

**QUADERNO
DEL DOTTORATO DI RICERCA IN
INGEGNERIA EDILE/ARCHITETTURA - UE**

VOLUME 3

COLLANA

QUADERNI DEL DOTTORATO DI RICERCA IN INGEGNERIA EDILE/ARCHITETTURA – UE

DIRETTORE DELLA COLLANA

MARCO MORANDOTTI (COORDINATORE DEL DOTTORATO)

COMITATO SCIENTIFICO

GIANPAOLO CALVI

ENRICO MANDOLES

CESARE STEVAN

REDAZIONE

MARCO MORANDOTTI (MARCO.MORANDOTTI@UNIPV.IT)

ALESSANDRO GRECO (AGRECO@UNIPV.IT)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

DIET – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA EDILE E DEL TERRITORIO

VIA FERRATA 1

27100 PAVIA

ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI RICCARDO GANDOLFI

ISBN:

La collana dei Quaderni del Dottorato, giunge ora al suo terzo volume e raccoglie nel suo complesso le testimonianze dei lavori di ricerca sviluppati in cinque cicli di studi, confermandosi nel suo ruolo istitutivo, di finestra aperta sulle attività del Dottorato, e di documentazione dei suoi prodotti di ricerca.

Il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Edile/Architettura – UE, si pone fin dalla sua istituzione la precisa volontà di fornire un campo di applicazione e sperimentazione avanzata delle linee di ricerca radicate e coltivate all'interno dell'omonimo Corso di Laurea dell'Università degli Studi di Pavia, innestandosi sui settori disciplinari dell'Architettura Tecnica e della Composizione Architettonica. La naturale evoluzione che coinvolge qualsiasi struttura dinamica di didattica e di ricerca, ha portato nel tempo ad un opportuno e utile allargamento degli orizzonti culturali e di attività del Dottorato stesso, che testimonia nelle tesi prodotte negli anni l'ampiezza degli interessi scientifici coinvolti e dei campi di ricerca indagati.

Anche questo terzo volume, presentando i lavori prodotti nel corso del XX ciclo, consente di cogliere – quale elemento connotante e certamente positivo – la pluralità degli ambiti attraversati, e dei metodi impiegati.

Le sei tesi qui raccolte, singolarmente prese, spaziano dalle tecniche costruttive per l'edilizia sostenibile, all'indagine tipologica nel campo dell'edilizia ospedaliera; dal recupero morfologico e tecnologico dell'edilizia storica minore, alle moderne tecniche di prefabbricazione; dai metodi di valutazione di impatto alla scala territoriale dell'insediamento di funzioni produttive, alla ricerca sulla teoria delle forme complesse.

Alcuni lavori si presentano con una propria distinta identità, come ad esempio la ricerca di Carmelo Lizzio sulla "Folding Architecture" e sulle sue implicazioni sul linguaggio architettonico contemporaneo, o la ricerca condotta da Daniele Pichi sui temi della prefabbricazione e sulle relazioni da questa derivanti tra tecnica e forma, oppure lo studio condotto da Giancarlo Casubolo sul tema della progettazione tipologica e tecnologica di strutture ospedaliere per l'emergenza e urgenza. In altri è invece possibile riconoscere – pur nella difformità dei temi affrontati – una sorta di continuità metodologica nello sviluppo delle proprie ricerche, fondata sulla definizione di una indagine quantitativa, alla ricerca di metodi di approccio analitico al tema trasversale del progetto. Che si tratti della definizione di modelli di valutazione di soluzioni tecniche di involucro orientate alla sostenibilità edilizia, come nel caso di Luca Beraghi, o di modelli predittivi di valutazione strategica di impatto alla scala territoriale nel caso di Stefano Gambarana, o infine di modalità di confronto con l'edificato storico diffuso come nella ricerca di Luca Capuano, in ogni caso in filigrana si riconosce la centralità del progetto in quanto atto culturale e tecnico complesso di trasformazione dell'esistente.

Prof. Marco Morandotti
Coordinatore del Dottorato

INDICE

EDILIZIA SOSTENIBILE: pag. 1

MODELLI PROGETTUALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

LUCA BERAGHI

XX Ciclo

IL PROGETTO DI RECUPERO DEI CENTRI STORICI: pag. 39

UN CASO DI STUDIO ROSCIOLO DEI MARSI

LUCA CAPUANO

XX Ciclo

MODELLI OSPEDALIERI PER L'EMERGENZA URGENZA pag. 69

GIANCARLO CASUBOLO

XX Ciclo

TERRITORIO E SOSTENIBILITÀ: pag. 105

**METODI E STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER L'INSEDIAMENTO DI
STRUTTURE PRODUTTIVE**

STEFANO GAMBARANA

XX Ciclo

FOLDING ARCHITECTURE pag. 141

CARMELO LIZZIO

XX Ciclo

PREFABBRICAZIONE pag. 165

DANIELE PICHİ

XX CICLO

EDILIZIA SOSTENIBILE: MODELLI PROGETTUALI E TECNICHE COSTRUTTIVE

Luca Beraghi

Università degli Studi di Pavia – Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio
XX Ciclo

Tutor: Prof. Marco Morandotti

Abstract: *In the framework of Engineering/Architecture-UE Ph.D. program developed by the University of Pavia an experimental research study in the field of methods and tools of approach and support at building envelope details' design after its final development is now in course of testing calibration on the base of sustainable strategies considered as a synergic interpolation between energy saving, housing comfort increasing and environment safeguarding. Starting from the acknowledgement of the present lacking preservation of not renewable natural resources together with the increasing level of complexity of all aspects connected with buildings' energetic and environmental behaviour, it is aimed to define a design support tool, towards comparative evaluation, of different construction solutions on the base of the performances of the materials that compose every single layer of the element taken in consideration. The final result is the possibility to extend sustainable design criteria and techniques at widespread scale through the definition of a simple evaluation method based on synthetic indicators able to measure, towards parameters that don't require specific scientific knowledge and high specialization, the level of sustainability of design hypotheses assessable on their performance, together with economics and environmental characteristics.*

Introduzione

Rispetto ad altri scenari del passato nei quali il rapporto tra progetto e momento costruttivo era mediato dalle cosiddette regole dell'arte maturate in tempi storici, oggi la dinamica di sviluppo della tecnologia edilizia, l'immissione continua di nuovi materiali e di componenti hanno reso più critico il legame tra il progetto e il cantiere¹. Ad una carente cultura del progetto tecnologico e ad una frequente introduzione nel mercato di prodotti non sufficientemente testati, si aggiunge, infatti, la ripetizione di errori che evidenziano un difetto nella comunicazione tra i diversi operatori del processo edilizio. È noto come la presenza di numerosi nuovi prodotti, materiali e componenti abbia considerevolmente ampliato le opzioni di scelta per la messa a punto delle soluzioni costruttive, ma abbia allo stesso tempo innescato nuove problematiche, talora inadeguatamente governate in termini di definizione e di raggiungimento degli obiettivi prestazionali, oltre che di durata delle realizzazioni stesse. Molte carenze prestazionali del sistema edilizio oggi riscontrabili dipendono, infatti, dall'utilizzo di elementi costruttivi non coerenti con le condizioni ambientali di contesto, ma soprattutto dalla difficoltà di gestire efficacemente il paniere di materiali e componenti disponibili.

A partire dal riconoscimento di questo scenario, la ricerca si pone l'obiettivo di integrare la dimensione dello sviluppo sostenibile all'interno del processo edilizio nel tentativo di far corri-

spondere all'attuale stato dell'arte nazionale ed internazionale una concreta diffusione della cultura progettuale e costruttiva in ottica di comfort ambientale e risparmio energetico. Proprio la volontà di diffondere ed estendere la pratica del costruire sostenibile e farne conoscere gli aspetti facilmente ripetibili più che concentrare l'attenzione su soluzioni eclatanti sono le motivazioni che hanno guidato alla scelta del tema della ricerca. Fondamento di tale sistema è l'interpretazione del processo edilizio come sistema complesso ma unitario che deve per questo essere analizzato ed approfondito in ognuno dei suoi aspetti costitutivi per poter arrivare alla formulazione di linee guida di facile applicabilità e diffusione. Per questo motivo la ricerca tecnico-scientifica in edilizia deve portare alla formulazione di proposte attuabili (indicazioni di semplice e chiara applicazione) ed economicamente competitive (risulta non trascurabile un'attenta analisi dei costi e dei benefici).

All'interno di questo contesto non può essere trascurato, inoltre, il recepimento della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia con il D.Lgs. 192/05 ed il successivo D.Lgs. 311/06 che indicano la possibilità di predisporre strumenti di valutazione e certificazione energetico-ambientale degli edifici². Questo modello che, per sua stessa definizione, necessita di sviluppo ed aggiornamento costanti, permette di stabilire uno standard di processo attraverso l'attribuzione di punteggi e la conseguente clas-

sificazione in una scala di qualità delle soluzioni ipotizzate in fase di progetto o adottate in fase di realizzazione. Nell'ottica di fornire uno strumento di facile impiego in grado di guidare trasversalmente le scelte di tutti gli attori coinvolti è necessaria la definizione di "eco-criteri" per un indirizzo della qualità e della sostenibilità delle fasi che costituiscono il processo edilizio. Questi criteri possono presentarsi sottoforma di indicatori sintetici e linee guida in grado di determinare i requisiti richiesti per ottenere un livello di alta qualità ambientale mediante sistemi di valutazione progettuale e modelli tecnico-realizzativi in relazione alla dinamicità del contesto ambientale per arrivare alla definizione dell'equilibrio tra sistema naturale ed artificiale.

Per la formulazione di tali linee guida è necessaria un'attenta analisi del quadro di riferimento con lo scopo di controllare in termini energetico-prestazionali:

- l'integrazione degli aspetti fisici e ambientali del contesto oggetto dell'intervento;
- i criteri progettuali e costruttivi relativi ad esempi di edifici realizzati;
- gli aspetti relativi alla normativa di riferimento che sottende l'integrazione della dimensione ambientale nel processo edilizio;
- la definizione di criteri morfologici a scala urbana e tecnologici a scala dell'edificio conformi ad un approccio sostenibile;
- la valutazione tecnico-economica-ambientale delle soluzioni ipotizzate in fase di progettazione al fine di definire e sistematizzare modalità sostenibili in funzione della loro reale applicabilità anche dal punto di vista degli extra-costi valutati in relazione ai benefici attesi.

A partire dai risultati ottenuti dall'analisi della pluralità di componenti che governano il processo edilizio, fine ultimo della ricerca è stata la definizione di un modello di supporto alla definizione di soluzioni progettuali secondo logiche sostenibili che possano costituire un modello di approccio in grado di consentire un aumento della qualità dell'intero sistema.

Lo schema di sviluppo in cui si articola il processo stesso deve essere supportato e validato da criteri di verifica che, coerentemente ai principi propri della sostenibilità ambientale, devono permettere la scomposizione della complessità dei fattori in ambiti omogenei di più facile controllo.

Questo tipo di approccio è, inoltre, adatto a mantenere un sufficiente livello di flessibilità in grado di garantire la contestualizzazione delle soluzioni adottate e contemporaneamente permettere la verifica di una più ampia gamma di possibili configurazioni. La previsione degli obiettivi e la necessità di coerenza con le caratteristiche del luogo d'intervento presuppongono, infatti, la definizione di un sistema fles-

sibile, aperto, aggiornabile ed implementabile capace di adattarsi alle singole situazioni locali sia dal punto di vista tecnologico-ambientale che da quello socio-economico. Questo modo di operare, attraverso uno strumento avente una matrice comune, consente anche di ottenere obiettivi integrati tra tutti gli operatori multidisciplinarmente coinvolti all'interno del processo edilizio, in un'ottica di sinergia tra tutte le variabili che contribuiscono al raggiungimento della qualità del prodotto finale. Questa parte dello studio non deve prescindere, inoltre, dalla conoscenza dei caratteri energetico-ambientali dei componenti edilizi, con lo scopo di fornire uno strumento di supporto in cui i dati riferiti ai sistemi di produzione e alle modalità applicative possano essere articolati ed integrati con informazioni sulle prestazioni ambientali lungo tutto il ciclo di vita utile del componente stesso (Life Cycle Assessment).

Partendo proprio dalle premesse generate dalla realizzazione di strumenti informativi capaci di guidare le scelte progettuali e di permettere la valutazione degli organismi edilizi dal punto di vista energetico-ambientale, risulta necessaria la formulazione di una serie di standard procedurali in grado di rendere concrete le richieste di ottimizzazione del bilancio di sostenibilità dell'intero processo. A questo proposito si ritiene fondamentale la selezione di alcune categorie di nodi tecnologici in grado di integrare la dimensione specifica del materiale con quella composita dell'elemento tecnologico che nel suo insieme determina l'effettiva capacità dell'oggetto edilizio di soddisfare esigenze di sostenibilità. Il tema dell'industrializzazione edilizia del manufatto o del semplice sub-sistema deve corrispondere a quello della certificazione del livello qualitativo, della garanzia del costo e del permanere nel tempo delle caratteristiche prestazionali dell'organismo edilizio nel suo complesso. Questo sistema di scomposizione dei fattori determinanti la sostenibilità in relazione agli elementi tecnici permette, oltre alla determinazione dei carichi energetici ed ambientali ad essi associati, l'individuazione di eventuali criticità e la formulazione di strategie per il loro superamento.

La possibilità di utilizzare nuovi sistemi costruttivi e corrispondenti dati di facile reperibilità, apre ai progettisti nuove modalità di approccio alla complessità del sistema edilizio, ma contemporaneamente introduce altrettanto nuove difficoltà nella valutazione e nel controllo degli aspetti prestazionali della soluzione ipotizzata in fase progettuale.

Il comparto residenziale, inoltre, proprio per il suo carattere di larga diffusione sul territorio, costituisce a livello nazionale il maggiore fattore

di influenza sulle condizioni di disagio energetico-ambientale e quindi, proprio per questo motivo, necessità di nuove ipotesi di sviluppo.

Attualmente la maggior parte dei caratteri che costituiscono le fondamenta del nuovo tipo di approccio alla progettazione di edifici residenziali, sono da riferire ai principi dell'edilizia sostenibile in ottica di tutela ambientale e conservazione delle risorse non rinnovabili, unitamente all'aumento del comfort abitativo e al controllo degli aspetti economici che caratterizzano l'intervento. La presente richiesta di edifici flessibili ed energeticamente performanti induce i progettisti a formulare nuove ipotesi progettuali con il conseguente aumento del livello di complessità delle soluzioni tecnologiche, dei componenti e dei materiali adottati per rispondere a tali evoluzioni.

In questo quadro generale tutti gli aspetti concernenti l'involucro edilizio sono i maggiormente interessati da tale innovazione e, per questo, la loro definizione progettuale necessita di maggiore attenzione e specificità.

L'elemento che è principalmente correlato a questi cambiamenti è costituito dal recente passaggio delle tecniche costruttive e dei componenti edilizi da semplici e tradizionali a complessi ed attivi nel controllo energetico degli edifici³. In questa fase si può facilmente intuire come il controllo delle modalità progettuali, insieme ai caratteri morfologici e contestuali, rappresenti uno dei primi tentativi di risposta all'attuale questione energetico-ambientale.

Tutti questi elementi dimostrano e sottolineano la necessità di supportare le scelte dei progettisti tra una larga possibilità di impiego di materiali e delle relative modalità applicative, perché spesso queste sono legate a regole fondate sulla tradizione progettuale consolidata che potrebbero, in alcuni casi, discostarsi dai principi propri dell'edilizia sostenibile.

Si rende quindi necessaria la definizione di metodi di supporto all'approccio progettuale di soluzioni edilizie in grado di consentire una larga diffusione di nuove modalità che possano essere sostenibili sia dal punto di vista degli aspetti ambientali e di risparmio energetico, ma anche di qualità interna, comfort abitativo e controllo dei caratteri gestionali e manutentivi del manufatto. La volontà di estendere questi principi, attraverso la definizione di uno strumento informatico di valutazione, alla scala diffusa e di renderli facilmente ripetibili ed applicabili al comparto residenziale, rappresenta l'obiettivo ultimo della ricerca sviluppata all'interno del corso di Dottorato.

Il risultato finale è rappresentato dalla possibilità di introdurre, attraverso l'utilizzo di parametri oggettivi e di facile reperibilità, uno strumento di supporto alla selezione, mediante valutazione

comparativa, di differenti soluzioni costruttive, sulla base delle regole che sottendono al tema generale della progettazione sostenibile e nel rispetto delle indicazioni e delle prescrizioni della normativa relativa alle prestazioni energetiche delle costruzioni.

Nel contesto dei principi della sostenibilità, il settore edilizio necessita di risposte alle richieste di cambiamento ed innovazione attraverso la definizione di criteri di facile applicazione e diffusione in grado di consentire la valutazione e la scelta tra possibili differenti soluzioni progettuali.

L'ambito delle scelte tipologiche unitamente a quello delle soluzioni tecnologiche devono necessariamente confrontarsi con l'obiettivo di ridurre l'inquinamento ambientale e il fabbisogno energetico, senza tuttavia rinunciare alla qualità prestazionale ed architettonica del prodotto finale.

Queste caratteristiche di complessità trasversale dei fondamenti della sostenibilità attraversano tutti gli aspetti del processo edilizio: la scelta dell'area di intervento, l'analisi delle peculiarità del contesto, la valutazione preliminare dell'orientamento dell'insediamento urbanistico considerando il processo solare, la definizione di strategie morfologiche e tipologiche, la selezione di adeguate soluzioni tecnologico-costruttive e di idonei materiali, il controllo degli aspetti realizzativi di messa in opera dei sistemi ipotizzati, la pianificazione della fase manutentiva e gestionale del complesso edilizio insieme alla sua dismissione finale.

Sulla base di queste importanti considerazioni e partendo dalla considerazione preventiva che solo dall'interazione ed integrazione di tutti questi aspetti si possano ottenere risultati di elevata qualità, la ricerca focalizza la sua attenzione sul progetto di elementi tecnologici e dettagli costruttivi relativi all'involucro edilizio. Questa specifica scelta del campo di indagine è basata sulla presa di coscienza che ogni progetto di buona qualità debba sempre essere in stretta relazione con la scelta dei più adeguati materiali e con tutte le specifiche procedure utilizzate per la loro corretta applicazione costruttiva. Allo stato attuale riveste molta importanza la possibilità di supportare la produzione di materiali da costruzione e le relative modalità esecutive, non solo dal punto di vista della creatività e dell'innovazione architettonica, ma anche da quello tecnico-costruttivo.

L'obiettivo ultimo della ricerca è consistito, quindi, nella possibilità di definire un metodo analitico di valutazione di differenti ipotesi progettuali relative all'involucro edilizio di edifici a destinazione d'uso residenziale, attraverso l'utilizzo di dati oggettivi e misurabili che non richiedano specifiche competenze scientifiche o

alti livelli di specializzazione. Lo scopo, quindi, non è quello della redazione di soluzioni progettuali di dettaglio di tipo manualistico, ma la definizione di uno strumento di valutazione flessibile e rapido capace di supportare le scelte sviluppate in modo autonomo dai differenti operatori del settore.

Lo stato dell'arte

IL CONCETTO DI SVILUPPO SOSTENIBILE

L'analisi dei fattori che hanno condotto negli ultimi anni alla sensibilizzazione dell'opinione pubblica nei confronti delle tematiche generali del risparmio energetico e della riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti in atmosfera, ha condotto alla nascita di iniziative internazionali volte all'attuazione di strategie di sviluppo sostenibili. Il tema della sostenibilità ambientale ha ormai investito diverse discipline dell'attività umana e, proprio per la sua natura multiscalare e multidisciplinare, richiede diversi criteri di giudizio e di raccolta delle informazioni a supporto delle decisioni.

Anche per il settore delle costruzioni il problema della sostenibilità, nella triplice declinazione di sociale, economica ed ambientale, rende necessaria la definizione di strumenti di valutazione della qualità prestazionale degli edifici a supporto delle scelte progettuali e realizzative.

Il presente paragrafo, con lo scopo di rappresentare lo stato dell'arte nello sviluppo normativo e tecnico riferito alla definizione di strategie e modelli orientati all'applicazione di criteri di sostenibilità al settore edilizio, parte dalla descrizione dei fattori che hanno condotto all'introduzione del concetto di sviluppo sostenibile per giungere all'analisi dei principali riferimenti normativi vigenti e di alcuni strumenti di valutazione energetica degli edifici al fine di individuarne i caratteri ripetibili ed applicabili allo specifico tema di ricerca.

Il dibattito internazionale sulla questione ambientale, nato tra gli anni Sessanta e Settanta del secolo scorso con la formazione delle prime Associazioni ambientaliste, ebbe come nodo centrale il rapporto tra ambiente ed economia, nella sempre più evidente necessità di preservare la qualità del patrimonio naturale e nella consapevolezza che, essendo le risorse del pianeta tendenzialmente esauribili, dovessero essere completamente rivisti i metodi di approccio e i relativi modelli di sviluppo. Già nel 1972 durante la Conferenza di Stoccolma, la prima su scala mondiale ad occuparsi dei temi ambientali, la Terra era vista come un "capitale da preservare, nella considerazione del rapporto critico tra crescita ed ecosistema e del processo irreversibile costituito dallo sfruttamento delle risorse non rinnovabili". In quello stesso

periodo venne introdotto il concetto fondamentale secondo il quale la tutela dell'ambiente diveniva parte integrante dello sviluppo umano, un sviluppo necessariamente compatibile con le esigenze di salvaguardia di tutte le materie prime utili al mantenimento di alti livelli di benessere e di comfort per gli individui. La percezione del Pianeta come sistema chiuso all'interno del quale ogni risorsa naturale trova i suoi stessi limiti nella propria disponibilità e nella capacità di assorbimento da parte dell'ecosistema circostante, aprì la strada ad un approfondito ed attento dibattito internazionale e ad una crescente attenzione da parte della comunità scientifica e della società civile.

Dalla consapevolezza di voler operare verso azioni orientate alla gestione del territorio e delle attività umane in ottica di rispetto ambientale, prese l'avvio il concetto di sviluppo umano sostenibile introdotto nel 1987 dalla World Commission on Environment and Development⁴ all'interno del Rapporto *Our Common Future* che ne contiene anche la accezione più nota, diffusa e riconosciuta a livello internazionale: *"garantire i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri"*.

Nel Rapporto vengono, inoltre, messe in evidenza tutte le criticità che hanno condotto ad affrontare diverse sfide collettive, quali la crescita demografica, l'approvvigionamento alimentare, la tutela della diversità delle specie, l'esaurimento delle fonti energetiche, gli impatti dello sviluppo industriale, la crescita urbana. La risposta a tutte queste problematiche di carattere generale viene indicata nella necessità di promuovere un modello di sviluppo che possa essere sostenibile in quanto persegue la volontà di garantire lo sviluppo della società e il benessere delle persone ponendo come limite ultimo proprio la capacità dell'ambiente di sostenere tale sviluppo.

Il concetto che sta alla base di questo modello, compatibile con le esigenze di tutela e salvaguardia delle risorse, ripropone una visione del mondo nella quale il fine ultimo è rappresentato dal raggiungimento di una migliore qualità della vita, dalla diffusione di una prosperità crescente ed equa, dal conseguimento di un livello ambientale non dannoso per l'uomo e per le altre specie viventi all'interno del quale sia possibile una più equilibrata accessibilità alle risorse.

La comprensione del dibattito sulla sostenibilità, e la sua stessa praticabilità, ruotano attorno ai seguenti principi fondamentali:

- forte interdisciplinarietà, indispensabile per arrivare a modificare lo stato attuale delle cose;

- ampia flessibilità del concetto, che necessita tuttavia di precisi confini entro i quali cercare di definire i percorsi da percorrere alla luce degli obiettivi finali;
- apertura a tutta la gamma di conoscenze e tradizioni culturali presenti sul nostro Pianeta, da cui poter attingere per individuare possibili strategie alternative;
- riferimento ai migliori avanzamenti scientifici disponibili, con lo scopo individuare modelli concretamente praticabili;
- approccio sistemico integrato, sulla base della consapevolezza che la totalità dei fattori coinvolti sia più importante rispetto alle singole parti che la compongono.

Lo sviluppo sostenibile assume quindi le caratteristiche di concetto integrato, per la necessità di coniugare ed interpolare fra loro le tre dimensioni fondamentali ed inscindibili di ambiente, economia e società. In questa ottica il progresso tecnologico si pone quale strumento per raggiungere l'obiettivo finale di un uso attento delle risorse naturali, diminuendo il consumo di quelle non rinnovabili e limitando la produzione dei rifiuti prodotti nella sostituzione del capitale naturale con quello costruito.

Dal punto di vista *sociale* è possibile introdurre alcune considerazioni relative alla attuale divaricazione tra Paesi ricchi e Paesi poveri che porta con se notevoli squilibri nella qualità generale della vita e nella possibilità di approdare all'obiettivo finale di soddisfare i bisogni e le aspirazioni umane in maniera equa su tutto il Pianeta.

Il carattere *ambientale*, naturalmente, riveste grande importanza e, per questo motivo, è stato e continua ad essere oggetto di diversi studi realizzati a livello internazionale che hanno individuato le seguenti quattro aree di criticità:

- lo spreco di materie prime e di fonti di energia fossile;
- il degrado dell'aria, dell'acqua e del suolo;
- la produzione di una quantità insostenibile di rifiuti;
- l'approvvigionamento alimentare legato al rapido aumento della popolazione.

Sotto il profilo *economico*, si pone un problema ambientale quando diventa critica l'attribuzione da parte del mercato di un prezzo per le risorse scarse in modo da regolamentarne l'uso⁵. In particolare la strategia dei costi ambientali ha due modalità di applicazione:

- i costi possono essere in parte esternati, ossia scaricati su vari settori della società sotto forma di prezzi aggiuntivi, in modo che il consumatore regoli il proprio comportamento d'uso;

- i costi possono essere in parte internati, ossia pagati dalle aziende produttrici, in modo che queste investano per diminuire inquinamento e consumi⁶.



Fig. 1: Rappresentazione concettuale dello sviluppo umano sostenibile inteso come mediazione tra caratteri sociali, ambientali ed economici (Trevor Hancock, Madrid, 1995). Fonte: La casa ecologica, 2003

Occorre sottolineare, tuttavia, che, nonostante il grande impegno profuso negli ultimi decenni a livello scientifico nella definizione di strategie integrate volte alla riduzione delle emissioni inquinanti e alla diminuzione dello sfruttamento di risorse energetiche non rinnovabili, ancora oggi si assiste ad un utilizzo improprio del termine sostenibilità. È una espressione ormai abbondantemente abusata in ogni contesto, soprattutto in ambito politico ed economico e, spesso, dichiaratamente con funzioni di copertura, quasi come se, parlando di sviluppo sostenibile, fosse automaticamente possibile azzerare o assolvere gli impatti ambientali di qualunque attività umana.

Mantenere nella vaghezza i pur difficilissimi contorni concettuali di questa formula e non confrontarsi con i problemi concreti che derivano dall'attuazione della sostenibilità in tutti i processi di sviluppo significa procedere a un'azione ingiustificata dal punto di vista scientifico e molto grave dal punto di vista sociale, economico e politico⁷.

La prospettiva della sostenibilità mette inevitabilmente in seria discussione il nostro attuale modello di sviluppo socio-economico. Nei prossimi decenni dovremo essere capaci, infatti, di passare da un modello di società in cui il benessere e la salute economica sono misurati in termini di crescita della produzione e dei consumi materiali ad un altro in cui sia possibile vivere meglio consumando molto meno ed evitando la dissipazione dei capitali naturali. Per questo motivo si rende necessaria la ricerca di soluzioni alternative rispetto a quelle attuali che

siano in grado di condurre alla definizione di una nuova cultura dello sviluppo capace di garantire la nostra stessa sopravvivenza come specie. Proprio in quest'ambito il concetto di sviluppo sostenibile trova la sua giusta collocazione per diventare la spinta propulsiva nella delineazione di nuove strade percorribili.

LA SOSTENIBILITÀ NEL SETTORE EDILIZIO

Questi temi di carattere generale possono essere utilizzati anche come chiave di lettura per riesaminare e reinterpretare l'attuale approccio al tema della pianificazione territoriale e del costruire.

Sul versante energetico, nel 2003 l'Unione Europea ha consumato in totale 1.505 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio⁸ e la ripartizione negli impieghi finali vede una buona parte dei consumi imputabile al settore residenziale e terziario. In Italia il consumo interno lordo di energia nel 2003 è stato di 191 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio e, negli impieghi finali, ben 43 milioni sono attribuibili agli usi civili. In particolare, la fase d'uso degli edifici assorbe una quantità di energia pari a circa ad un terzo della totalità dell'energia primaria consumata con i settori residenziale e terziario che utilizzano, principalmente per il condizionamento degli ambienti, oltre il 40% del consumo finale.

Il problema è, inoltre, aggravato dal fatto che, nel settore edilizio, ben il 63% del fabbisogno è coperto dall'utilizzo di idrocarburi. Per le abitazioni, ad esempio, si consumano 1/3 di gas naturale e 1/5 di derivati del petrolio totali con un considerevole aumento delle emissioni inquinanti in atmosfera.

Sul fronte dell'inquinamento ambientale, infatti, l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha stimato che gli edifici residenziali sono responsabili del 21% delle emissioni di CO₂ in atmosfera principalmente a causa dei consumi energetici necessari per riscaldare e raffreddare gli edifici⁹.

Alla luce di queste considerazioni risulta evidente come il settore edilizio risulti essere altamente energivoro, ma sicuramente quello nel quale più facilmente è possibile ricercare efficaci modalità di intervento.

Proprio per cercare di fornire una risposta concreta alle preoccupazioni nate in seguito alla presa di coscienza di questi dati, la ricerca scientifica si è impegnata sui versanti della definizione di tecnologie impiantistico-edilizie più efficienti e dello sfruttamento di fonti di energia rinnovabile, quali il solare, l'eolico, le biomasse, la geotermia con l'obiettivo di diminuire il consumo di risorse non rinnovabili a parità di benessere conseguito.

Questi provvedimenti derivano dal fatto che la maggior parte delle realizzazioni più recenti è

caratterizzata da un livello prestazionale decisamente scarso in relazione alle tecniche messe a disposizione di progettisti e costruttori, comportando una serie di conseguenze negative sia a livello ambientale che economico. I dati diffusi recentemente dall'UNEP relativi al parco edilizio italiano mostrano proprio come siano gli edifici più recenti, costruiti dopo la seconda guerra mondiale e nel periodo del boom economico degli anni Ottanta, a dimostrare il maggior grado di criticità energetica, nonostante la continua diffusione di materiali e sistemi costruttivi considerati molto performanti. Questa situazione deriva dal fatto che proprio in questo periodo storico il settore delle costruzioni ha assunto un orizzonte economico limitato al breve periodo, cercando di contenere i costi in fase di realizzazione, piuttosto che valutare anche il fattore di durata di un edificio con stime che prendessero in considerazione anche i tempi di ammortamento degli investimenti iniziali in funzione dei costi di gestione, di manutenzione e di eventuale smaltimento finale, oltre che quelli più generalmente ambientali, difficilmente quantificabili in termini economici.

Nel passato, infatti, quando le risorse ed i mezzi tecnici a disposizione erano limitati, il processo edilizio si risolveva in una continua, seppur lenta, ricerca verso l'ottimizzazione dell'impiego delle poche possibilità disponibili in termini di qualità, comfort e durata. Questo valore si è perso fino al punto che oggi ci si è ridotti a dover imporre dall'alto un certo livello di qualità edilizia, con lo scopo di cercare di contenere i danni che il settore sta causando a livello planetario soprattutto in termini di spreco di materiali, di consumi energetici e di inquinamento atmosferico.

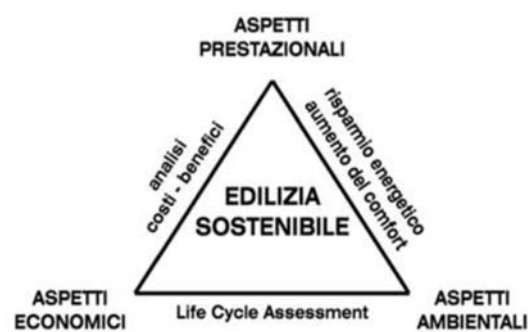


Fig. 2: Rappresentazione schematica dell'applicazione del concetto generale di sviluppo sostenibile al comparto edilizio.

Dall'interazione tra strategie di pianificazione a livello politico, programmazione a livello economico, progettazione a livello degli specifici interventi tecnico-costruttivi e partecipazione a livello sociale è possibile definire le seguenti priorità di sviluppo:

- approccio trasversale ai temi ambientali;
- strumenti operativi connessi ad una visione ecosistemica del territorio;
- controllo dei consumi e degli usi delle risorse ed in particolare di quelle non rinnovabili;
- innovazione degli interventi progettuali sia alla scala territoriale-urbanistica che a quella del dettaglio edilizio;
- implementazione della partecipazione dei semplici cittadini all'interno della fase decisionale.

Negli ultimi anni, grazie alla generale sensibilizzazione di tutti gli attori coinvolti all'interno del settore delle costruzioni, si sta assistendo alla realizzazione di edifici caratterizzati da alti livelli di qualità prestazionale in relazione all'ottimizzazione del comfort per gli occupanti unita alla salvaguardia delle risorse naturali e degli ecosistemi.

In particolare, sulla base di quanto indicato nel rapporto Brundtland, le Nazioni Unite organizzarono, nel 1992, l'Earth Summit a Rio de Janeiro che portò alla stesura e alla promulgazione del documento noto come Agenda 21. Questo documento costituisce una sorta di manuale per lo sviluppo durevole e sostenibile del pianeta per il XXI secolo ed è suddiviso in 4 sezioni e 40 capitoli nei quali gli Stati firmatari sono invitati ad avviare processi di sviluppo sostenibile.

Agenda 21 individua oltre 100 aree di intervento, fra cui anche il settore delle costruzioni. Per questo motivo nel luglio del 1999, le più importanti organizzazioni internazionali di studio e di ricerca nell'ambito del settore edilizio hanno stabilito di dotarsi di linee guida internazionalmente riconosciute riguardo al tema del costruire sostenibile. Questa particolare area di Agenda 21 è stata pensata come punto di incontro, di sintesi e di coordinamento di esperienze sovranazionali e locali che hanno condotto alla definizione dei legami tra il generale concetto di sviluppo sostenibile e la realtà del settore delle costruzioni.

In particolare sono stati individuati i seguenti otto ambiti di ricerca e sviluppo:

- ambiente costruito ed ecosistemi;
- efficienza energetica;
- benessere e salubrità;
- rifiuti;
- conservazione delle risorse;
- edifici esistenti;
- strumenti;
- processi di costruzione.

In questa ottica, per rendere concreto il raggiungimento di una maggiore congruità di intenti con gli obiettivi propri della sostenibilità anche all'interno del settore delle costruzioni occorre rivedere il sistema generale degli interventi edilizi alla luce dei seguenti tre parametri fondamentali¹⁰:

- utilizzo delle risorse rinnovabili;
- incentivazione all'efficienza energetica dei manufatti edilizi;
- impiego di materiali e prodotti eco-compatibili.

IL PROTOCOLLO DI KYOTO SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Gli anni Novanta sono stati il periodo in cui il problema ambientale è diventato oggetto di attenzione politica che ha portato alla definizione di specifiche strategie di azione. Il concetto di *sviluppo sostenibile*, introdotto dal Rapporto Brundtland, venne ripreso in occasione della Conferenza mondiale dell'ambiente e dello sviluppo (United Nations Conference on Environment and Development), denominato *Vertice della terra* (Earth Summit), tenutosi a Rio De Janeiro nel giugno 1992, durante il quale le nazioni partecipanti, oltre alla trattazione dei grandi problemi ambientali, quali la desertificazione, il cambiamento climatico del globo e la biodiversità, hanno sottoscritto in convenzione il *Piano di azione per la realizzazione dello sviluppo sostenibile proiettato nel XXI secolo*, denominato come detto Agenda 21.

Mentre questi vertici internazionali, si occupano dei problemi ambientali a livello complessivo, un'attenzione particolare venne riservata al problema dell'effetto serra, che ancora oggi sta alterando il comportamento climatico del nostro pianeta, producendo effetti visibili e, spesso, molto dannosi anche per gli individui. Il risultato indotto da quest'ultimo tipo di criticità è quello che viene definito *surriscaldamento globale* (global warming) che si prevede possa portare ad un aumento della temperatura atmosferica con valori pari a 1,5÷4,5 °C nei prossimi 100 anni. Le conseguenze potrebbero essere cambiamenti nell'andamento dei venti e delle piogge, l'aumento di eventi calamitosi e l'innalzamento dei mari con tutte le conseguenze disastrose ad esse connesse.

La principale causa diretta dei cambiamenti climatici sono, tuttavia, le emissioni di gas inquinanti in atmosfera rilasciate in particolare dal consumo di fonti energetiche non rinnovabili. Proprio da queste considerazioni prende avvio la crescente pressione internazionale volta alla riduzione del consumo di carbone e gasolio e crescono gli incentivi per l'adozione di tecnologie alternative. Per contrastare e ridurre gli effetti negativi della produzione di gas serra è stata adottata a livello internazionale la *Convenzione Quadro sui Cambiamenti Climatici* (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), il cui primo e finora unico strumento attuativo è rappresentato

dal *Protocollo di Kyoto*, dichiarazione di intenti elaborata nel corso della terza Conferenza delle Parti tenutasi a Kyoto nel dicembre del 1997.

Questo summit rappresenta l'evento di questo genere forse più seguito dall'opinione pubblica mondiale e dai mass-media: più di 10.000 rappresentanti fra governi, economisti, scienziati, osservatori, giornalisti e membri di organizzazioni non governative parteciparono a questa Conferenza che si concluse l'11 dicembre proprio con l'approvazione del Protocollo.

Poiché le responsabilità principali delle problematiche legate ai cambiamenti climatici vengono attribuite all'inquinamento atmosferico, i Paesi firmatari della convenzione, hanno sottoscritto un'intesa che è la base per una politica di riduzione delle emissioni vincolata a livello internazionale.

I Paesi industrializzati, responsabili di oltre il 70% delle emissioni tossiche emesse sul Pianeta, si impegnarono a ridurre complessivamente del 5,2% le emissioni dei gas serra entro un periodo compreso tra il 2008 e il 2012.

Il Protocollo fu ratificato da 109 Paesi, ma per entrare in vigore richiedeva la ratifica di un numero di Paesi sviluppati le cui emissioni totali di anidride carbonica rappresentassero almeno il 55% delle emissioni totali del 1990. L'adesione degli Stati Uniti d'America, che rappresentano uno dei più grandi emettitori di gas serra con una quota del 36% sul totale, risultava dunque fondamentale. Alla Conferenza delle Parti tenutasi all'Aja nel novembre 2000, tuttavia, le posizioni degli Stati Uniti e degli Stati Europei risultarono nettamente contrapposte sulle modalità di attuazione del protocollo; tanto che non si raggiunse nessun accordo e gli Stati Uniti dichiarano addirittura di non voler ratificare il Protocollo di Kyoto, nonostante ci fosse la volontà di accordo sul miglioramento dell'efficienza energetica e sulla promozione della ricerca sulle energie rinnovabili.

La Russia ha ratificato il Protocollo nel dicembre 2004, rendendolo finalmente operativo e portando la quota delle emissioni dei Paesi che lo hanno ratificato dal 43% al 61%.

Per questo motivo il Protocollo è entrato in vigore solamente il 6 febbraio del 2005.

Il rispetto del Protocollo di Kyoto può essere conseguito tramite programmi attuativi nazionali specifici, ma anche attraverso l'utilizzo di meccanismi flessibili. Essendo, infatti, il problema dei cambiamenti climatici un fenomeno globale, gli effetti negativi e positivi travalicano i confini delle nazioni e dunque anche gli interventi migliorativi possono essere sovranazionali.

Il rapporto ambientale dell'European Energy Agency del 2002 sulle emissioni di gas serra in Europa (*Greenhouse Gas Emission Trends and Projection in Europe*) riporta che le emissioni di

gas serra sono state ridotte all'interno dell'Unione Europea del 4% tra il 1990 e il 2002. Tra gli Stati più eco-efficienti emergono la Germania con una riduzione del 18%, il Regno Unito con una riduzione del 15% e la Francia con una riduzione del 6%. Dieci Stati Membri, invece, non hanno attivato sufficienti politiche nazionali per poter pervenire agli obiettivi fissati a Kyoto: Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Grecia, Irlanda, Italia, Olanda, Portogallo, Spagna. Tra il 1990 e il 2001 sono diminuite le emissioni in molti settori (energetico, industriale, agricolo, gestione dei rifiuti) ma sono aumentate del 21 % le emissioni del settore dei trasporti e di quello civile.

Purtroppo però il rapporto *Signals 2004* dell'European Energy Agency ha rilevato un aumento delle emissioni di gas serra pari al 1,5% dal 2002 al 2003. La causa è probabilmente da ricercare nell'uso di carbone per la produzione di energia elettrica.

I meccanismi di Kyoto coinvolgono naturalmente anche il settore delle costruzioni, che ha registrato una riduzione delle emissioni del 3%, diminuendo la domanda di energia attraverso la costruzione di edifici a basso consumo energetico, il miglioramento dell'efficienza termica e la diminuzione del fabbisogno energetico all'interno dei processi di produzione dei componenti edilizi.

IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

I lavori delle Conferenze Mondiali sul Clima, dopo aver condotto all'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto, hanno gradualmente promosso programmi, strategie ed azioni volti alla riduzione dell'inquinamento atmosferico, alla diminuzione dei consumi di fonti energetiche non rinnovabili, alla promozione dell'uso di energie alternative.

Per diffondere la conoscenza e l'informazione in materia di risparmio energetico, nell'ultimo decennio si sono affermati in Europa diversi sistemi di certificazione degli edifici, in alcuni casi veicolati in modo cogente da norme nazionali, in altri casi introdotti in forma volontaria per l'ottenimento di incentivi.

Il processo di armonizzazione e di coinvolgimento di tutte le nazioni europee verso il risparmio energetico, ha indirizzato la Commissione Europea verso l'emanazione della Direttiva Energy Performance of Buildings (EPBD) 2002/91/CE che impone alle singole nazioni la dotazione di disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative per il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici.

In Italia la situazione normativa era rimasta ferma all'impianto della Legge 10/91 che introduceva i limiti del fabbisogno energetico e la certificazione come strumento di controllo. Gli

obiettivi previsti sono stati purtroppo disattesi, perché alla completa attuazione della legge sono mancati fino al 2005 i decreti che definissero specifici criteri tecnico-costruttivi da applicare nella valutazione degli edifici pubblici e privati anche nel caso di ristrutturazione di manufatti esistenti.

L'autonomia delle regioni a legiferare in materia di certificazione energetica degli edifici ha reso urgente l'introduzione da parte del Governo centrale di un decreto che indicasse le linee guida da seguire. Per questo motivo, pur rimanendo in vigore l'impianto della Legge 10/91, le principali lacune in materia sono state colmate con la pubblicazione del D.Lgs. n° 192 del 19/08/05 e del successivo D.Lgs. n° 311 del 1/2/2007 di recepimento della Direttiva Europea. Attualmente vige un regime transitorio in attesa della pubblicazione dei decreti attuativi e delle linee guida contenenti tutte le metodologie di calcolo da applicare.

Da segnalare il caso della Regione Lombardia che ha promosso la prima attuazione verso la certificazione energetica degli edifici e le loro prestazioni energetiche attraverso l'emanazione del provvedimento *"Determinazioni inerenti la certificazione energetica degli edifici, in attuazione del D.lgs. 192/2005 e degli artt. 9 e 25 della L.R. 24/2006"* con Deliberazione Giunta Regionale n° 8/5018 del 26 giugno 2007.

STRUMENTI DI VALUTAZIONE E CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

Da qualche anno, come visto, l'Unione Europea ha definito ed avviato programmi volti ad introdurre il concetto di qualità anche all'interno del mercato edilizio, imponendo l'obbligo di certificazione non solo per prodotti e sistemi costruttivi, ma anche per gli edifici nel loro complesso. In particolare, la certificazione energetica degli edifici è stata introdotta dalla Direttiva 2002/91/CE che ha definito il rendimento energetico sia attraverso la valutazione complessiva dei consumi energetici da considerare per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, la produzione di acqua calda e l'illuminazione, sia analizzando le differenti tipologie di intervento costruttivo, quali nuove realizzazioni o interventi rilevanti sull'esistente.

La valutazione e la conseguente certificazione delle prestazioni energetiche di un edificio rappresenta un'operazione certamente più complessa rispetto all'analisi di un singolo prodotto o di una tecnica costruttiva, sia per la necessaria interdisciplinarietà delle competenze che richiede la definizione di una proposta progettuale di un intero edificio, sia per l'estrema variabilità delle sue condizioni d'uso fortemente legate alle modalità di gestione da parte degli utenti lungo tutto il ciclo di vita del manufatto edilizio stesso.

La certificazione, quindi, si pone come punto di partenza per incrementare la qualità energetica degli edifici e come occasione, attraverso l'esposizione della relativa targa di valutazione, per introdurre all'interno del mercato edilizio l'aspetto di valore aggiunto rappresentato dal risparmio in termini energetici che è in grado di consentire un immobile rispetto ad un altro¹¹.

Il processo di certificazione si compone di diversi momenti di analisi ritenuti necessari per pervenire alla valutazione finale del comportamento prestazionale di un edificio. In particolare, alla base di una qualunque procedura di certificazione energetica di un edificio possono essere considerate le seguenti tre fasi principali:

- la diagnosi che consta nell'analisi di un progetto o di un edificio esistente con l'obiettivo di conoscerne le condizioni generali in relazione alle prestazioni in termini di consumi energetici che porta alla stesura di un elenco di vizi e difetti corredato da un certo numero di soluzioni migliorative, a loro volta accompagnate da uno studio di fattibilità e da una verifica di efficacia economica in termini di tempi di ritorno. In questa fase non si attribuisce alcun punteggio allo specifico intervento, ma lo si analizza unicamente in relazione alle proprie caratteristiche peculiari;
- la valutazione permette di inserire alcuni dati prestazionali caratteristici dell'edificio, generalmente risultanti da una diagnosi, in un data base di input di un programma di simulazione virtuale in modo da ottenere un punteggio finale che permette di misurare il livello prestazionale dell'organismo edilizio rispetto ad una prefissata scala di valori;
- la certificazione vera e propria che verifica lo svolgimento della procedura di valutazione secondo un determinato protocollo e il grado di qualità finale del progetto rispetto a determinati valori di riferimento con lo scopo finale di attestare, attraverso un ente terzo indipendente, l'effettiva validità del processo tramite il cosiddetto *attestato di certificazione energetica*¹².

La qualità complessiva di un edificio, tuttavia, è definita anche attraverso la valutazione di altri fattori coinvolti nel raggiungimento di risultati di ottimizzazione del costruito, quali il suo rapporto con il contesto di intervento, il livello di comfort e la qualità della vita che può offrire ai suoi occupanti una volta realizzato e le numerose ripercussioni che impone all'ambiente naturale durante il suo intero ciclo di vita. La valutazione dei consumi energetici di un edificio, quindi, non basta a definire l'impatto che la sua costruzione, la sua gestione e la sua eventuale dismissione finale hanno sulla salute degli utenti e sul futuro dell'ambiente.

In questo senso sono stati sviluppati e conti-

nuano ad esserlo tuttora numerosi sistemi di valutazione ambientale degli edifici che permettono di affrontare il tema della qualità del costruito secondo un orizzonte più ampio che è proprio quello della sostenibilità applicata al comparto edilizio.

Il primo sistema creato con questi obiettivi è stato il BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), sviluppato in Inghilterra negli anni '90 e applicato su richiesta volontaria da certificatori abilitati ed autorizzati dal Building Research Establishment. Con lo scopo di misurare il livello di sostenibilità ambientale di un edificio, la valutazione avviene in riferimento ad una scala di quattro livelli (da sufficiente a ottimo), in funzione del suo comportamento rispetto a parametri quali il consumo energetico, le emissioni di CO₂ e gli inquinanti rilasciati in caso di incendio.

Negli Stati Uniti, invece, è stato introdotto nel 2000 il LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), un sistema di valutazione per edifici verdi strutturato su parametri di progettazione sostenibile organizzati intorno ad alcuni temi fondamentali quali la salubrità del sito, l'efficienza nell'uso delle risorse, quali acqua, energia ed atmosfera, i materiali adottati e la qualità dell'aria esterna; anche in questo caso si hanno 4 livelli di valutazione su una scala crescente di valore.

Caso molto significativo per le strette analogie tecniche e climatiche con il nostro Paese è rappresentato dal marchio svizzero MINERGIE® (Minimal Energie) conferito da un'associazione costituita dalla Federazione Svizzera dei Cantoni e dalle imprese costruttrici. L'obiettivo è quello di ridurre del 10% le emissioni di CO₂ in atmosfera entro il 2010 attraverso la valutazione di tre elementi fondamentali, quali il consumo energetico dell'edificio, l'installazione e l'utilizzo di impianti di ventilazione meccanica e il contenimento degli extracosti iniziali di investimento che non devono essere maggiori del 10% rispetto a quelli di edifici convenzionali.

Molto diffuso, poi, è il metodo GBC (Green Building Challenge), un complesso sistema di valutazione di derivazione canadese, ma oggi sviluppato su scala internazionale, che si articola in numerose fasi quali la scelta dei criteri base ed la relativa attribuzione di pesi, la definizione di indicazioni prestazionali e la corrispondente scala di valori e, infine, il confronto con livelli di riferimento prefissati (benchmark). In questo caso i temi di riferimento sono rappresentati dai consumi di risorse e di energia, dalla quantità di emissioni prodotte, dalla qualità

dell'ambiente interno, dalla qualità degli impianti e dalla gestione dell'edificio.

Lo stesso sistema introdotto dal metodo GBC è stato adottato e contestualizzato alla realtà italiana nel 2004 dal gruppo interregionale ITACA (Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale) con la Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Province autonome. La creazione di un protocollo volto alla esplicitazione delle caratteristiche di un edificio bioedile ha condotto alla definizione di dieci principi per l'edilizia sostenibile che possono essere raggruppati in quattro aree specifiche, quali il contesto dell'abitare, il manufatto edilizio, l'utilizzo del manufatto e la diffusione dei principi sostenibili.

In attesa dei decreti attuativi del D.Lgs. 192/05 e del successivo 311/06, molte iniziative di carattere locale hanno avviato la definizione di procedure di valutazione e certificazione energetica degli edifici. Tra queste la più nota è rappresentata dal programma CasaClima, partito nel 2002 come un sistema volontario di valutazione del fabbisogno termico annuo dell'involucro edilizio per il riscaldamento. In seguito l'attestato di efficienza energetica relativo all'intero sistema edificio-impianto è diventato prescrittivo con l'inserimento degli edifici in classi crescenti di qualità prestazionale in funzione del loro consumo termico annuo sulla base una scala di efficienza energetica di riferimento¹³.

L'analisi di questi modelli di valutazione e certificazione della qualità prestazionale degli edifici permette di individuare alcuni caratteri strutturali omogenei che possono essere utilizzati come riferimento nella definizione dello strumento di valutazione che rappresenta l'oggetto del presente lavoro di ricerca.

In particolare, la costruzione di tutti questi strumenti può essere ricondotta ai seguenti punti principali:

- definizione di un modello di analisi fondato sul metodo degli indicatori sintetici e dei relativi sottoindicatori;
- possibilità di taratura flessibile dello strumento in funzione dello specifico contesto di intervento;
- valutazione della qualità prestazionale dell'edificio mediante l'attribuzione di punteggi e calcolo del valore complessivo risultante come media ponderata dei crediti parziali in relazione ad uno specifico sistema di pesatura;
- utilizzo di software di verifica basati su fogli di calcolo (Excel) che utilizzano relazioni alle quali spesso sottostanno formule semplificate;

- comparazione e certificazione dei risultati dell'analisi sulla base di una scala crescente dei limiti di riferimento;
- rappresentazione grafica dei risultati con possibile attribuzione di una soglia minima di conformità a specifiche prescrizioni normative;
- applicazione e test su soluzioni campione per la verifica e l'implementazione dello strumento in funzione di dati sperimentali oggettivi.

A questi caratteri fondamentali devono, tuttavia, essere unite alcune criticità che talvolta hanno rallentato il processo di completa applicazione degli strumenti stessi. In particolare, si può fare riferimento alle seguenti tipologie di problematiche:

- necessità di oggettività, reperibilità ed affidabilità dei dati di input che, necessariamente, incidono sulla qualità e sulla attendibilità dei risultati finali dell'analisi;
- richiesta di conoscenze e competenze tecniche specialistiche nella gestione e nell'operabilità stessa del modello di valutazione;
- difficoltà di diffusione di alcune indicazioni di natura volontaristica non cogente inerenti la possibilità di implementare la valutazione ad aspetti legati alla qualità complessiva del sistema e non solo a caratteri di risparmio energetico.

A conclusione di questa analisi comparativa degli strumenti di valutazione e di certificazione ritenuti più efficaci come riferimento nella definizione e nella costruzione di un modello valutativo di soluzioni tecniche di involucro si ritiene utile riportare alcune linee guida che saranno utilizzate in seguito.

Lo strumento operativo deve consentire la determinazione dell'impatto ambientale di un edificio e dei suoi componenti nell'arco della loro vita utile attraverso l'attribuzione di un punteggio di prestazione.

L'analisi è declinata rispetto a numerosi criteri riguardanti soprattutto il consumo delle risorse non rinnovabili, i fabbisogni energetici ed il comfort abitativo interno per riuscire a stimarne il carico ambientale a tutte le scale che caratterizzano un qualsiasi intervento edilizio.

Sulla base del livello di qualità prestazionale in relazione a ciascun criterio valutativo, all'oggetto dell'analisi devono essere assegnati dei crediti la cui somma, opportunamente pesata per riflettere le specifiche esigenze del contesto ambientale di intervento, determina il valore complessivo a cui è possibile associare un'etichetta rappresentativa del grado di sostenibilità edilizia.

Il pregio più evidente di questa modalità procedurale consiste, a seguito di un'analisi piuttosto complessa nella fase di elaborazione dei dati di input attraverso specifiche relazioni di calcolo, nell'opportunità di comunicare il livello di qualità energetico-ambientale di qualsiasi manufatto edilizio in modo semplice e comprensibile.

Lo strumento di valutazione

La ricerca, finalizzata alla definizione di uno strumento operativo utile alla valutazione preliminare di differenti ipotesi progettuali di involucro, intende analizzare, nell'ambito delle esigenze di risparmio energetico e di aumento del comfort ambientale edifici, la rispondenza a requisiti di alta qualità prestazionale delle chiusure verticali. Tali requisiti sono valutati attraverso alcune delle grandezze proposte dalla letteratura specialistica e, successivamente, esaminati nella loro globalità seguendo il principio prestazionale con la finalità di porgere all'operatore utili riferimenti di carattere progettuale. All'interno dell'analisi vengono, poi, utilizzati metodi di calcolo semplificati con l'intento di stabilire giudizi attendibili attraverso il confronto comportamentale di differenti configurazioni tecnologiche e considerando le numerose interconnessioni che nella realtà del progetto di architettura sempre si manifestano. È noto, ad esempio, come molti dei parametri prestazionali considerati all'interno del processo progettuale di una chiusura verticale risultino fortemente influenzati dallo studio del dettaglio e dalla corretta esecuzione nella fase di realizzazione dell'opera.

La corretta progettazione e la scelta di possibili soluzioni conformi deve necessariamente prendere in considerazione la possibilità che alcuni dei parametri prestazionali considerati, se non adeguatamente controllati, potrebbero nel tempo compromettere la qualità dell'intero sistema¹⁴.

Facendo seguito a queste considerazioni introduttive si ritiene utile sottolineare come per soddisfare in modo adeguato e completo l'esigenza di risparmio energetico unita a quella di aumento del comfort interno rivesta notevole importanza un corretto approccio progettuale da parte degli operatori coinvolti all'interno di questa rilevante fase del processo edilizio.

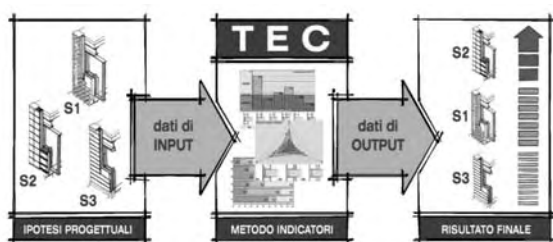


Fig. 3: Rappresentazione schematica dello strumento TEC di supporto preliminare alla progettazione di dettagli costruttivi d'involucro di edifici a destinazione residenziale di nuova realizzazione attraverso la valutazione comparativa di differenti ipotesi con l'applicazione del metodo degli indicatori sintetici.

IL METODO DEGLI INDICATORI SINTETICI

Come illustrato in precedenza con la descrizione dei principali modelli di certificazione energetica degli edifici, il ricorso all'utilizzo di indicatori sintetici capaci di descrivere fenomeni più complessi è diventato parte integrante dell'analisi metaprogettuale tipica di tutti gli interventi che caratterizzano il settore edilizio. Proprio la necessità di definire e ponderare al meglio un insieme di indicatori in grado di consentire una comparazione oggettiva dei risultati dell'analisi ha rappresentato uno dei principali elementi di criticità e di ostacolo nella diffusione e nell'applicazione di tali modelli interpretativi. Molteplici studi di ricerca aventi carattere internazionale hanno consentito nel tempo di individuare gli indicatori più significativi (core set) in funzione del campo di indagine considerato.

L'indicatore sintetico è definito come il parametro che viene utilizzato per la verifica del soddisfacimento dei requisiti quantitativi/qualitativi e della eventuale conformità a specifiche invarianti dell'analisi. Questo termine di valutazione può assumere diverse configurazioni in relazione all'oggetto stesso della verifica, come ad esempio la possibile presenza od assenza di determinate conformità normative o il raggiungimento di un valore standard all'interno di un range di variabilità dei risultati¹⁵.

Per sua stessa natura l'indicatore rappresenta una misura che riflette in modo sintetico il livello di una specifica situazione per la quale sono disponibili più informazioni temporalmente e spazialmente definite. In generale, quindi, è l'espressione di una o più caratteristiche di un particolare settore che possono essere empiricamente osservate al fine di coglierne tutti gli aspetti ritenuti utili al fine del monitoraggio stesso. Il risultato finale dell'analisi consiste nella possibilità di ottenere informazioni che afferiscono ad un attributo intrinseco del campo d'indagine considerato. La costruzione di un sistema di indicatori prende avvio dalla selezione

del fenomeno da rilevare, passa per l'individuazione delle relative caratteristiche misurabili ed arriva al trattamento dei risultati ottenuti dalla sua applicazione.

In una prima schematica descrizione del modello sono tre le principali esigenze che possono essere soddisfatte attraverso l'utilizzo di un sistema di analisi fondato sul metodo degli indicatori sintetici¹⁶:

- la possibilità di supportare in modo scientifico il confronto di differenti ipotesi progettuali attraverso valutazioni tecnico-prestazionali ed energetico-ambientali;
- la capacità di fornire gradi di certezza;
- l'opportunità di restituire informazioni di sostegno all'assunzione di decisioni e di strategie progettuali.

Facendo seguito a queste considerazioni è possibile introdurre alcune limitazioni all'impiego di questo modello, in relazione alla necessità di garantire l'oggettività dei risultati:

- l'adozione e l'applicazione del metodo sono subordinate ad un approfondito studio del campo d'indagine, in modo da poter determinare un set di indici realmente significativi per evitare errori anche più gravi di quelli dipendenti esclusivamente da difetti di applicazione delle relazioni di calcolo;
- la scelta di un insieme di indici è strettamente dipendente dalla scala di applicazione dello strumento di analisi.

Grande importanza riveste, quindi, la possibilità di definire indicatori omogenei e di semplice interpretazione capaci di quantificare la rispondenza dei risultati ottenuti rispetto agli obiettivi prefissati.

Proprio la corretta applicazione di tale modello di analisi potrebbe influenzare in modo molto positivo la sensibilizzazione e la partecipazione del maggior numero di operatori coinvolti all'interno del processo con lo scopo di definire strategie comuni largamente condivise in ottica di risparmio energetico e di salvaguardia ambientale.

A fronte, quindi, di grandi quantità di dati rilevati a disposizione degli operatori di settore si rende necessario l'utilizzo di indici immediati e di facile lettura in grado di supportare e validare le decisioni. Sono necessari processi di aggregazione dei dati capaci di condurre ad una misurazione certa ed apprezzabile della qualità prestazionale del sistema considerato.

In particolare è necessario ricordare come attraverso l'utilizzo di un sistema di valutazione basato su indicatori sintetici sia importante tenere in considerazione alcuni aspetti fondamentali che possono essere riassunti secondo quanto segue:

- il risultato dell'applicazione del metodo consiste sempre in una misurazione quantitativa e qualitativa dei risultati dell'analisi;
- l'insieme degli indicatori non è mai sostitutivo delle informazioni di base e delle relative elaborazioni statistiche, ma svolge sempre una funzione integrativa in grado di rendere possibile una maggiore comprensione della complessità dei fenomeni oggetto di studio;
- i risultati dell'analisi devono necessariamente poter rispondere a requisiti di idoneità rispetto agli obiettivi prefissati, indicando i possibili livelli di attendibilità e di affidabilità raggiunti;
- il sistema di indicatori sintetici deve essere validato da riscontri sperimentali ed applicativi circostanziati e, per questo motivo, l'utilizzo di indici standardizzati risulta molto opportuno, anche per rispondere all'esigenza di rendere possibile la comparazione dei risultati ottenuti con altre situazioni caratterizzate da differenti ipotesi contestuali.

La definizione di uno strumento di valutazione fondato sul metodo degli indicatori sintetici deve porsi come principio fondamentale il concetto di oggettività dell'analisi dei dati rilevati secondo modalità differenti. Se per i caratteri qualitativi, infatti, è sufficiente che venga esplicitato il soddisfacimento di aspetti puramente descrittivi, nel caso di quelli quantitativi diventa fondamentale il problema di introdurre sintesi oggettive che possano essere elaborate attraverso relazioni di calcolo matematico e che, quindi, riescano ad utilizzare fattori numerici capaci di consentire una valutazione obiettiva da parte di qualunque operatore.

A questo proposito è opportuno introdurre alcuni concetti di base relativi all'analisi statistica dei dati, con lo scopo di fornire un ulteriore principio ritenuto utile nella definizione di un insieme di indicatori sintetici¹⁷.

Principio fondamentale applicato ad ogni valutazione statistica dei dati è la consapevolezza che, poiché ogni sintesi costituisce necessariamente una perdita di informazioni rispetto ai dati elementari, questa vada definita in modo tale da minimizzare tale perdita, con riferimento esplicito agli obiettivi dell'indagine stessa. Risulta prioritario, quindi, esplicitare quali aspetti di un determinato fenomeno si intendono esaminare e, successivamente, individuare le misure operative più idonee.

In particolare, nella illustrazione dei principali strumenti utilizzati per il controllo di tale problematica, la letteratura specializzata fa riferimento allo studio della distribuzione di frequenza di un determinato aspetto, esplicitandone le seguenti caratteristiche peculiari:

- la tendenza centrale, definita come la misura

della centralità complessiva di un dato in relazione alle caratteristiche rilevate per tutto l'insieme dei dati di origine. La sintesi, quindi, dovrà essere costituita da un valore rappresentativo della variabile nella sua globalità, espresso nella stessa unità di misura del fenomeno che si sta osservando;

- la dispersione, definita come la mutevolezza dei dati relativi ai campioni presi in esame. In questo caso la sintesi dovrà essere in grado di graduare più fenomeni in termini di misurazione del grado di variabilità rispetto a valori di riferimento;
- la forma, definita come l'aspetto complessivo della distribuzione di frequenza rispetto a configurazioni standard. La sintesi dovrà poter misurare la simmetria della distribuzione rispetto ad una tendenza centrale, l'accentuazione o l'appiattimento delle modalità più frequenti ed il peso relativo degli estremi in rapporto agli stessi valori centrali della distribuzione.

Seguendo queste considerazioni di carattere più generale è possibile suddividere gli indici statistici in tre macrocategorie:

- indici assoluti: sono riferiti a misurazioni che possono variare liberamente da un minimo ad un massimo ed i cui valori dipendono strettamente dalla natura della variabile che si sta esaminando. Sono solitamente espressi in unità di misura dipendente dal campo di indagine;
- indici relativi sono riferiti a misurazioni svincolate dall'unità di misura perchè costituiscono rapporti tra indici assoluti, oppure rapporti tra indici assoluti e loro estremi. Sono pertanto numeri puri e sono utili per confrontare fenomeni simili o logicamente comparabili;
- indici normalizzati sono particolari indici relativi che variano in un intervallo finito. Possono essere utilizzati per effettuare sintesi o confronti tra qualsiasi tipo di fenomeno che sono in grado di rappresentare attraverso relazioni di calcolo analitico.

Un sistema decisionale costituito da indici sintetici correlati dal punto di vista logico-funzionale e capace di informare l'operatore su più fenomeni coordinati tra loro, costituisce fondamentalmente il legame tra dati grezzi ottenuti da misurazioni oggettive relative allo specifico campo di indagine e scelte operative fondate sull'analisi dei risultati rappresentati dai dati elaborati attraverso l'utilizzo degli indicatori stessi. La metodologia scientifica utilizzata nella costruzione di un indicatore che sia rappresentativo del fenomeno oggetto di studio può essere schematizzata secondo quanto segue:

- definizione degli obiettivi che si intendono raggiungere;

- definizione delle possibili alternative e degli scenari futuri;
- definizione di una procedura matematica operativa per l'aggregazione dei dati di input;
- definizione delle modalità di rappresentazione utili per l'interpretazione dei risultati.

Un ultimo riferimento utile alla definizione di questo tipo di modello applicativo è rappresentato dalla disponibilità delle informazioni di base, in quanto ritenuta condizione indispensabile per il funzionamento del sistema nella sua totalità. La prassi corrente ha condotto all'utilizzo di tre strategie principali per la raccolta dei dati di base:

- rilevazione di informazioni standardizzate, ottenibili attraverso la consultazione della normativa di riferimento o di manuali di settore specializzati;
- ricerca di dati specifici, relativi ad un particolare aspetto dell'indagine e spesso non ancora diffusamente introdotti nell'insieme di informazioni a disposizione degli operatori;
- raccolta di indicazioni fornite da esperti di settore attraverso la loro personale interpretazione del fenomeno, fondando l'analisi su dati sperimentali ottenuti dalla pratica operativa all'interno del settore. Questa tipologia di informazioni è riferita solitamente a fenomeni molto complessi che implicano valutazioni di tipo qualitativo.

In tutti i casi la possibilità di comprensione dei dati di origine da parte del decisore finale è garanzia di affidabilità dei risultati e dell'aumento di qualità dell'intero processo di scelta fra le differenti variabili iniziali.

Nel caso specifico di definizione di un set di indicatori sintetici utili a supportare la valutazione comparativa preliminare di differenti ipotesi progettuali di involucro è possibile fare riferimento alle caratteristiche proprie degli indici relativi normalizzati all'interno di un range di variabilità definito sulla base di precise indicazioni normative o bibliografiche assunte come riferimento e limite stesso del campo di indagine.

DEFINIZIONE DI INVARIANTI METODOLOGICHE

Il primo livello che ha caratterizzato la ricerca è stata l'individuazione e la conseguente specificazione di indicatori sintetici aventi carattere prestazionale, nonché dei relativi strumenti di misurazione e comparazione. Questi indicatori permettono di avere come risposta una visione organica e complessiva delle caratteristiche di differenti ipotesi progettuali sulla base degli specifici obiettivi della sostenibilità edilizia. Do-

po aver effettuato l'analisi, infatti, i progettisti saranno in grado di orientare autonomamente le proprie scelte progettuali tra le diverse proposte con lo scopo ultimo di utilizzare la soluzione che meglio risponde alle esigenze della specifica realtà operativa.

Lo strumento di valutazione deve necessariamente poter combinare caratteri tecnico-prestazionali, aspetti relativi ai costi in ottica di benefici attesi e strategie relative al ciclo di vita utile dei componenti utilizzati, sulla base dell'interpolazione delle specificità di ogni singolo materiale che comporrà la soluzione progettuale stessa. In una prima schematica distinzione il modello può essere fondato su tre differenti indicatori in grado di controllare il sistema tecnologico, unitamente agli aspetti energetico-prestazionali.

Sn		PARAMETRI		STRATI	PESI	RISULTATI	
INDICATORI SINTETICI	T	PARAMETRI TECNICO-PRESTAZIONALI	Caratteri geometrici e prestazionali	strato n.1	peso n.1	R _T	GRADO DI SOSTENIBILITA'
				strato n.2	peso n.2		
				strato n.3	peso n.3		
	E	PARAMETRI ECONOMICI	Analisi costi-benefici	strato n.1	peso n.1	R _E	
				strato n.2	peso n.2		
				strato n.3	peso n.3		
	C	PARAMETRI ENERGETICO-AMBIENTALI	Life Cycle Assessment	strato n.1	peso n.1	R _C	
				strato n.2	peso n.2		
				strato n.3	peso n.3		

Fig. 4: Schema sintetico delle operazioni principali che caratterizzano lo strumento di valutazione basato sull'interazione pesata di tre indicatori prestazionali che consentono la comparazione di differenti ipotesi progettuali attraverso la conoscenza delle specifiche tecniche dei materiali che compongono la stratigrafia del dettaglio costruttivo.

INDICATORE SINTETICO T

Il primo indicatore, chiamato T, è definito sulla base dei parametri tecnico-prestazionali, unitamente alle caratteristiche morfologiche, di tutti i materiali che compongono la stratigrafia della soluzione progettuale ipotizzata. Questo primo indicatore sintetico rappresenta tutti i dati misurabili sperimentalmente dei materiali specifici, dai caratteri di performance agli aspetti geometrici. Questa tipologia di dati è facilmente reperibile mediante l'utilizzo delle schede tecniche di prodotto e, per questo motivo, risulta di semplice accessibilità da parte dell'operatore diffuso che può non essere dotato di competenze tecniche specifiche e non necessita di particolari strumenti di misurazione. Inoltre, nel prossimo futuro, queste specifiche informazioni dovrebbero poter essere ancor più accessibili perché regolate dalla normativa relativa alla certificazione e circolazione dei componenti edilizi all'interno del Mercato Comune Europeo.

Nella descrizione dei quattro sottoindicatori ritenuti utili alle finalità della ricerca occorre sot-

tolineare come il contesto applicativo dello strumento di valutazione preliminare sia rappresentato dalla progettazione di dettagli costruttivi relativi alle chiusure verticali opache e non all'intero edificio. Pertanto si considerano come condizioni al contorno la necessità di trascurare le eventuali discontinuità di superficie e di valutare il sistema di involucro progettato e realizzato a ponte termo-acustico corretto.

T	CARATTERI PRESTAZIONALI	STRATI	PARZIALI	PESI	RISULTATI
PARAMETRI TECNICO-PRESTAZIONALI	T ₁ TRASMITTANZA TERMICA	STRATO 1 STRATO 2 STRATO n	P _{T1}	PESO 1	R _{T1}
	T ₂ PESO SPECIFICO E INERZIA TERMICA	STRATO 1 STRATO 2 STRATO n	P _{T2}	PESO 2	R _{T2}
	T ₃ COMFORT ACUSTICO	STRATO 1 STRATO 2 STRATO n	P _{T3}	PESO 3	R _{T3}
	T ₄ RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DI VAPORE ACQUEO	STRATO 1 STRATO 2 STRATO n	P _{T4}	PESO 4	R _{T4}
					R _T

Fig. 5: Scomposizione in caratteri prestazionali unitari dell'indicatore T per controllare in modo specifico i requisiti che interagiscono nella definizione di soluzioni di dettaglio in grado di rispondere all'esigenza generale di risparmio energetico e di aumento del comfort ambientale.

In particolare, sulla base dell'ipotesi introduttiva di individuare soluzioni progettuali capaci di mediare aspetti di controllo della qualità prestazionale degli edifici unitamente all'aumento del comfort abitativo, si sono individuati quattro sottoindicatori in grado di far interagire proprio i caratteri di risparmio energetico insieme a quelli relativi alla qualità ambientale interna. Sono stati definiti, quindi, due sottoindicatori (T1 e T2) in grado di misurare rispettivamente i gradi di isolamento termico e di inerzia termica ed altri due sottoindicatori (T3 e T4) capaci di valutare rispettivamente il livello di isolamento acustico e la permeabilità al vapore dell'involucro edilizio.

Il primo sottoindicatore T1 è esplicitato attraverso il calcolo della trasmittanza termica U [espressa in W/m^2K] come inverso della sommatoria delle resistenze termiche dei materiali che compongono la stratigrafia dell'elemento costruttivo.

Analogamente il secondo sottoindicatore T2 rappresenta il calcolo dello smorzamento termico ϕ [adimensionale] e dello sfasamento termico ψ [espresso in h] ed è utilizzato per valutare la capacità di un elemento di abbattere la temperatura del flusso di calore entrante dall'esterno e contemporaneamente ritardarne temporalmente il passaggio all'interno dell'edificio. Secondo quanto espresso dalla normativa vigente, la possibilità di coniugare sinergicamente questi due parametri permette di raggiungere alti livelli di qualità prestazionale dell'involucro edilizio sia in regime invernale

che durante la stagione estiva.

Il terzo sottoindicatore T3 si riferisce al calcolo del potere fonoisolante della parete R_w [espresso in dB] valutato in modo semplificato in funzione delle masse superficiali degli elementi che costituiscono gli strati dell'elemento costruttivo considerato nel rispetto della normativa vigente in materia di controllo delle prestazioni acustiche degli edifici. L'ultimo sottoindicatore T4 si esplicita attraverso la verifica termoigrometrica dell'elemento costruttivo per valutare la possibilità di formazione di condensazione all'interno della stratigrafia della soluzione considerata.

L'interazione ponderata dell'incidenza di ciascun sottoindicatore attraverso un sistema di pesatura permette di ottenere un valore risultante rappresentativo dei parametri prestazionali dei materiali che costituiscono la stratigrafia delle differenti ipotesi progettuali

INDICATORE SINTETICO E

Il risparmio energetico in edilizia può essere definito come quell'operazione tecnologico-costruttiva che consente di ottenere lo stesso livello di benessere nell'ambiente interno con un minor consumo di energia primaria. Questo tipo di obiettivo può essere raggiunto con un maggior impegno di altre risorse quali investimenti economici, attenzione e sensibilità nel lavoro, corretta scelta ed applicazione dei materiali.

Il progettista, quindi, essendo a conoscenza in modo approfondito delle condizioni al contorno dello specifico intervento, deve determinare il grado di convenienza economica della soluzione tecnica proposta che deve, comunque, assicurare le prestazioni minime previste dalla normativa.

Per questo motivo l'attuale prassi operativa prevede che il progetto di grandi interventi sia preceduto da studi di fattibilità in cui le possibili soluzioni tecnologiche siano confrontabili attraverso l'utilizzo di un'analisi economica che tenga conto del tempo di vita dell'intervento e che fornisca tutte le informazioni necessarie a supportare una decisione consapevole.

In particolare, i parametri maggiormente utilizzati per valutare la validità di un intervento edilizio in termini economici sono:

- costo iniziale del manufatto;
- efficienza del sistema edificio-impianti;
- costo del denaro;
- periodo durante il quale l'intervento può considerarsi efficace;
- costo dell'energia convenzionale risparmiata;
- tassi di inflazione utilizzati per attualizzare il costo di oneri economici futuri.

formazioni preliminari che risulterebbero comunque legate ai comportamenti soggettivi dell'utenza finale.

In questo senso l'analisi economica condotta in questa parte del lavoro ha portato alla definizione di modalità interpretative dei principali fattori economici coinvolti nella progettazione e nella realizzazione di soluzioni tecnologiche di involucro, consentendone la comparazione fondata su parametri rilevabili e facilmente confrontabili.

Secondo fonti bibliografiche specializzate riferite a studi economici di settore è possibile stimare gli extra-costi iniziali necessari per raggiungere obiettivi di sostenibilità edilizia in un range percentuale che potrebbe variare fra il 5% e il 15% di maggiorazione rispetto a soluzioni costruttive tradizionali di edilizia corrente²².

A questo si deve necessariamente aggiungere che a fronte di questi maggiori costi iniziali è possibile riscontrare una serie di vantaggi incentivanti, non solo in termini economici, quali i benefici derivanti da agevolazioni da parte degli enti pubblici, i risparmi relativi al consumo di energia primaria e alla gestione/manutenzione dell'edificio, oltre naturalmente a garantire un minor impatto ambientale nel ciclo di vita utile del manufatto. In particolare, per quanto concerne gli incentivi pubblici è possibile citare a titolo esemplificativo, oltre ad eventuali agevolazioni fiscali di carattere nazionale quali quelle introdotte dalla legge finanziaria per il 2007²³, alcune situazioni di carattere locale che si stanno verificando con sempre maggiore frequenza a vantaggio degli operatori coinvolti all'interno del processo edilizio:

- riduzione degli oneri di urbanizzazione secondaria e/o costi di costruzione;
- possibilità di aumento della volumetria e/o della superficie utile concessa;
- priorità nella concessione di aree edificabili.

A fronte di queste considerazioni, tuttavia, i costi di costruzione da sostenere per la realizzazione di edifici energeticamente efficienti vengono ancora considerati troppo elevati. Per questo motivo è necessario che all'interno di un corretto iter progettuale vengano affrontati non solo gli aspetti energetici, ma anche quelli di natura economica. Il compito del progettista, quindi, non è solo quello di ottenere un'alta efficienza energetica ed un elevato comfort abitativo, ma anche quello di poterli realizzare ad un prezzo ragionevole e competitivo.

A questo proposito è utile ricordare come alcuni sistemi di certificazione energetica, quali ad esempio *Minergie* in Svizzera e *Passivhaus* in Germania, prevedono che il costo per unità di superficie di un edificio con alte qualità prestazionali non sia maggiore del 10% rispetto a

quello di un normale edificio che rispetti la normativa. Questa percentuale di extra-costi iniziali è normalmente recuperabile tramite i risparmi indotti in circa 10 anni.

Facendo seguito a queste premesse occorre impostare l'analisi su quelle componenti economiche relative alla realizzazione di soluzioni di dettaglio di involucro edilizio ed, in particolare, delle chiusure verticali suscettibili di variazioni nel caso di un intervento attento alle questioni relative al risparmio energetico e all'aumento di comfort all'interno delle unità abitative.

Risulta molto importante, quindi, fissare alcuni limiti di applicazione dello studio in modo da poter escludere quelle componenti dell'analisi che, pur essendo comprese nel computo dei costi considerati nella loro totalità, si mantengono invariate in tutti i casi contemplati all'interno del sistema di valutazione e comparazione. È possibile, ad esempio, distinguere tra costi diretti, quali il costo d'acquisto del terreno ed i relativi oneri accessori, e costi indiretti quali quelli generali di produzione.

Nel contempo le componenti che possono subire variazioni a seguito delle scelte progettuali relative alle diverse ipotesi tecnologiche sono riconducibili a costi diretti, quali i prezzi dei materiali utilizzati ed i costi di manodopera, e a costi indiretti, quali gli oneri fiscali e finanziari.

A queste considerazioni si deve aggiungere, ragionando in termini di sostenibilità edilizia, una serie di parametri connessi alla realizzazione ed al ciclo di vita del manufatto edilizio, quali ad esempio:

- l'impatto ambientale dei materiali utilizzati e del processo di realizzazione dell'opera edilizia;
- la manutenzione e la gestione dell'edificio;
- lo smaltimento e il possibile riciclaggio dei rifiuti derivanti dalle opere di costruzione e dell'eventuale demolizione finale del manufatto.

Questo tipo di impostazione metodologica si fonda sul quadro di un'economia di lunga durata che è in grado di considerare e, conseguentemente, di consentire la valutazione del comportamento dell'edificio nella fase di gestione post-intervento.

Risulta, dunque, evidente come la realizzazione di edifici sostenibili, pur comportando necessariamente maggiori oneri in termini di investimento economico iniziale, possa risultare confrontabile con quella di edifici tradizionali se valutata in un arco temporale che consideri la vita media del manufatto edilizio e, quindi, i costi complessivi dell'intervento.

L'utilizzo delle tecniche proprie del costruire in modo sostenibile comporta la riduzione nel tempo dei costi di gestione e di manutenzione dell'unità abitativa, oltre al significativo aumento del comfort interno, sicura garanzia di salute e benessere psicofisici degli occupanti, difficilmente quantificabili in termini economici oggettivi.

Dal confronto dei costi, espressi in euro, di gestione di una abitazione tradizionale e di un'altra dotata di soluzioni ecologicamente compatibili, con particolare riferimento all'uso degli elettrodomestici e degli impianti di illuminazione e di riscaldamento è possibile dimostrare come nel lungo periodo risulti economicamente molto più conveniente l'abitazione ecologica in quanto i costi di gestione si abbattano di valori quasi pari al 50% rispetto a quelli relativi ad un'abitazione tradizionale.

La volontà di pervenire alla definizione di un modello idoneo a valutare in modo comparativo i fattori coinvolti all'interno del processo di progettazione/realizzazione di elementi di involucro²⁴, comporta necessariamente la formulazione di un percorso metodologico complesso in grado di rispondere ai requisiti di misurabilità dei dati di input e di confrontabilità di quelli di output.

Un'ultima considerazione che esula parzialmente dalle valutazioni effettuate, ma che non deve essere tenuta in minor conto, riguarda il fatto che i dati economici utilizzati come input all'interno dell'analisi sono tutti riferiti a prezzi e tariffe attuali. Considerato che, nel corso degli anni, tali prezzi continueranno a salire seguendo l'andamento dei tassi di inflazione, i risparmi ottenuti sui costi di gestione e di manutenzione tenderanno ad essere ancora maggiori di quanto sarà valutato in termini comparativi all'interno dello strumento. Le precedenti considerazioni costituiscono un'ulteriore prova della convenienza di adottare soluzioni progettuali e costruttive di alta qualità prestazionale offrendo una modalità operativa che, non solo mantiene il proprio valore economico nel tempo, ma è in grado addirittura di aumentarlo, considerando i benefici economici indotti nel lungo periodo.

Facendo seguito a queste premesse, ritenute utili all'interpretazione del tema dell'analisi economica applicata all'edilizia ed in particolare alla progettazione di soluzioni costruttive, il secondo indicatore E rappresenta i caratteri economici legati allo specifico dettaglio di involucro e si fonda sulla valutazione dei costi di produzione e messa in opera dei singoli componenti valutati in relazione ai benefici che la soluzione potrebbe produrre una volta adottata e realizzata in cantiere.

Questa tipologia di dati può essere tratta dai prezziari edili oppure direttamente richiesta ai produttori in modo da avvicinarsi il più possibile alle reali condizioni del mercato. Negli ultimi anni si è registrata, a questo proposito, una maggiore sensibilità da parte di tutti gli operatori coinvolti verso l'aspetto della valutazione dei costi di realizzazione degli edifici in relazione ai benefici indotti dall'aumento di qualità prestazionale dei materiali utilizzati.

L'importanza di questo indicatore, quindi, risiede proprio nel fatto che permette di rapportare ed integrare la stima economica che affianca qualsiasi intervento progettuale all'analisi dei benefici indotti nel lungo periodo.

E	ANALISI COSTI-BENEFICI	STRATI	PARZIALI	PESI	RISULTATI
PARAMETRI ECONOMICI	E ₁ COSTI DI COSTRUZIONE	STRATO 1 STRATO 2 STRATO 3	P _{E1}	PESO 1	R _{E1}
	E ₂ CONSUMI ENERGETICI	STRATO 1 STRATO 2 STRATO 3	P _{E2}	PESO 2	R _{E2}
	E ₃	STRATO 1 STRATO 2 STRATO 3	P _{E3}	PESO 3	R _{E3}
	E ₄	STRATO 1 STRATO 2 STRATO 3	P _{E4}	PESO 4	R _{E4}
					R _E

Fig. 6: Scomposizione in caratteri prestazionali unitari dell'indicatore E per controllare in modo specifico i requisiti che interagiscono nella definizione di soluzioni di dettaglio in grado di rispondere all'esigenza generale di risparmio energetico e di aumento del comfort ambientale.

In particolare la scomposizione in sottoindicatori prevede l'introduzione del parametro economico E1 come rappresentazione dei costi di produzione e costruzione previsti per la realizzazione del dettaglio costruttivo considerato, mentre un secondo sottoindicatore E2 vuole esplicitare i benefici ottenuti in termini economici rispetto al risparmio conseguente all'aumento della qualità prestazionale delle soluzioni ed alla diminuzione del fabbisogno energetico dell'edificio nel suo complesso²⁵.

A questi due sottoindicatori si potrebbe aggiungere un indice di valutazione dei risparmi ottenuti sui costi di manutenzione, in quanto ogni soluzione costruttiva presenta un grado di deterioramento nel tempo che potrebbe ridurre notevolmente la funzionalità, con particolare riferimento al decadimento prestazionale, nonché ad una diminuzione delle caratteristiche formali dell'edificio nel suo complesso. Questo quadro operativo presenta nuovi livelli di complessità per il progettista che, oltre ad essere tenuto a rispondere ad obblighi normativi nei confronti della committenza nel necessario rispetto del requisito di durabilità della costruzione che rientra nelle prescrizioni di capitolato, deve farsi carico di indicazioni revisionali sugli aspetti gestionali e manutentivi dell'edificio. Parallelamente il direttore dei lavori ed il costruttore, ciascu-

no nell'ambito delle proprie competenze, sono tenuti ad escludere l'impiego di materiali e componenti non conformi alle prescrizioni normative, nonché ad assicurare la conformità dell'opera realizzata al progetto iniziale. Alla luce di queste considerazioni risulta molto complesso tradurre questo genere di valutazioni in termini economici, in particolare per quanto riguarda il campo specifico di indagine riferito ai dettagli costruttivi di involucro. Risulta, infatti, fondamentale la quantificazione dei costi di manutenzione straordinaria di una chiusura verticale. Questo parametro è fortemente correlato alle caratteristiche dei materiali scelti in fase di progettazione, alle modalità di messa in opera e di gestione e, soprattutto, alla stima del tempo di vita utile del manufatto utilizzata per determinare il numero complessivo di interventi manutentivi necessari. Allo stato attuale, nonostante i numerosi sforzi di ricerca scientifica nazionale ed internazionale, non sono disponibili dati oggettivi e comparabili che possano essere utilizzati come riferimento per la definizione di un ulteriore sottoindicatore da inserire nello strumento che, comunque, potrebbe essere facilmente implementato in futuro, con l'avanzare degli studi in merito.

INDICATORE SINTETICO C

In questi ultimi anni il settore delle costruzioni è stato caratterizzato, come descritto in precedenza, da una crescente attenzione alla politica integrata di prodotto all'interno di strategie politico-normative, unita all'integrazione di criteri energetico-ambientali nelle scelte progettuali e costruttive. Si sta assistendo alla nascita di una nuova cultura di produzione industriale volta alla tutela dell'ambiente e fondata sulla consapevolezza dell'importanza di introdurre caratteri di qualità ambientale anche nel comparto dei prodotti utilizzati in edilizia.

In questo contesto operativo sono numerosi gli strumenti e le metodologie utilizzate per valutare in modo oggettivo l'impatto determinato da un prodotto durante il suo ciclo di vita utile. Tra i diversi approcci il Life Cycle Assessment (LCA) è sicuramente quello che permette di analizzare, quantificare e valutare in modo specifico le cause e gli effetti di tale impatto. Il termine LCA venne coniato durante il congresso SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) a Smuggler Notch (Vermont, U.S.A.) del 1990, proprio per meglio caratterizzare l'obiettivo delle analisi fino ad allora svolte sotto altri nomi²⁶.

Molti operatori di settore ritengono che l'approccio di tipo ciclo-vita ai problemi ambientali sia un'idea recente e del tutto innovativa, ma in realtà, le sue origini possono essere collocate verso la fine degli anni '60. Alcuni ricercatori,

che incominciavano ad occuparsi del problema del consumo di risorse e della generazione di reflui nei processi industriali, si resero conto che l'unica strada efficace per studiare in maniera completa i sistemi produttivi da un punto di vista ambientale fosse quella di esaminarne le prestazioni seguendo passo per passo il cammino percorso dalle materie prime, a partire dalla loro estrazione, attraverso tutti i processi di trasformazione e di trasporto, fino al loro ritorno alla terra sotto forma di rifiuti. Proprio in quel periodo nasce lo slogan *from cradle to grave* (dalla culla alla tomba), utilizzato per illustrare sinteticamente i contenuti della metodologia che era in via di completa definizione: quella dell'analisi del ciclo di vita.

Prima di assumere la denominazione di Life Cycle Assessment (LCA), la metodologia era conosciuta con altra terminologia, come ad esempio, *cradle to grave analysis*, *resource and environmental profile analysis*, *life cycle analysis*, *eco balance*, *energy and environmental analysis*.

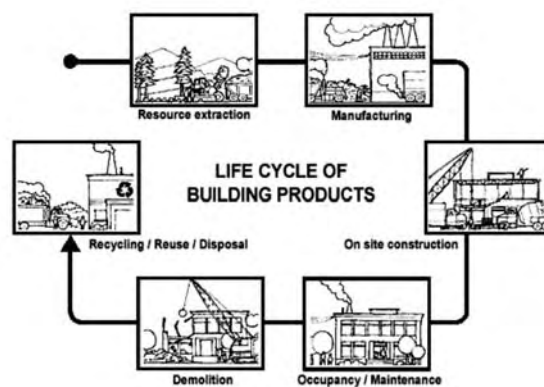


Fig. 7: Schema rappresentativo delle fasi che compongono il ciclo di vita dei prodotti per le costruzioni: estrazione delle risorse, produzione dei materiali e dei componenti, messa in opera in cantiere, utilizzo e manutenzione, demolizione con la possibilità finale di riutilizzo o di definitiva dismissione dei materiali provenienti dallo smantellamento.

Fonte: www.athenasmi.ca

Questo tipo di approccio al tema più generale del rispetto ambientale costituiva per quel tempo un'assoluta novità, dal momento che nello studio volto a migliorare le prestazioni energetiche e ambientali di un sistema industriale veniva presa in considerazione l'intera filiera produttiva, mentre fino ad allora, specialmente da parte dei tecnici, i miglioramenti dell'efficienza erano stati costantemente ricercati concentrando l'attenzione sui singoli componenti dei processi produttivi. Non ci si era preoccupati, quindi, del fatto che spesso i miglioramenti ottenuti analizzando separatamente i singoli processi produttivi

Nel corso degli ultimi anni, inversamente alla sensibile contrazione del volume medio per abitazione (circa -2,3%), i costi di costruzione hanno subito un incremento considerevole (circa +9,6%)¹⁸.

La riduzione delle volumetrie abitative è in larga parte imputabile a fattori demografici, quali la riduzione del numero di componenti del nucleo familiare che ha portato al conseguente calo della domanda di unità residenziali caratterizzate da volumi medi più elevati.

L'incremento dei costi di costruzione, invece, è da addebitarsi ad un progressivo aumento del costo della manodopera e degli standard qualitativi, particolarmente per quanto attiene agli aspetti legati al comfort, alla sicurezza ed al rispetto ambientale.

In seguito a queste premesse iniziali è facile comprendere come la definizione di un metodo di valutazione economica in grado di considerare anche possibili extra-costi da sostenere per la realizzazione di edifici con elevate qualità prestazionali, risulti molto complessa, ma di grande importanza per tutti gli operatori del settore. Proprio questo tipo di problematica, infatti, risulta essere uno dei principali fattori frenanti per la diffusione e l'applicazione concreta di modalità costruttive avanzate che potrebbero, se adeguatamente applicate, portare al miglioramento dell'intero sistema¹⁹.

L'obiettivo finale è quello di dimostrare, attraverso la comparazione di dati effettivamente confrontabili, come sia possibile, a fronte di maggiori costi di investimento iniziale, ottenere riduzione degli oneri di gestione e di manutenzione dell'edificio realizzato, oltre ad un notevole risparmio energetico ed un minor impatto ambientale.

Le recenti norme in materia di rendimento energetico in edilizia, inoltre, delineano la necessità di pervenire in tempi brevi alla qualità del sistema tecnologico, fissando le strategie progettuali necessarie per ridurre il fabbisogno di energia primaria. L'impatto che questa qualità tecnologica esercita sul costo globale dell'edificio si esplicita essenzialmente attraverso l'utilizzo di involucri altamente performanti, l'inserimento di impianti molto efficienti a fronte di consumi molto ridotti e l'adozione di sistemi di captazione di fonti energetiche rinnovabili.

Molto spesso, data la complessità del processo considerato nella sua totalità ed il numero di operatori coinvolti, l'investimento economico iniziale viene quantificato solo alla fine della fase progettuale e generalmente non subisce alcun tentativo di ottimizzazione. Per questo motivo, non è raro il caso in cui i progettisti, a fronte di edifici che costano più di quanto disposto dalla committenza, si vedano costretti ad esercitare tagli dei costi ini-

ziali a discapito proprio degli attesi livelli prestazionali del prodotto finale.

Risulta, quindi, fondamentale disporre di procedure progettuali di meta-analisi, come ad esempio l'Analisi del Valore²⁰, utilizzate per stimare la bontà degli investimenti iniziali e verificare l'adempimento dei requisiti prestazionali desiderati.

In Italia, dal punto di vista normativo, l'Analisi del Valore e le relative procedure applicative sono definite all'interno di specifiche norme tecniche²¹ e sono state introdotte su base volontaria nel processo progettuale relativo a lavori pubblici.

In particolare il valore di differenti ipotesi progettuali, inteso come il minor costo di vita utile necessario per assicurare un adeguato livello prestazionale, è calcolato con metodologie derivate dall'ingegneria economica, quali ad esempio il Life Cycle Costing (LCC) e le relative applicazioni semplificate.

Questo metodo di stima economica considera tutti i costi sostenuti durante la vita utile di un edificio o in uno specifico intervallo temporale, permettendo di confrontare soluzioni tecnologiche differenti attraverso l'assunzione di decisioni di mutua esclusione. L'elemento di base di queste comparazioni è il costo di vita utile, definito come il costo totale di possedere, gestire, mantenere e demolire un manufatto edilizio durante un prestabilito intervallo temporale, in cui tutti i costi sono normalizzati in modo da riflettere il valore temporale del denaro. Proprio quest'ultimo parametro, infatti, non è indifferente allo scorrere del tempo e, di conseguenza, gli oneri economici al momento dell'esecuzione dei lavori potrebbero non avere lo stesso peso di quelli successivi.

È necessario, tuttavia, rimarcare il fatto che questa modalità di approccio al tema dell'analisi dei costi non possa essere considerata esatta proprio perché fondata su modelli revisionali che necessitano di strumenti aggiuntivi capaci di stimare il grado di incertezza associata ai risultati. Proprio la non completezza e l'incoerenza delle principali banche dati a disposizione degli operatori di settore, l'interpretazione e l'approssimazione nella costruzione dei modelli di simulazione, i cambiamenti costanti dei prezzi delle maggiori risorse (materie prime e manodopera), l'aleatorietà dei tassi di interesse e di sconto sono alcune delle motivazioni che hanno condotto alla riduzione di credibilità delle previsioni ed al conseguente scarso utilizzo di questi strumenti di valutazione. A questo si deve aggiungere, necessariamente, la complessità di utilizzo di questi sistemi in particolare per la stima effettiva dei costi di gestione e di manutenzione di un manufatto edilizio a causa della scarsa reperibilità di in-

tivi sono solo apparenti. Una singola operazione industriale, infatti, si può rendere più efficiente, o più valida ecologicamente, a spese di altre, semplicemente trasferendo l'inquinamento nello spazio o nel tempo, trascurando il fatto che i benefici ottenuti localmente possono essere controbilanciati da problemi conseguenti che si generano altrove o posteriormente nel tempo, con il risultato finale di non ottenere alcun reale miglioramento o addirittura di peggiorare il bilancio generale.

È a partire dai primi anni '70 che è possibile trovare i primi esempi di applicazione della teoria Life Cycle Thinking, utilizzata come supporto alle decisioni da parte di alcune grandi aziende statunitensi. Si trattava di studi svolti sotto il nome di REPA (Resource and Environmental Profile Analysis) che avevano come obiettivo finale la caratterizzazione del ciclo di vita di alcuni materiali impiegati in importanti produzioni industriali. Lo scopo era quello di confrontare diversi materiali applicati a medesimi sistemi produttivi per confrontare da un punto di vista ambientale funzioni equivalenti con l'utilizzo di soluzioni e materiali diversi. Proprio questo concetto rappresenta uno dei principi basilari della metodologia LCA: non ha alcun senso paragonare in assoluto materiali diversi tra loro ma solamente applicazioni funzionali che possono essere realizzate, a parità di prestazioni, utilizzando materiali alternativi.

All'epoca di applicazione degli studi REPA la consapevolezza che si stavano sfruttando a ritmi sempre più elevati risorse energetiche limitate e non rinnovabili era già sufficientemente sviluppata, tanto da indurre studiosi e ricercatori del mondo accademico ed industriale ad affrontare temi riguardanti lo sfruttamento indiscriminato delle risorse ed i conseguenti effetti sull'ambiente naturale. In seguito agli allarmi lanciati da molti scienziati riferiti particolarmente a massicci consumi di risorse non rinnovabili e a preoccupanti livelli di inquinamento, uniti a ciò che concretamente succedeva in quel periodo, nella forma di gravi crisi energetiche e di crescente criticità nella destinazione dei rifiuti, si è registrata una spinta determinante all'impegno comune per la messa a punto sia di metodologie sia di strumenti che potessero in qualche modo correggere l'approccio a questo tipo di fenomeni, portando, verso la fine degli anni Ottanta, all'affermazione del concetto di sviluppo sostenibile.

Nello stesso periodo, in Europa, veniva pubblicato il manuale di Energetic Analysis (EA) di Boustead e Hancock che è stato in grado di offrire per la prima volta una descrizione di carattere operativo del procedimento analitico fondamentale per la definizione dell'attuale struttura della metodologia LCA.

All'interno di questo manuale è possibile trovare i primi richiami alla necessità di un approccio integrato di ciclo vita per poter effettivamente controllare i rendimenti dei sistemi industriali, sia in termini energetici sia in termini più squisitamente ambientali.

Da quel momento in poi, la messa a punto della metodologia LCA ha ricevuto un grande impulso in quanto è apparso chiaro come gli approcci di tipo REPA o EA, con le dovute integrazioni e miglioramenti, fossero quelli che meglio si prestavano a supportare le attività produttive nella nuova interpretazione del concetto di sviluppo economico ed industriale in ottica sostenibile.

L'organizzazione originaria di una LCA, secondo lo schema proposto dalla SETAC, comprendeva tre fasi principali da attuare successivamente e ciclicamente. Tale organizzazione, che costituisce anche la struttura fondamentale della metodologia attuale, è composta dalle seguenti fasi principali:

- fase di inventario, in cui le informazioni e i dati raccolti vengono organizzati e standardizzati per fornire una descrizione completa delle caratteristiche fisiche del sistema produttivo oggetto dello studio (e cioè il modello analogico del sistema);
- fase di interpretazione, dove i dati fisici dell'inventario sono correlati a problemi di carattere ambientale;
- fase di miglioramento, in cui il sistema produttivo è oggetto di campagne di simulazione per cercare di migliorare la sua efficienza complessiva.

Da un punto di vista metodologico, la definizione di LCA proposta dalla SETAC²⁷ è la seguente: *una LCA è un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici e ambientali relativi a un processo o un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente. La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale.*

Durante questo primo periodo di definizione preliminare della struttura di base della metodologia, il termine eco-efficienza veniva già utilizzato per misurare i rendimenti energetici e ambientali del processo produttivo oggetto dell'indagine.

Le numerose iniziative per la standardizzazione della metodologia LCA hanno di conseguenza incominciato a concretizzarsi nei primi anni '90 con la pubblicazione di manuali e testi specifici, di strumenti di calcolo e di banche dati, oggi diffusi ed utilizzati da gran parte dei ricercatori e degli operatori del settore per un impiego prati-

co del metodo nella realtà operativa. Allo stato attuale, la LCA si sta progressivamente affermando come strumento di calcolo del carico ambientale dei sistemi produttivi consentendo, grazie alle numerose applicazioni ed esperienze, di aumentare il grado di diffusione delle tematiche relative alla salvaguardia delle risorse non rinnovabili unita all'aumento prestazionale di prodotti e componenti finali.

Da un punto di vista normativo l'analisi e la valutazione ambientale di un prodotto, o di un sistema produttivo, si fondano sul rispetto della conformità della metodologia di indagine alla norma tecnica UNI EN ISO 14040²⁸ che riporta un'ulteriore definizione della LCA come una *compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita dei flussi in entrata e in uscita, nonché i potenziali impatti ambientali, di un sistema di prodotto*.

Una LCA applicata a un sistema industriale indirizza, quindi, lo studio di efficienza del sistema in oggetto verso la salvaguardia della salute dell'ambiente e dell'uomo e verso il risparmio delle risorse.

Punto fondamentale dell'attuale teoria LCA è la definizione di "sistema industriale", che la norma ISO qualifica come "sistema di prodotto". La principale innovazione rispetto alle teorie precedenti risiede principalmente nella interpretazione della LCA come analisi di processo e non solo come analisi di prodotto. Per chiarire meglio questa differenza, sottile solo in apparenza, è bene ricordare che con sistema industriale si intende un insieme di procedure la cui funzione principale è la produzione di beni utili. Questo risulta separato dal sistema ambiente da confini fisici ben definiti ed è ad esso collegato grazie allo scambio di input e di output. In quest'ottica, l'ambiente non è solamente quello naturale definito dai principi dell'ecologia, ma è tutto ciò che sta all'esterno del sistema industriale considerato.

Secondo questa impostazione risulta chiaro, quindi, come gli input del sistema sono parametri rappresentativi dei problemi di risparmio delle risorse, mentre gli output riguardano le possibili criticità connesse ai fenomeni di inquinamento. Sulla base di queste considerazioni è possibile affermare che una LCA descrive il sistema ampliato che lo genera più che il singolo prodotto.

È necessario ricordare, poi, che il modello analogico del sistema oggetto di indagine in una LCA risulta sempre essere una semplificazione della realtà, poiché, come tutti i modelli scientifici rigorosi, non include una rappresentazione completa delle interazioni con l'ambiente.

È legittimo quindi sostenere che l'affermazione di questa tecnica come strumento strategico innovativo a livello industriale sia cominciata offrendo un valido metro di confronto tra diverse

produzioni, divenendo supporto d'immagine per i processi produttivi ad impatto ambientale più limitato.

La struttura moderna della LCA proposta dalla norma UNI EN ISO 14040/98 è sintetizzabile in quattro momenti principali:

- **definizione degli scopi e degli obiettivi (Goal and Scope Definition):** è la fase preliminare in cui sono specificati le finalità dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno e l'affidabilità dei dati, le assunzioni preliminari e i limiti;
- **analisi dell'inventario (Life Cycle Inventory Analysis):** è la parte del lavoro dedicata allo studio del ciclo di vita del processo o dell'attività. Lo scopo principale di questa parte applicativa del metodo è quello di ricostruire la via attraverso cui il fluire dell'energia e dei materiali permette il funzionamento del sistema produttivo in esame attraverso tutti i processi di trasformazione e trasporto;
- **analisi degli impatti (Life Cycle Impact Assessment):** è lo studio dell'impatto ambientale provocato dallo specifico processo, con lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni generate a seguito dei consumi di risorse e dei possibili rilasci nell'ambiente. È questa la fase in cui si produce il passaggio dal dato oggettivo calcolato durante la fase di inventario al giudizio di pericolosità ambientale;
- **interpretazione e miglioramento (Life Cycle Interpretation):** è la parte conclusiva di una LCA, che ha lo scopo di proporre i cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale dei processi o attività considerati, valutandoli in maniera iterativa con la stessa metodologia LCA in modo da non attuare azioni peggiorative dello stato di fatto.

Questi diversi momenti di analisi costituiscono il punto di riferimento per gli interventi su un processo di produzione esistente o per il progetto di un nuovo prodotto. Risulta evidente che questo tipo di approccio metodologico è per sua natura di tipo dinamico ed iterativo e, quindi, è facile intuire come la parte fondamentale dell'analisi sia costituita dalla disponibilità e dalla affidabilità dei dati e delle informazioni necessarie allo sviluppo dei calcoli. Spesso nel corso dell'analisi, con l'aumentare del grado di approfondimento della stessa, nuovi dati potrebbero sostituire o aggiornare i vecchi, richiedendo la revisione generale dei calcoli stessi.

Occorre, infine, ricordare che tutte le applicazioni LCA possono essere considerate in qualche modo "semplificate" in quanto ipotesi e assunzioni di lavoro tendono per loro natura a trascurare parti di sistema reale, coerentemente con quanto stabilito negli obiettivi del lavoro e con le risorse disponibili.

A causa della complessità intrinseca dei sistemi reali oppure per ragioni di convenienza non viene mai riprodotto un sistema nella sua interezza. A questo proposito va osservato che, data la gran mole di dati necessari per soddisfare le esigenze di ciclicità dell'analisi, è indispensabile utilizzare gli strumenti di supporto messi a disposizione degli operatori di settore.

Gli specifici modelli informatici di analisi e le banche dati presenti attualmente sul mercato costituiscono, quindi, parte integrante della strumentazione necessaria per affrontare in modo corretto ed efficace un'analisi di tipo LCA. A livello nazionale, dopo l'esperienza di ANPA²⁹ (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) con la realizzazione della Banca Dati Italiana I-LCA³⁰, pubblicata nel 2000 nell'ambito delle attività dell'Unità per la Qualità Ecologica dei Prodotti, è da rilevare un'intensa attività svolta sia a livello aziendale sia nell'ambito di progetti di ricerca finanziati in gran parte dalla Commissione Europea.

Anche se risulta essere tra i settori dove l'utilizzo della LCA trova ancora grandi difficoltà nell'affermarsi, quello delle costruzioni rimane tra i campi di applicazione potenzialmente più interessati da questo approccio metodologico.

In edilizia, infatti, questo metodo riguarda i caratteri di prestazione ambientale dei prodotti utilizzati nella realizzazione degli edifici che, per questo, concorrono alla qualità globale dell'intero sistema. Questo processo di certificazione costituisce un approccio sistemico alla stima del grado di sostenibilità delle costruzioni ed è attualmente su base volontaria. La Dichiarazione Ambientale di Prodotto³¹ (EPD), ad esempio, offre al progettista la possibilità di comparazione tra i caratteri specifici di ogni materiale in ottica energetico-ambientale.

All'interno dei Paesi dell'Unione Europea, infatti, ha subito negli ultimi anni una notevole crescita l'attenzione rivolta verso le etichette e le dichiarazioni di prodotto, di natura sia obbligatoria che volontaria. Quando di natura obbligatoria, l'informazione riguarda nella maggior parte dei casi aspetti connessi con la salute e la sicurezza dell'uomo. Il contenuto delle informazioni richieste o le imposizioni su determinate tecniche di produzione si sono estesi dalle caratteristiche di sicurezza agli aspetti ambientali. Si è, quindi, assistito alla nascita di meccanismi volontari mirati all'incentivazione ed al coinvolgimento degli attori economici e sociali nelle dinamiche di miglioramento delle prestazioni ambientali dei prodotti.

Obiettivo comune di tutti i marchi ecologici è quello di incoraggiare la domanda per la fornitura di prodotti caratterizzati da un minore impatto ambientale durante il loro ciclo di vita utile.

La trasposizione dei concetti fondamentali del

metodo di valutazione LCA è rappresentata all'interno del settore edilizio dalla disciplina del Life Cycle Design (LCD) che propone nuovi sviluppi nella ricerca del migliore grado di eco-efficienza dei prodotti utilizzati nella definizione del "sistema edificio".

Il nucleo fondamentale di un approccio di tipo Life Cycle Design è costituito proprio dalla metodologia LCA in quanto è proprio attraverso l'utilizzo di tale strumento di valutazione che si possono estrarre i dati e le informazioni necessarie a creare i modelli analogici della realtà a supporto delle scelte proprie della fase di progettazione. Recentemente, per il progetto di grandi opere di ingegneria civile, è stato testato e verificato il potenziale della LCA nel definire le conseguenze ambientali legate alla scelta dei materiali, delle tecniche costruttive e delle modalità di esercizio per arrivare, poi, alla previsione delle modalità di demolizione ed eventuale destinazione dei materiali a fine vita. L'obiettivo è stato quello di indirizzare le scelte di progetto mediante una valutazione integrale delle prestazioni dei materiali, delle tecniche costruttive e delle tipologie degli impianti di servizio che, a livello generale e non di singolo componente, consentano i più bassi consumi possibili di risorse e la minore generazione di emissioni e rifiuti.

Un aspetto rilevante dell'applicazione di questa metodica è pertanto quello di consentire il confronto, già in fase di progetto preliminare, tra diverse soluzioni, mettendo in evidenza le caratteristiche ambientali positive e negative di ognuna di queste. Mediante analisi di tipo iterativo, si può valutare l'efficacia in termini di miglioramento, rendendo questa analisi uno strumento sempre aggiornabile in modo flessibile per rispondere a proposte di ulteriori cambiamenti.

A questo proposito è necessario mettere in evidenza la complessità del tipo di approccio e, come principale conseguenza, una delle criticità del sistema rappresentata dalla necessità di affidabilità delle informazioni di base normalmente utilizzate da chi compila studi LCA, con particolare riferimento alle banche dati presenti sul mercato.

In considerazione, infatti, della sua importanza ai fini dell'attendibilità di un'indagine LCA, l'accertamento dell'affidabilità dei dati raccolti durante la fase d'inventario costituisce un'importante elemento discriminante dell'efficacia e dell'applicabilità del sistema di valutazione stesso. Poiché i vari settori produttivi, molto numerosi e profondamente diversi tra loro, comportano una grande varietà nei dati utilizzati in inventario, è necessario da parte dell'operatore adottare ogni accorgimento per rendere lo studio il più possibile affidabile.

Per molti dei processi produttivi di materiali e componenti comunemente utilizzati in edilizia la maggior parte delle informazioni di dettaglio può essere tratta dalla letteratura tecnica di settore, ma è comunque necessario porre la dovuta attenzione all'origine delle fonti considerate. In questa fase devono essere perseguiti i seguenti obiettivi:

- determinare il grado di dettaglio cui arriva la struttura di misurazione dell'impianto, poiché da questo dipende il dettaglio a cui può essere spinta l'intera analisi;
- verificare che il diagramma di flusso di simulazione delle operazioni di produzione corrisponda al processo reale.

Il problema principale consiste, quindi, nell'impostare una approssimazione corretta ed efficace. Come per ogni modello operativo la sua qualità non dipenderà soltanto dalla completezza della rappresentazione, ma soprattutto dalla presenza in esso di tutte le componenti effettivamente significative dello specifico caso di studio.

L'utilizzo di dati ricavati dalla letteratura o da banche dati appositamente predisposte, quindi, comporta sempre il controllo e il riferimento alla fonte utilizzata, alla data di pubblicazione e a tutti gli elementi che ne permettano una gestione trasparente e riproducibile anche in conformità a quanto prescritto dalla normativa. Sul mercato esistono diverse opportunità di acquisto e di utilizzo gratuito di dati ed informazioni utili all'applicazione della metodologia LCA. A questo proposito è importante ricordare come sia sempre l'operatore ad essere l'unico responsabile delle scelte fatte e, per questo, deve essere in grado di giustificarle in qualsiasi momento. Dal punto di vista dell'utilizzatore, quindi, riveste grande importanza la possibilità di accedere alle modalità di costruzione del sistema ed in particolare del modello analogico utilizzato per determinare la rappresentatività dei dati. In conclusione è possibile rimarcare il fatto che, con lo scopo di limitare eventuali errori interpretativi, la maggior parte delle banche dati a disposizione degli operatori di settore permette di ottenere un grado di dettaglio molto elevato che consente la scelta delle informazioni che meglio si adattano al contesto applicativo, ma che tuttavia comportano l'aumento del grado di complessità nel loro effettivo utilizzo.

Facendo seguito a queste considerazioni, il terzo indicatore sintetico si riferisce ai caratteri relativi al ciclo di vita utile dei materiali che compongono una possibile stratigrafia d'involucro sulla base dell'integrazione dei caratteri energetici con quelli ambientali. In considerazione di quanto esposto in precedenza, con particolare riferimento all'importanza dell'affidabilità dei dati e delle informazioni da utilizzare all'interno dell'analisi, si ritiene opportuno in questa fase

della ricerca posticipare la definizione di possibili sottoindicatori da utilizzare per implementare questa parte dello strumento di valutazione. Allo stato attuale si sta assistendo a grandi sforzi scientifici di ricerca per la definizione di banche dati universalmente referenziate e condivise in grado di rappresentare il maggior numero di fattori coinvolti in modo oggettivo ed attendibile.

Si prevede, quindi, la possibilità di inserire comunque l'indicatore sintetico C nella taratura pesata delle principali componenti costituenti la costruzione del modello applicativo, fondato sull'utilizzo di banche dati già presenti e comunemente adottate all'interno del contesto operativo italiano. Questo consente di inserire in modo semplice e flessibile le informazioni relative a questo parametro di valutazione anche in futuro. In particolare si potrebbe fare riferimento, come descritto in precedenza, all'attuale sviluppo di processi di certificazione su base volontaria di alcune delle principali categorie di prodotto utilizzate correntemente nella pratica costruttiva edilizia che, nel breve periodo, dovrebbero condurre alla disponibilità di una grande quantità di dati referenziati utili proprio ad applicazioni di carattere diffuso di questo tipo di approccio metodologico.

IL SISTEMA DI PESATURA E DI ASSEGNAZIONE DEI PUNTEGGI

Come già espresso in precedenza l'obiettivo finale della ricerca consiste nella possibilità di definire uno strumento di valutazione comparativa di differenti ipotesi costruttive riferite all'involucro edilizio di edifici residenziali con la possibilità di esprimere i risultati analitici ottenuti dall'applicazione delle relazioni di calcolo matematico attraverso l'utilizzo di parametri numerici equivalenti atti a rappresentare quantitativamente i caratteri prestazionali del sistema considerato.

L'utilizzo del metodo degli indicatori sintetici, come visto, permette di normalizzare i risultati ottenuti elaborandoli per ottenere in modo preliminare una valutazione immediata del grado di sostenibilità delle diverse proposte progettuali.

In letteratura sono proposti numerosi metodi di normalizzazione dei risultati che vengono aggregati sulla base di speciali categorie di parametri utilizzati per esplicitare i vari campi di indagine considerati.

I profili finali ottenuti risultano, quindi, oggettivi, sintetici e particolarmente adatti ad operazioni di confronto tra i differenti componenti costruttivi. Tuttavia il fatto che alcuni metodi di normalizzazione risultino spesso artificiosi e difficilmente riconducibili ad ipotesi affidabili, costituisce una delle principali criticità che caratte-

rizzano questo genere di operazioni, riducendone le possibilità applicative e l'oggettività interpretativa. Spesso, infatti, le metodologie di normalizzazione e di pesatura dei risultati sono fondate su approcci di tipo politico o etico e, quindi, non sempre legate a principi di carattere scientifico.

Vengono di seguito riportate le modalità applicate nella definizione del sistema di pesatura utilizzato nella normalizzazione del grado di sostenibilità edilizia [R] della soluzione progettuale considerata in un unico parametro finale rappresentativo dei risultati parziali [r] dei tre indicatori introdotti all'interno dello strumento di valutazione TEC.

L'assegnazione dei valori di pesatura [p] espressi in percentuale sono stati definiti sulla base dei principali riferimenti bibliografici e normativi consultati oppure sulla interpretazione dei risultati ottenuti da soluzioni progettuali campione utilizzate come test di verifica e taratura dello strumento di valutazione stesso.

In particolare si ritiene opportuna l'individuazione di valori di pesatura in grado di incentivare la scelta di soluzioni costruttive di elevata qualità prestazionale attraverso una minima riduzione dell'incidenza percentuale dei valori legati ai costi che, come visto, potrebbero subire un leggero aumento proporzionale al crescere delle caratteristiche tecniche dei componenti. Il valore rappresentativo del *grado di sostenibilità edilizia* della soluzione considerata viene normalizzato su base 100 per consentire una più agevole lettura interpretativa da parte dell'operatore. Nel caso dei sottoindicatori, invece, il sistema di pesatura ipotizzato permette di ricavare, come risultati dell'analisi, i valori rappresentativi dei caratteri prestazionali delle soluzioni progettuali considerate in punteggi normalizzati aggregabili su scala matematica.

SISTEMA DI PESATURA DEGLI INDICATORI SINTETICI					
INDICATORI SINTETICI			r	p	R
T	T ₁	comp. termoisolante [RI]	R _{T1}	R _T	40%
	T ₂	comp. termoisolante [RE]	R _{T2}		
	T ₃	comportamento acustico	R _{T3}		
	T ₄	verifica della condensazione	R _{T4}		
E	E ₁	costi di costruzione	R _{E1}	R _E	30%
	E ₂	consumi energetici	R _{E2}		
C	parametri energetico-ambientali		R _C	30%	

In particolare il valore di calcolo [V_C] ottenuto per ciascun sottoindicatore in relazione alle caratteristiche degli specifici materiali utilizzati nella composizione della stratigrafia progettuale è stato valutato in funzione di limiti di variabilità ricavati in funzione di particolari valori di riferimento standard [V_{ST}] tratti dall'applicazione di prescrizioni normative o di regole di buona pratica costruttiva. La som-

matoria dei punteggi assegnati in funzione dei diversi valori di calcolo permette di ottenere come risultato parziale il valore prestazionale della soluzione progettuale considerata. Tali risultati parziali, in questa fase rappresentativi dei soli caratteri tecnico-prestazionali ed economici, sono normalizzati su base 10 per restituire al progettista un criterio di valutazione immediato e di facile interpretazione. I punteggi sono assegnati su scala crescente in funzione dell'aumento della qualità prestazionale dell'ipotesi progettuale. In particolare il valore del punteggio finale pari a 1 indica che la soluzione considerata rispetta in modo prossimo al limite inferiore di conformità le prescrizioni normative e le regole di buona pratica costruttiva. Facendo seguito a queste considerazioni, è possibile riportare di seguito le tabelle relative al sistema di valutazione e di pesatura dei valori di calcolo ottenuti per ciascun sottoindicatore con l'indicazione dei relativi punteggi.

In particolare si riportano le schede con i valori di soglia adottati nella valutazione ponderata dei risultati rappresentativi del grado di sostenibilità delle soluzioni considerate:

sottoindicatore T1 - comportamento termoisolante [regime invernale]		
limiti di variabilità di T ₁ = U [W/m ² K]		punteggio
V _C = T ₁ ≤ V _{ST} (01.01.2010)		3
V _{ST} (01.01.2008) < V _C = T ₁ ≤ V _{ST} (01.01.2010)		2
V _{ST} (01.01.2006) < V _C = T ₁ ≤ V _{ST} (01.01.2008)		1
V _C = T ₁ > V _{ST} (01.01.2006)		0

sottoindicatore T2 - comportamento termoisolante [regime estivo]		
limiti di variabilità di T ₂ = ψ [h]		punteggio
V _C = T ₂ ≥ V _{ST} + 8		3
V _{ST} + 4 ≤ V _C = T ₂ < V _{ST} + 8		2
V _{ST} ≤ V _C = T ₂ < V _{ST} + 4		1
V _C = T ₂ < V _{ST}		0

sottoindicatore T3 - comportamento acustico		
limiti di variabilità di T ₃ = R _w [dB]		punteggio
V _C = T ₃ ≥ V _{ST} + 10		2
V _{ST} ≤ V _C = T ₃ < V _{ST} + 10		1
V _C = T ₃ < V _{ST}		0

sottoindicatore T4 - verifica della condensazione		
limiti di variabilità di T ₄ = formazione condensa		punteggio
V _C = T ₄ = V _{ST} (NO)		2
V _C = T ₄ = V _{ST} (SI)		0

sottoindicatore E1 - costi di costruzione		
limiti di variabilità di E ₁ = C _{ce} [€/m ²]		punteggio
V _C = E ₁ ≤ V _{ST} + 15%		5
V _{ST} + 15% < V _C = E ₁ ≤ V _{ST} + 30%		3
V _{ST} + 30% < V _C = E ₁ ≤ V _{ST} + 50%		1
V _C = E ₁ > V _{ST} + 50%		0

sottoindicatore E2 - consumi energetici		
limiti di variabilità di E ₂ = C _{ce} [€/m ²]		punteggio
V _C = E ₂ ≤ V _{ST} (01.01.2010)		5
V _{ST} (01.01.2010) < V _C = E ₂ ≤ V _{ST} (01.01.2008)		3
V _{ST} (01.01.2008) < V _C = E ₂ ≤ V _{ST} (01.01.2006)		1
V _C = E ₂ > V _{ST} (01.01.2006)		0

Fig. 8: Sistema di valutazione dei diversi sottoindicatori in funzione dei limiti indicati dalla normativa vigente o di indicazioni ricavate da regole di buona pratica costruttiva.

MODALITÀ INTERPRETATIVE DEI RISULTATI

Al termine dell'applicazione dello strumento di valutazione preliminare a differenti soluzioni progettuali, scelte liberamente dal progettista in modo da essere il più possibile adeguate allo specifico contesto operativo, si rende necessaria una fase di analisi ed interpretazione dei risultati ottenuti. La possibilità di interazione tra diversi elementi costruttivi di involucro ne permette, come visto, una comparazione ponderata sulla base dei caratteri prestazionali dei materiali componenti la stratigrafia della soluzione stessa. L'operatore ha l'opportunità, quindi, di valutare in modo interpolato i principali fattori coinvolti in un'analisi di tipo prestazionale fondata sui principi propri della sostenibilità applicata al settore edilizio, con l'obiettivo di scegliere in modo autonomo, senza imposizioni manualistiche decontestualizzate, l'ipotesi che meglio risponde alle esigenze complessive dell'intervento.

Differenti rappresentazioni grafiche, sia alla scala del singolo indicatore che a quella di interpolazione ponderata di tutti i risultati, possono restituire in modo facile ed immediato all'operatore la comparazione finale tra le diverse possibilità progettuali anche attraverso la definizione di un limite inferiore di conformità che deve essere osservato per poter ottenere realizzazioni costruttive in grado di unire a particolari caratteri di elevata qualità in ottica di sostenibilità edilizia anche la capacità di rispondere in modo completo alle prescrizioni normative vigenti sempre più vincolanti ed esigenti dal punto di vista prestazionale.

Si riportano di seguito due diverse possibilità di interpretazione grafica dei risultati dell'analisi in grado di orientare la scelta del progettista verso la soluzione costruttiva che risponde in modo ottimale alle condizioni dello specifico ambito realizzativo.

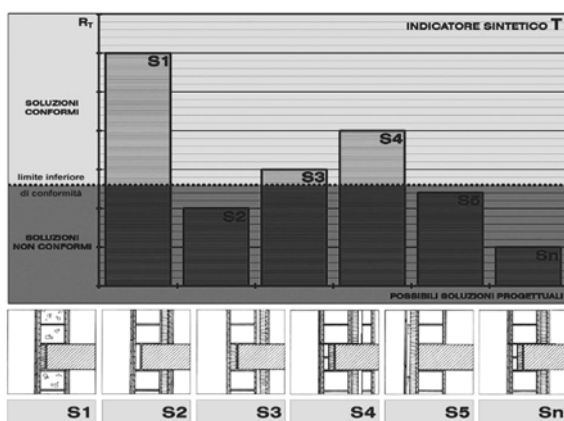


Fig. 9: Comparazione grafica tra sei possibili soluzioni progettuali sulla base del risultato finale ottenuto dall'indicatore sintetico T.

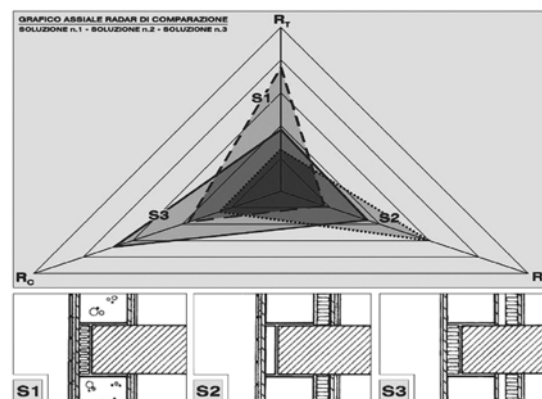


Fig. 10: Rappresentazione dei risultati attraverso un grafico assiale radar che permette di scegliere in modo ponderato una soluzione progettuale in funzione di uno specifico parametro, ma con la possibilità di valutare contestualmente anche i risultati ottenuti dagli altri due indicatori sintetici.

IL MODELLO INFORMATICO TEC

Come è noto la progettazione architettonica è processo iterativo costituito dall'individuazione di problematiche, dalla generazione di idee e dalla valutazione previsionale delle prestazioni dell'oggetto finale una volta realizzato.

Spesso, previsioni non accurate possono condurre ad edifici che forniscono una risposta peggiore di quanto atteso nel soddisfacimento delle esigenze generatrici delle ipotesi progettuali³².

L'analisi preliminare del livello di performance finale può essere svolta attraverso l'utilizzo di specifici codici di conformità, quali normative tecniche e manuali di progettazione, ma anche attraverso lo sviluppo e l'impiego di modelli che sono in grado di riprodurre in modo quantitativo un sistema reale, ricostruendone virtualmente le caratteristiche principali con lo scopo di simulare il comportamento dopo la sua completa realizzazione. In particolare, questi modelli vengono elaborati attraverso specifici motori di calcolo capaci di interpolare in modo aritmetico tutte le informazioni necessarie alla stima del livello di qualità finale del manufatto edilizio.

Recenti studi di ricerca hanno dimostrato come l'adozione di strumenti di simulazione virtuale durante la fase metaprogettuale permetta di condurre alla progettazione di edifici con alti livelli di performance energetica, consentendo di soddisfare tutti i requisiti di conformità previsti dalle normative e contemporaneamente di ridurre gli oneri economici coinvolti all'interno dell'intero processo.

La necessità di valutare in modo preliminare la prestazione finale degli edifici durante la fase progettuale nacque con la crisi energetica degli anni Settanta. Proprio in quegli anni università

ed istituti di ricerca iniziarono a sviluppare strumenti di simulazione per stimare a priori i crescenti consumi di risorse causati dal settore delle costruzioni. Questi studi, tuttora in corso di sviluppo, hanno prodotto e continuano a produrre differenti dispositivi informatici caratterizzati da differenti capacità di modellazione in funzione dell'accuratezza nella previsione della performance finale. Alcuni di questi strumenti focalizzano la loro attenzione sul comportamento energetico globale dell'edificio, altri su prestazioni specifiche quali la ventilazione e i flussi d'aria naturali oppure sull'illuminamento, altri ancora su componenti specifici dell'involucro come gli infissi e gli elementi trasparenti.

Durante gli anni Ottanta tali modelli virtuali erano utilizzati da parte di ricercatori e consulenti specializzati per lo sviluppo di codici e di standard di conformità, oppure per la progettazione di edifici molto complessi o di particolare interesse pubblico.

In quegli anni, in quasi tutti i settori coinvolti all'interno del processo edilizio, si è assistito alla sempre maggiore diffusione dell'uso di calcolatori nello svolgimento dell'attività lavorativa quotidiana, con il conseguente affinamento degli strumenti di modellazione adottati da un numero sempre maggiore di progettisti, in particolare per la progettazione grafica e le relative valutazioni economiche.

Gli anni Novanta furono, quindi, caratterizzati da un crescente sviluppo di strumenti molto accurati sotto il profilo previsionale e da un notevole miglioramento delle loro capacità modellative, sempre più adattabili a tutte le possibili configurazioni operative dello specifico campo di intervento.

Il processo di implementazione e miglioramento dei modelli esistenti e l'introduzione di nuovi software a disposizione degli operatori è continuato fino ad oggi con lo scopo di affinare sempre più l'interfaccia fra utente e calcolatore, facilitando la compilazione dei dati di input e la lettura dei risultati finali.

Tutti questi sforzi, tuttavia, stanno riscuotendo un successo solo marginale per la presenza di ostacoli di tipo tecnico e socio-politico. A causa del ritardo normativo che ha caratterizzato questi ultimi anni, questo tipo di approccio è applicato solamente da una ridotta frazione di operatori del settore edilizio e, spesso, dopo che la fase progettuale è già stata completata. In questi casi gli apporti migliorativi che possono scaturire dall'utilizzo degli strumenti di simulazione sono solo marginali e non contribuiscono in modo significativo all'aumento generale delle prestazioni. È necessario ricordare, infine, come un uso affidabile ed efficace di questi modelli richieda la padronanza e la conoscenza di tutte le assunzioni di base utilizzate per rendere

operabile lo strumento stesso. La complessità del campo d'indagine ha condotto alla definizione di strumenti molto complicati che richiedono conoscenze tecniche specifiche e notevoli sforzi computazionali per la definizione preliminare di tutti i dati di input necessari all'effettiva implementazione dell'analisi.

La volontà di rendere facilmente applicabile in modo diffuso un'analisi di tipo energetico-ambientale nella definizione di soluzioni costruttive per edifici a destinazione residenziale, ha condotto alla definizione di un modello informatico molto semplice in grado di simulare virtualmente le principali caratteristiche prestazionali connesse con la stratigrafia degli elementi d'involucro utilizzati per restituire, come risultato finale dell'analisi, il grado di sostenibilità edilizia dell'ipotesi progettuale considerata.

Lo strumento, denominato **TEC** in relazione alla possibilità di valutare contemporaneamente parametri connessi alle caratteristiche tecnico-prestazionali, economiche e legate al ciclo di vita utile dei materiali componenti, è stato realizzato sulla base del software Excel che può essere utilizzato dalla maggior parte degli operatori, senza richiedere specifiche conoscenze tecniche. Il foglio di calcolo relativo ai dati di input presenta un'interfaccia *user friendly* con la richiesta d'inserimento di pochissimi dati di input relativi alle caratteristiche geometriche e fisiche dei materiali utilizzati nella definizione della stratigrafia della specifica soluzione progettuale definita in modo autonomo dall'operatore. Facendo riferimento a quanto esposto nei paragrafi precedenti, il modello virtuale permette di ottenere istantaneamente, una volta definita la successione di tutti gli strati, i valori relativi a tutti gli indicatori considerati nell'analisi, fino a pervenire al valore finale del grado di sostenibilità edilizia della soluzione considerata.

S03 CHIUSURE VERTICALI		T				E		C
STRATO	DESCRIZIONE	TIPO	VALORE	UNITA'	VALORE	UNITA'	VALORE	UNITA'
1	INFISSO	1	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
2	INFISSO	2	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
3	INFISSO	3	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
4	INFISSO	4	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
5	INFISSO	5	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
6	INFISSO	6	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
7	INFISSO	7	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
8	INFISSO	8	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
9	INFISSO	9	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
10	INFISSO	10	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
11	INFISSO	11	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
12	INFISSO	12	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
13	INFISSO	13	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
14	INFISSO	14	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
15	INFISSO	15	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
16	INFISSO	16	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
17	INFISSO	17	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
18	INFISSO	18	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
19	INFISSO	19	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
20	INFISSO	20	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
21	INFISSO	21	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
22	INFISSO	22	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
23	INFISSO	23	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
24	INFISSO	24	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
25	INFISSO	25	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
26	INFISSO	26	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
27	INFISSO	27	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
28	INFISSO	28	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
29	INFISSO	29	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
30	INFISSO	30	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
31	INFISSO	31	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
32	INFISSO	32	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
33	INFISSO	33	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
34	INFISSO	34	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
35	INFISSO	35	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
36	INFISSO	36	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
37	INFISSO	37	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
38	INFISSO	38	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
39	INFISSO	39	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
40	INFISSO	40	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
41	INFISSO	41	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
42	INFISSO	42	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
43	INFISSO	43	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
44	INFISSO	44	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
45	INFISSO	45	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
46	INFISSO	46	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
47	INFISSO	47	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
48	INFISSO	48	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
49	INFISSO	49	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
50	INFISSO	50	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
51	INFISSO	51	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
52	INFISSO	52	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
53	INFISSO	53	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
54	INFISSO	54	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
55	INFISSO	55	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
56	INFISSO	56	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
57	INFISSO	57	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
58	INFISSO	58	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
59	INFISSO	59	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
60	INFISSO	60	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
61	INFISSO	61	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
62	INFISSO	62	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
63	INFISSO	63	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
64	INFISSO	64	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
65	INFISSO	65	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
66	INFISSO	66	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
67	INFISSO	67	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
68	INFISSO	68	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
69	INFISSO	69	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
70	INFISSO	70	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
71	INFISSO	71	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
72	INFISSO	72	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
73	INFISSO	73	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
74	INFISSO	74	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
75	INFISSO	75	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
76	INFISSO	76	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
77	INFISSO	77	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
78	INFISSO	78	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
79	INFISSO	79	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
80	INFISSO	80	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
81	INFISSO	81	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
82	INFISSO	82	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
83	INFISSO	83	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
84	INFISSO	84	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
85	INFISSO	85	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
86	INFISSO	86	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
87	INFISSO	87	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
88	INFISSO	88	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
89	INFISSO	89	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
90	INFISSO	90	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
91	INFISSO	91	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
92	INFISSO	92	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
93	INFISSO	93	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
94	INFISSO	94	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
95	INFISSO	95	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
96	INFISSO	96	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
97	INFISSO	97	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
98	INFISSO	98	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
99	INFISSO	99	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²
100	INFISSO	100	0.10	m²	0.10	m²	0.10	m²

Fig. 11: Foglio di input del modello informatico TEC con i dati relativi alla soluzione progettuale considerata necessari per la valutazione del grado di sostenibilità edilizia dello specifico elemento costruttivo.

La possibilità di attingere tutte le informazioni di input da una banca dati contenente le caratteristiche prestazionali della maggior parte dei materiali utilizzati comunemente in edilizia attraverso il semplice impiego interattivo di menù a tendine, rende ancora più semplici le modalità di analisi comparativa di differenti soluzioni. All'operatore resta solo il compito di inserire gli spessori relativi agli specifici componenti utilizzati. Il foglio di output permette una semplice e veloce comparazione dei risultati finali dell'analisi ottenuti da ciascuna soluzione, con indicazione dell'eventuale non conformità a specifiche prescrizioni normative.

L'interpretazione grafica consente, poi, l'immediata percezione del grado di sostenibilità edilizia di ognuna delle ipotesi progettuali.

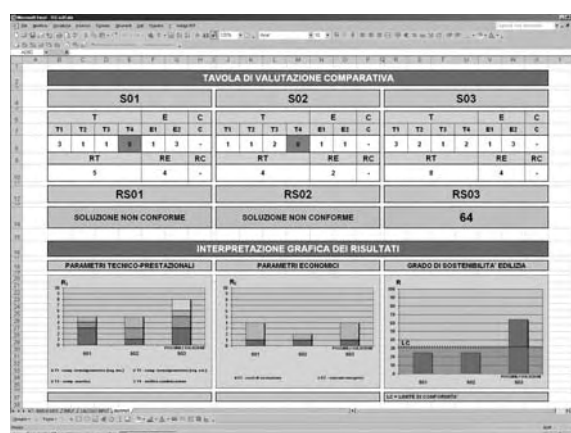


Fig. 12: Foglio di output del modello informatico TEC con valutazione comparativa di differenti soluzioni in funzione del rispettivo grado di sostenibilità edilizia e della eventuale non conformità a prescrizioni normative ed interpretazione grafica dei risultati finali dell'analisi.

Applicazione dello strumento

L'INVOLUCRO EDILIZIO

I campi operativi a disposizione dei tecnici di settore per garantire le condizioni di risparmio energetico unitamente all'aumento del comfort abitativo al variare dei parametri climatici sono riconducibili a due categorie fondamentali che coinvolgono sia la fase progettuale che quella realizzativa: quella degli elementi costruttivi che separano l'ambiente esterno da quello interno e quella degli impianti tecnologici. In particolare, il fine di una progettazione corretta dal punto di vista prestazionale può essere ricondotto ad una giusta sinergia tra gli uni e gli altri.

L'involucro degli edifici è il sottosistema che presenta contemporaneamente i livelli

massimi di complessità strutturale e funzionale, dovuti al grande numero di variabili che concorrono a definire ed esplicitare esigenze spesso anche molto eterogenee fra loro attraverso l'adozione di soluzioni tecniche e formali che devono far convergere tutti i parametri considerati verso l'equilibrio finale dell'intero sistema.

Questa complessità, soprattutto funzionale, consiglia di perseguire obiettivi di sintesi tra requisiti iniziali e prestazioni finali che potrebbero manifestarsi in modo molto differente in funzione di parametri contestuali, quali la località d'intervento e la destinazione d'uso del manufatto edilizio considerato.

All'interno del settore delle costruzioni, quindi, l'importanza dell'involucro è sicuramente destinata a svilupparsi nel prossimo futuro proprio per la crescente richiesta di qualità prestazionale degli edifici, connessa alla sua funzione di mediazione e sintesi tra caratteri formali e parametri di efficienza tecnologica dell'organismo edilizio³³.

Proprio per le sue caratteristiche funzionali e per il fatto che costituisce l'effettiva superficie di frontiera tra interno ed esterno, l'involucro è considerato da progettisti, impiantisti e tecnici energetici l'elemento fisico di controllo degli scambi termici, acustici ed ambientali in genere dell'edificio.

L'involucro edilizio può, quindi, concepirsi come una specie di trasformatore: su una faccia agiscono un certo numero di fenomeni riferiti al clima, sull'altra tali azioni si trasferiscono all'interno più o meno modificate in funzione della natura della chiusura considerata e delle condizioni imposte dallo specifico contesto di intervento.

Le caratteristiche prestazionali riferite all'involucro di un edificio dovrebbero, quindi, permettere di controllare le seguenti condizioni termo-igrometriche con lo scopo di assicurare la necessaria qualità abitativa interna:

- ottimizzazione della riduzione degli scambi di calore tra l'interno e l'esterno;
- smorzamento e sfasamento delle variazioni di temperatura dovute all'irraggiamento solare attraverso il controllo dell'inerzia termica dell'elemento costruttivo opaco;
- mantenimento dell'equilibrio igrometrico tra interno ed esterno attraverso il controllo delle caratteristiche di permeabilità al vapore dei materiali componenti la stratigrafia della soluzione tecnica;
- mantenimento delle temperature radianti della superficie interna delle chiusure su valori accettabili per le persone che utilizzano gli ambienti.

Queste caratteristiche prestazionali sarebbero relativamente facili da ottenere se fosse possibile utilizzare come superficie di separazione tra lo spazio interno e quello esterno un guscio continuo ed omogeneo, costituito da materiali aventi caratteristiche termo-igrometriche perfettamente adiabatiche e, quindi, capaci di impedire qualsiasi flusso di calore attraverso gli elementi d'involucro.

La chiusura reale presenta, tuttavia, numerosi elementi di discontinuità e disomogeneità termica. Alcuni sono rappresentati in modo evidente dalle aperture, altri si possono rilevare attraverso un attento esame delle scelte progettuali di dettaglio relative al tipo di schema costruttivo adottato ed alla stratigrafia dei materiali previsti.

A questo proposito si deve sottolineare che, mentre l'inserimento di finestre e porte, pur costituendo un punto debole nella definizione della qualità prestazionale dell'intero involucro, trova una giustificazione nella rispondenza ad esigenze di carattere abitativo quali la ventilazione e l'illuminazione naturali, possibili difetti nella protezione termo-igrometrica dell'edificio costituiscono veri e propri errori progettuali e costruttivi.

In questo senso uno dei più frequenti difetti riscontrati nella progettazione e nella realizzazione degli edifici è rappresentato da punti di discontinuità termica in corrispondenza di un nodo tra elementi aventi differenti coefficienti di trasmissione del calore. In particolare le connessioni tra elementi strutturali e componenti di involucro, se non adeguatamente controllate, potrebbero provocare modifiche al flusso termico monodimensionale all'interno della chiusura, dando origine a situazioni critiche comunemente indicate con il termine di *ponti termici*.

Le principali conseguenze prodotte dalla presenza di ponti termici in un sistema d'involucro consistono nella diminuzione della temperatura radiante interna in corrispondenza del punto di discontinuità e il corrispondente aumento del flusso termico. In particolare, se motivazioni costruttive e strutturali comportano disomogeneità di comportamento termico all'interno degli elementi di chiusura, occorre comunque garantire sempre che la temperatura superficiale interna, in corrispondenza di un nodo critico, non scenda al di sotto della temperatura di rugiada dell'aria per evitare, come già visto, fenomeni di condensazione. Un'efficace correzione a questo genere di errore consiste nell'isolare termicamente questi punti di discontinuità, riducendo il più possibile il flusso di calore in corrispondenza del ponte termico³⁴.

Il calcolo del flusso di calore attraverso il ponte termico può essere effettuato con la procedura proposta dalla stessa norma tecnica di riferi-

mento che introduce il coefficiente di trasmissione lineica. Determinato il valore di tale coefficiente in funzione delle caratteristiche dello specifico ponte termico, è possibile calcolare il valore del flusso termico moltiplicando tale coefficiente per lo sviluppo lineare del ponte termico stesso.

Facendo riferimento, infine, al benessere abitativo per gli occupanti in relazione alla temperatura media radiante è possibile affermare che questa condizione risulta verificata quando i valori della temperatura sono uguali o superiori a quelli dell'aria, anche in relazione alle caratteristiche dell'abbigliamento e per determinati valori della velocità dell'aria interna³⁵. Tecnicamente questa condizione si traduce nella necessità di una severa protezione termica della chiusura che deve essere molto ben isolata, priva di ponti termici nelle sue parti opache e dotata di vetri con caratteristiche di alta qualità prestazionale nelle sue parti trasparenti. Tuttavia, come precedentemente illustrato, non è solo il benessere degli occupanti che risente in modo negativo di un abbassamento della temperatura interna ammessa; contemporaneamente, infatti, si abbassa anche la temperatura della faccia interna delle pareti esterne. In determinati casi questa può scendere al di sotto della temperatura di condensazione dell'umidità presente nell'aria dell'ambiente interno (ossia al di sotto del punto di rugiada). Ciò accade, per esempio, quando la temperatura esterna scende ai suoi valori minimi (inferiori a 0 °C) e, nel contempo, l'umidità relativa negli ambienti sale ai suoi valori massimi, per effetto della presenza delle persone, della produzione di vapore dovuta all'uso dei servizi igienici ed alla cottura dei cibi, spesso unito ad un insufficiente grado di ventilazione per il ricambio dell'aria.

Le conseguenze possono essere gravi: nei punti più freddi delle pareti la presenza di umidità favorisce l'instaurarsi di colonie di muffe che si moltiplicano con grande rapidità, rendendo ant igienica e problematica l'utilizzazione dell'alloggio. Per evitare questi inconvenienti e per non incorrere nelle sanzioni previste delle leggi che disciplinano i consumi energetici, il progettista deve necessariamente scegliere con attenzione i materiali in funzione delle specifiche caratteristiche prestazionali ed il direttore dei lavori deve curarne la messa in opera a regola d'arte. Non si tratta di adottare tecniche nuove o di applicare concetti rivoluzionari, ma di porre, nell'assicurare il benessere e nel risparmiare energia, lo stesso impegno che si pone, ad esempio, nel dimensionamento statico dell'edificio.

LE CHIUSURE VERTICALI

Per formulare una corretta classificazione secondo un'analisi funzionale dei principali sistemi di chiusura verticale opaca utilizzati correntemente nella progettazione di edifici a destinazione residenziale, si ritiene utile l'introduzione di alcune definizioni preliminari³⁶ riguardanti i diversi livelli di approccio:

- *schema funzionale*: è la schematizzazione di un modello attraverso la descrizione del suo meccanismo di funzionamento rispetto a caratteri generali. All'interno di ogni sistema di chiusura si possono individuare diversi schemi funzionali;
- *soluzione conforme*: è la definizione, all'interno di un particolare schema funzionale, della sequenza di elementi o strati funzionali in grado di assicurare il corretto funzionamento della chiusura verticale nel suo complesso;
- *soluzione tecnologica*: è la traduzione di una particolare soluzione conforme, in un'ipotesi progettuale con indicazione dei materiali che ne compongono la stratigrafia in funzione dei requisiti ambientali e tecnologici relativi allo specifico ambito di intervento. Per ogni soluzione conforme si possono, quindi, individuare più soluzioni tecnologiche capaci di descriverne l'attuazione pratica al particolare contesto costruttivo.

La classificazione dei sistemi di chiusura verticale opaca deve, quindi, fondarsi su questi tre livelli di analisi partendo dalla definizione di precisi schemi funzionali connessi a variabili di tipo generale, passando per la determinazione di una matrice di possibili soluzioni conformi, per arrivare all'individuazione delle corrispondenti soluzioni tecnologiche.

L'articolazione degli schemi funzionali parte necessariamente dalla definizione del quadro esigenziale di riferimento specifico per gli edifici a destinazione residenziale che, come visto in precedenza, richiedono di una particolare attenzione nella individuazione di soluzioni tecnologiche capaci di soddisfare in modo il più possibile completo i corrispondenti requisiti tecnico-prestazionali.

Queste esigenze sono principalmente riconducibili alla necessità di risparmio energetico e controllo prestazionale dell'involucro edilizio uniti alla possibilità di aumentare il comfort abitativo interno.

Facendo seguito a queste premesse è possibile individuare quattro schemi funzionali principali:

- *chiusure monostrato*: sono essenzialmente costituite da un unico strato che assolve tutte le funzioni;

- *chiusure pluristrato con intercapedine*: sono costituite da una doppia stratificazione di elementi murari costituenti lo strato resistente e quello di tenuta tra loro separati da un'intercapedine d'aria. Completa, generalmente, il sistema uno strato di isolamento termo-acustico collocato generalmente in modo da occupare integralmente o parzialmente l'intercapedine d'aria stessa;
- *chiusure pluristrato con isolamento 'a cappotto'*: sono costituite da uno strato resistente che supporta uno strato di isolamento termo-acustico collocato sul lato esterno rispetto all'unità abitativa. In alcuni casi, legati essenzialmente a particolari interventi su edifici esistenti con facciate sottoposte a specifici vincoli architettonici, lo strato di isolamento potrebbe essere collocato anche sul lato interno;
- *chiusure pluristrato 'a facciata ventilata'*: sono costituite procedendo dall'interno verso l'esterno da uno strato resistente, uno strato di isolamento fissato a tale struttura, una lama d'aria per la ventilazione ed uno strato di tenuta avente funzione di finitura e protezione.

In tutti i casi sono da prevedere, dove necessari, strati di finitura interni ed esterni.

Sulla base dell'analisi dei principali schemi funzionali che vengono correntemente applicati alla progettazione ed alla esecuzione di chiusure verticali di edifici aventi destinazione d'uso residenziale, è possibile individuare alcune delle soluzioni conformi che più frequentemente sono utilizzate in ambito operativo, in modo da giungere, poi, alla definizione delle soluzioni tecnologiche che saranno utilizzate come base per i test di verifica e taratura dello strumento di valutazione.

Di seguito si riportano le schede tecniche relative alle soluzioni ritenute più comuni e diffusamente impiegate nel contesto operativo delle nuove costruzioni a destinazione d'uso residenziale. In particolare all'interno di queste schede verranno esplicitati e quantificati i principali parametri prestazionali che permetteranno di effettuarne una comparazione preliminare attraverso l'applicazione dello strumento di valutazione.

Queste ipotesi progettuali, per un totale di 12 differenti soluzioni tecnologiche, costituiscono la base dei dati che verranno utilizzati come input per l'applicazione di verifica dello strumento di valutazione comparativa TEC.

soluzioni tecnologiche utilizzate per l'applicazione dello strumento TEC

CODICE	SCHEMA FUNZIONALE	SOLUZIONE CONFORME	SOLUZIONE TECNOLOGICA
S01			
S02			
S03			
S04			
S05			
S06			
S07			
S08			
S09			
S10			
S11			
S012			

S01

1. intonaco di gesso
2. blocchi in laterizio alveolato
3. intonaco di calce e cemento

S02

1. intonaco di gesso
2. blocchi in cls cellulare espanso
3. intonaco di calce e cemento

S03

1. intonaco di gesso
2. blocchi in argilla espansa
3. intonaco di calce e cemento

S04

1. intonaco di gesso
2. mattoni forati in laterizio
3. intercapedine d'aria
4. isolante lana di roccia
5. mattoni semipieni
6. intonaco di calce e cemento

S05

1. intonaco di gesso
2. mattoni semipieni
3. isolante fibra di legno
4. mattoni pieni faccia a vista

S06

1. intonaco di gesso
2. blocchi pieni in argilla espansa
3. isolante in polistirene espanso
4. blocchi forati in argilla espansa
5. intonaco di calce e cemento

S07

1. intonaco di gesso
2. blocchi in laterizio alveolato
3. isolante lana di roccia
4. intonaco di calce e cemento

S08

1. intonaco di gesso
2. blocchi forati in argilla espansa
3. intonaco termoisolante

S09

1. intonaco di gesso
2. blocchi in cls cellulare espanso
3. isolante in polistirene espanso
4. intonaco di calce e cemento

S10

1. intonaco di gesso
2. blocchi in laterizio alveolato
3. isolante lana di roccia
4. intercapedine d'aria
5. lastre in alluminio

S11

1. intonaco di gesso
2. blocchi forati in argilla espansa
3. isolante in polistirene espanso
4. intercapedine d'aria
5. pannelli in cotto

S12

1. intonaco di gesso
2. blocchi in cls cellulare espanso
3. isolante fibra di legno
4. intercapedine d'aria
5. doghe in legno

CONTESTUALIZZAZIONE DEL CAMPO DI INDAGINE

Prima della effettiva applicazione strumento di valutazione preliminare alle soluzioni tecnologiche definite in precedenza occorre introdurre alcune indicazioni riguardanti la contestualizzazione del campo di indagine utilizzato come base per i dati di input.

La prima ipotesi di contorno è relativa alla destinazione funzionale degli edifici oggetto dell'analisi. In particolare si fa riferimento al settore residenziale³⁷ di nuova realizzazione proprio per le sue caratteristiche di diffusione sul territorio nazionale. Questa precisa scelta di campo permette, come vedremo, di fissare alcuni limiti di carattere normativo o di buona pratica costruttiva necessari per la esplicitazione degli intervalli di variabilità e dei relativi punteggi che permetteranno di ottenere come risultato dell'analisi il grado di sostenibilità edilizia della soluzione costruttiva di involucro considerata.

Per quanto riguarda, infine, la localizzazione geografica, si ipotizza che le soluzioni progettuali siano da applicare alla realizzazione di edifici residenziale all'interno del territorio comunale della città di Pavia. Per stabilire i dati necessari per il calcolo dei valori prestazionali si fa riferimento per la città di Pavia alla zona climatica E. Lo studio focalizza, infine, la sua attenzione sulle chiusure verticali opache che devono rispondere in termini prestazionali a specifiche prescrizioni normative, in modo particolare per quanto riguarda i requisiti termoigrometrici ed acustici. Facendo riferimento ai limiti funzionali e geografici sopra descritti si riportano di seguito due tabelle con i limiti imposti per i valori di trasmittanza termica U e di potere fonoisolante R_w nel caso si chiuse verticali opache inserite in edifici a destinazione residenziale sul territorio comunale della città di Pavia:

limiti della trasmittanza termica delle strutture opache verticali U [W/m^2K]			
zona	dal 1 gennaio 2006	dal 1 gennaio 2008	dal 1 gennaio 2010
E	0,46	0,37	0,34

tabella tratta dal D.Lgs. 311/06 ALL.C pt. 2.1

limiti del potere fonoisolante R_w delle facciate [db]	
categoria di ambienti abitativi	
edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili	40

tabella tratta dal D.P.C.M. 05/12/97 Art. 3 e ALL.A

Facendo seguito a queste considerazioni preliminari, è possibile contestualizzare le tabelle relative al sistema di valutazione e di pesatura dei risultati dell'analisi introdotte nel capitolo precedente al fine di arrivare alla assegnazione dei punteggi per le soluzioni di involucro inserite all'interno dello specifico quadro operativo preso a riferimento. In particolare si riportano le schede con i valori di soglia adottati nella valutazione ponderata dei risultati rappresentativi del grado di sostenibilità delle soluzioni considerate:

sottoindicatore T1 - comportamento termoigrometrico [regime invernale]	
limiti di variabilità di $T_1 = U$ [W/m^2K]	punteggio
$T_1 \leq 0,34$	3
$0,34 < T_1 \leq 0,37$	2
$0,37 < T_1 \leq 0,46$	1
$T_1 > 0,46$	0

sottoindicatore T2 - comportamento termoigrometrico [regime estivo]	
limiti di variabilità di $T_2 = \psi$ [h]	punteggio
$T_2 \geq 16$	3
$12 \leq T_2 < 16$	2
$8 \leq T_2 < 12$	1
$T_2 < 8$	0

sottoindicatore T3 - comportamento acustico	
limiti di variabilità di $T_3 = R_w$ [dB]	punteggio
$T_3 \geq 50$	2
$40 \leq T_3 < 50$	1
$T_3 < 40$	0

sottoindicatore T4 - verifica della condensazione	
limiti di variabilità di $T_4 =$ formazione condensa	punteggio
$T_4 = NO$	2
$T_4 = SI$	0

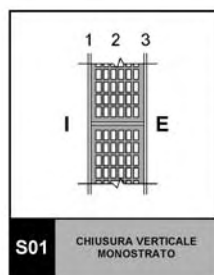
sottoindicatore E1 - costi di costruzione	
limiti di variabilità di $E_1 = C_{cc}$ [$\text{€}/m^2$]	punteggio
$E_1 \leq 115,00$	5
$115,00 < E_1 \leq 130,00$	3
$130,00 < E_1 \leq 150,00$	1
$E_1 > 150,00$	0

sottoindicatore E2 - consumi energetici	
limiti di variabilità di $E_2 = C_{oe}$ [$\text{€}/m^2$]	punteggio
$E_2 \leq 1,84$	5
$1,84 < E_2 \leq 2,00$	3
$2,00 < E_2 \leq 2,48$	1
$E_2 > 2,48$	0

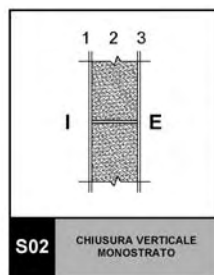
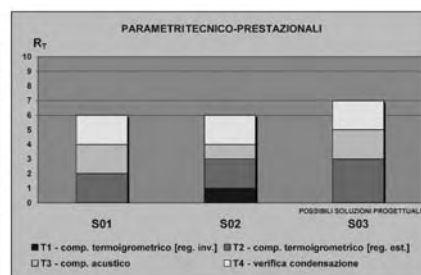
VALUTAZIONE COMPARATIVA CON TEC

L'applicazione dello strumento di valutazione in funzione delle ipotesi progettuali considerate e nel rispetto delle limitazioni prescritte dalla normativa di riferimento o da regole di buona pratica, risulta impostato su una serie di operazioni matematiche in grado di fornire risultati relativi alle qualità prestazionali della soluzione di involucro oggetto della comparazione. Per consentire una rapida valutazione comparativa, si riportano tabelle riepilogative dei risultati dell'analisi applicata alle 12 ipotesi costruttive con i relativi punteggi assegnati sulla base dei limiti di variabilità illustrati nel precedente paragrafo. Al fine del calcolo del risultato finale R , rappresentativo del grado di sostenibilità della soluzione progettuale ed interpretato in questa fase solamente in termini tecnico-prestazionali ed economici, si ritiene utile riportare di seguito la tabella con le modalità di pesatura introdotta nel precedente capitolo, aggiornandola in modo da rispondere alle considerazioni sopra espresse:

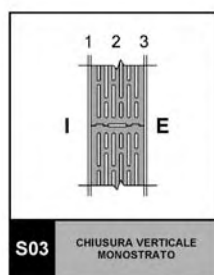
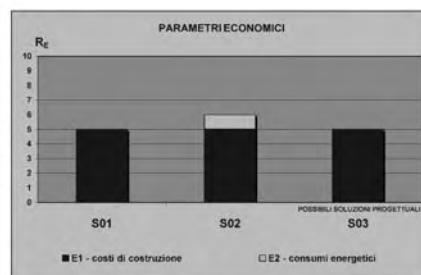
SISTEMA DI PESATURA DEGLI INDICATORI SINTETICI						
INDICATORI SINTETICI			r	p	R	
T	T ₁	comp. termoigrometrico [RI]	R _{T1}	R _T	60%	GRADO DI SOSTENIBILITÀ EDILIZIA
	T ₂	comp. termoigrometrico [RE]	R _{T2}			
	T ₃	comportamento acustico	R _{T3}			
	T ₄	verifica della condensazione	R _{T4}			
E	E ₁	costi di costruzione	R _{E1}	R _E	40%	
	E ₂	consumi energetici	R _{E2}			
C	parametri energetico-ambientali		R _C	---		



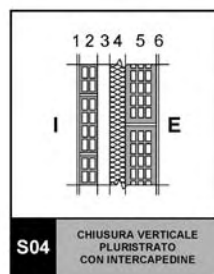
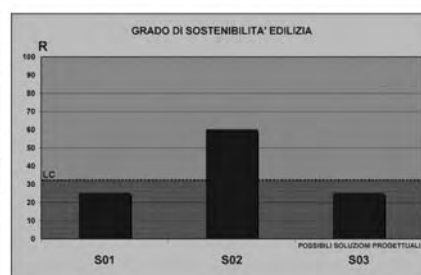
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ · 10 ¹² [kg/msPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in laterizio alveolato	0,37	800	0,23		0,84	36	55,50
3. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
4.							
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,55 [W/m²K]	T ₂ = ψ 15,64 [h]	T ₃ = R _e 50 [dB]	T ₄ = condensa NO	E ₁ = C _{co} 103,02 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 2,97 [€/m²]	NC
PARZIALI	R _{ti} = 0	R _{te} = 2	R _{ti} = 2	R _{te} = 2	R _{ti} = 5	R _{te} = 0	



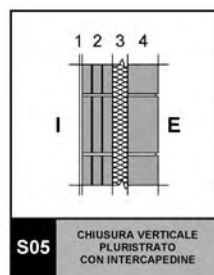
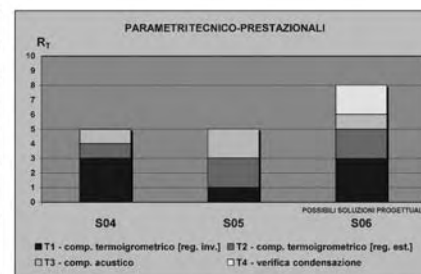
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ · 10 ¹² [kg/msPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in calce espansa	0,30	500	0,148		1,00	32	49,20
3. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
4.							
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,45 [W/m²K]	T ₂ = ψ 13,73 [h]	T ₃ = R _e 46 [dB]	T ₄ = condensa NO	E ₁ = C _{co} 96,72 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 2,43 [€/m²]	60
PARZIALI	R _{ti} = 1	R _{te} = 2	R _{ti} = 2	R _{te} = 2	R _{ti} = 5	R _{te} = 1	



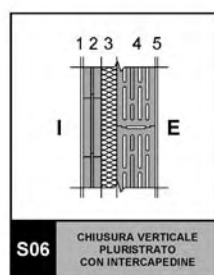
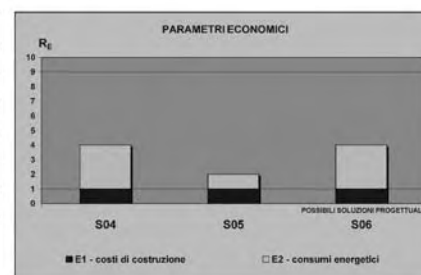
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ · 10 ¹² [kg/msPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi forati in argilla espansa	0,38	800	0,20		0,88	36	46,10
3. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
4.							
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,47 [W/m²K]	T ₂ = ψ 17,49 [h]	T ₃ = R _e 50 [dB]	T ₄ = condensa NO	E ₁ = C _{co} 93,82 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 2,54 [€/m²]	NC
PARZIALI	R _{ti} = 0	R _{te} = 3	R _{ti} = 2	R _{te} = 2	R _{ti} = 5	R _{te} = 0	



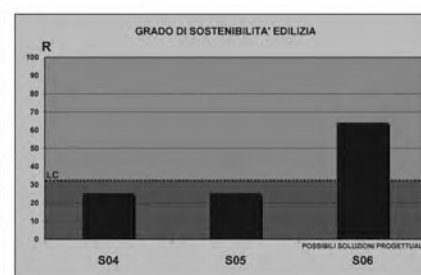
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ · 10 ¹² [kg/msPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. mattoni forati in laterizio	0,08	600	0,25		0,84	36	27,80
3. intercapedine d'aria	0,06	1,3		6,40	0,90	193	
4. isolante lana di roccia	0,08	100	0,038		0,67	150	19,33
5. mattoni semipieni	0,12	800		4,16	0,84	36	40,30
6. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
INDICATORI	T ₁ = U 0,33 [W/m²K]	T ₂ = ψ 9,44 [h]	T ₃ = R _e 46 [dB]	T ₄ = condensa SI	E ₁ = C _{co} 134,95 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,78 [€/m²]	NC
PARZIALI	R _{ti} = 3	R _{te} = 1	R _{ti} = 1	R _{te} = 0	R _{ti} = 1	R _{te} = 3	

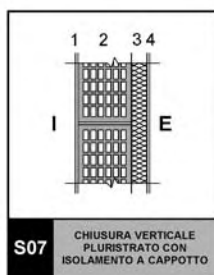


COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ · 10 ¹² [kg/msPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. mattoni semipieni	0,12	800		4,16	0,84	36	40,30
3. isolante fibra di legno	0,08	250	0,052		2,1	24	27,50
4. mattoni pieni faccia a vista	0,12	1800	0,72		0,84	36	55,60
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,46 [W/m²K]	T ₂ = ψ 13,68 [h]	T ₃ = R _e 50 [dB]	T ₄ = condensa SI	E ₁ = C _{co} 145,56 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 2,48 [€/m²]	NC
PARZIALI	R _{ti} = 1	R _{te} = 1	R _{ti} = 2	R _{te} = 0	R _{ti} = 1	R _{te} = 1	

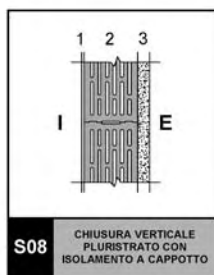
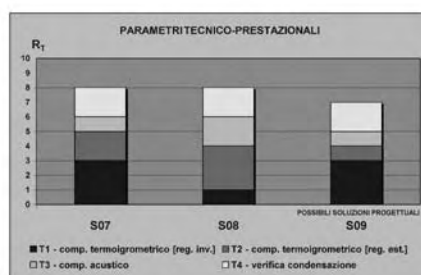


COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ · 10 ¹² [kg/msPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi pieni in argilla espansa	0,08	900	0,27		0,88	25	32,40
3. isolante in polistirene esp.	0,08	30	0,042		1,22	2,2	23,02
4. blocchi forati in argilla espansa	0,20	900	0,35		0,88	25	43,40
5. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,33 [W/m²K]	T ₂ = ψ 12,88 [h]	T ₃ = R _e 49 [dB]	T ₄ = condensa NO	E ₁ = C _{co} 146,34 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,78 [€/m²]	64
PARZIALI	R _{ti} = 3	R _{te} = 2	R _{ti} = 1	R _{te} = 2	R _{ti} = 2	R _{te} = 3	

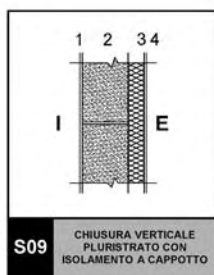
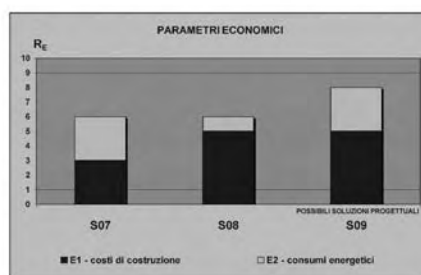




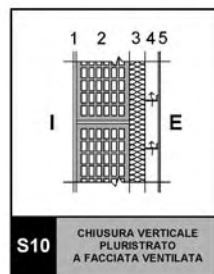
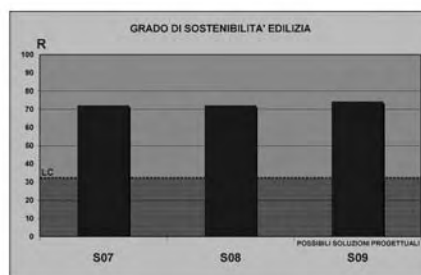
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ 10 ⁻¹² [kg/mPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in laterizio alveolato	0,25	800	0,23		0,84	36	59,70
3. isolante lana di roccia	0,08	100	0,038		0,67	150	19,33
4. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,29 [W/m²K]	T ₂ = ψ 13,36 [J]	T ₃ = R _e 48 [dB]	T ₄ = R _e condensa NO	E ₁ = C _{co} 126,55 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,57 [€/m²]	72
PARZIALI	R ₁₁ = 3	R ₁₂ = 2	R ₁₃ = 1	R ₁₄ = 2	R ₂₁ = 3	R ₂₂ = 3	



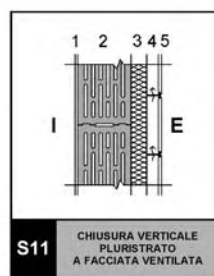
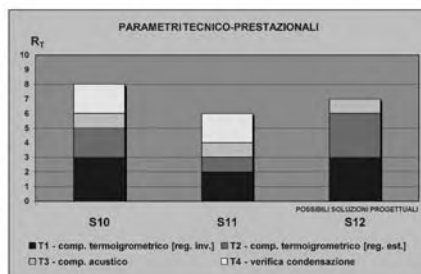
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ 10 ⁻¹² [kg/mPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi forati in argilla espansa	0,30	800	0,20		0,88	36	44,90
3. intonaco termoisolante	0,05	540	0,056		2,00	21	30,38
4.							
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,38 [W/m²K]	T ₂ = ψ 18,61 [J]	T ₃ = R _e 54 [dB]	T ₄ = R _e condensa NO	E ₁ = C _{co} 97,44 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 2,05 [€/m²]	72
PARZIALI	R ₁₁ = 1	R ₁₂ = 3	R ₁₃ = 2	R ₁₄ = 2	R ₂₁ = 5	R ₂₂ = 1	



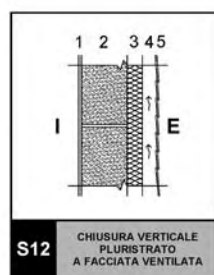
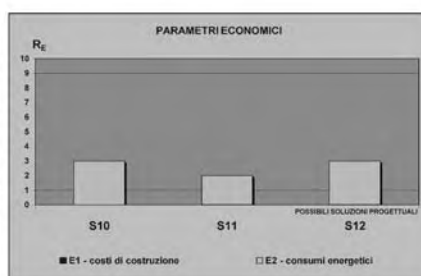
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ 10 ⁻¹² [kg/mPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in c.a. cellulare espanso	0,20	500	0,149		1,00	32	28,40
3. isolante in polistirene esp.	0,08	30	0,042		1,22	2,2	23,02
4. intonaco di calce e cemento	0,015	1800	0,90		0,91	12	25,36
5.							
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,29 [W/m²K]	T ₂ = ψ 11,24 [J]	T ₃ = R _e 44 [dB]	T ₄ = R _e condensa NO	E ₁ = C _{co} 98,94 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,57 [€/m²]	74
PARZIALI	R ₁₁ = 3	R ₁₂ = 1	R ₁₃ = 1	R ₁₄ = 2	R ₂₁ = 5	R ₂₂ = 3	



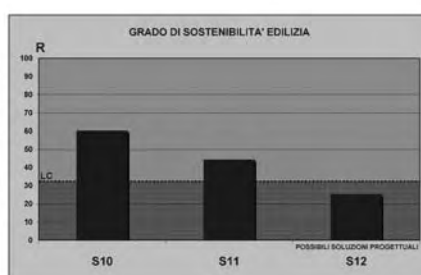
COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ 10 ⁻¹² [kg/mPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in laterizio alveolato	0,25	800	0,23		0,84	36	59,70
3. isolante in lana di roccia	0,08	100	0,038		0,67	150	19,33
3. intercapedine d'aria*	0,06	1,3		6,40	0,90	193	
5. lastre in alluminio	0,001	2700	220		0,89		105,00**
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,29 [W/m²K]	T ₂ = ψ 12,97 [J]	T ₃ = R _e 47 [dB]	T ₄ = R _e condensa NO	E ₁ = C _{co} 206,19 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,51 [€/m²]	60
PARZIALI	R ₁₁ = 3	R ₁₂ = 2	R ₁₃ = 1	R ₁₄ = 2	R ₂₁ = 0	R ₂₂ = 3	



COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ 10 ⁻¹² [kg/mPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in argilla espansa	0,20	900	0,35		0,88	25	43,40
3. isolante in polistirene esp.	0,08	30	0,042		1,22	2,2	23,02
3. intercapedine d'aria*	0,06	1,3		6,40	0,90	193	
5. pannelli in cotto	0,02	1800	0,80		0,84	21	130,00**
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,35 [W/m²K]	T ₂ = ψ 9,98 [J]	T ₃ = R _e 47 [dB]	T ₄ = R _e condensa NO	E ₁ = C _{co} 218,58 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,89 [€/m²]	44
PARZIALI	R ₁₁ = 2	R ₁₂ = 1	R ₁₃ = 1	R ₁₄ = 2	R ₂₁ = 0	R ₂₂ = 2	



COMPONENTE	s [m]	p [kg/m³]	λ [W/mK]	C [W/m²K]	c [kJ/kgK]	δ 10 ⁻¹² [kg/mPa]	P [€/m²]
1. intonaco di gesso	0,015	1200	0,35		1,09	18	22,16
2. blocchi in c.a. cellulare espanso	0,20	500	0,149		1,00	32	28,40
3. isolante fibra di legno	0,08	250	0,052		2,1	24	27,50
3. intercapedine d'aria*	0,06	1,3		6,40	0,90	193	
5. doghe in legno	0,03	550	0,15		1,66	4,5	90,00**
6.							
INDICATORI	T ₁ = U 0,29 [W/m²K]	T ₂ = ψ 16,67 [J]	T ₃ = R _e 44 [dB]	T ₄ = R _e condensa SI	E ₁ = C _{co} 168,06 [€/m²]	E ₂ = C _{co} 1,57 [€/m²]	NC
PARZIALI	R ₁₁ = 3	R ₁₂ = 3	R ₁₃ = 1	R ₁₄ = 0	R ₂₁ = 0	R ₂₂ = 3	



A conclusione dell'analisi è possibile esporre alcune considerazioni in merito a quanto emerso dall'applicazione dello strumento di valutazione pesata ai quattro differenti schemi funzionali di chiusura verticale considerati.

La comparazione delle soluzioni tecnologiche riferite alle chiusure verticali monostrato ha evidenziato come risulti essere molto difficile superare il limite di conformità normativa, se non attraverso l'adozione di spessori murari molto rilevanti o l'utilizzo di materiali con buone caratteristiche di qualità prestazionale, quali il cls cellulare espanso.

Le ipotesi progettuali a chiusura verticale pluristrato con intercapedine, invece, pur dimostrando in generale buone caratteristiche di controllo del comportamento termoigrometrico dell'edificio sia in regime estivo che in quello invernale, evidenziano alcune criticità per quanto attiene al controllo della possibile formazione di condensa e, per questo, necessitano di un'attenta progettazione degli strati di protezione al passaggio del vapore acqueo. A questo si deve, sicuramente, aggiungere una buona risposta in termini di contenimento dei costi di costruzione e di apprezzabili quote di risparmio energetico.

Le chiusure verticali pluristrato con isolamento a cappotto sono quelle che costituiscono, in termini generali, il compromesso migliore tra qualità prestazionale dell'involucro, anche in considerazione della possibilità di eliminare completamente tutti gli eventuali ponti termici, e controllo dei parametri economici, intesi come media pesata tra investimenti iniziali e risparmi valutati nell'intero periodo di vita utile dell'edificio.

Le soluzioni a chiusura verticale pluristrato a facciata ventilata, infine, pur rappresentando evidentemente l'eccellenza in ambito tecnologico e costruttivo, risultano ancora scarsamente impiegabili in modo diffuso all'interno del settore residenziale in considerazione degli elevati costi di costruzione, non ancora del tutto ammortizzabili in termini di risparmio energetico differito nel lungo periodo.

Conclusioni

La spinta che ha orientato la scelta dell'argomento di ricerca e che ne ha sostenuto lo sviluppo ha avuto origine dalla volontà di far conoscere ed estendere la prassi del costruire sostenibile, diffondendone gli aspetti più facilmente ripetibili, piuttosto che prospettare soluzioni eclatanti, ma poco incisive sul sistema considerato nella sua totalità.

La multiscalarità e la multidisciplinarietà del tema hanno reso necessaria l'introduzione di criteri di valutazione riguardanti la raccolta delle

informazioni a supporto delle decisioni. In questo senso il lavoro tecnico-scientifico ha perseguito l'obiettivo di individuare soluzioni attuabili dal punto di vista prestazionale, competitive sotto il profilo economico e consapevoli sotto l'aspetto ambientale.

Nella definizione della metodologia di sviluppo della ricerca sono stati posti come fondamento del campo di indagine i vincoli normativi conseguenti al recepimento italiano della Direttiva Europea 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia attraverso il D.Lgs. 192/05 ed il successivo D.Lgs. 311/06 che indicano la necessità di perseguire il risparmio di energia all'interno del settore delle costruzioni attraverso la predisposizione di strumenti di valutazione e certificazione energetico-ambientale degli edifici.

Tale approccio generale ha condotto all'individuazione di uno standard di processo che, mediante l'attribuzione di punteggi e la conseguente classificazione dei risultati finali in una scala di valori, ha permesso di confrontare la qualità prestazionale di differenti soluzioni progettuali finalizzate alla definizione di dettagli costruttivi di involucro, con particolare riferimento alle chiusure verticali.

Questo tipo di orientamento è risultato adatto a conservare un adeguato livello di flessibilità per permettere la contestualizzazione delle diverse ipotesi costruttive alle differenti situazioni di intervento, consentendo, inoltre, di testare un'ampia gamma di configurazioni possibili.

Si è pervenuti ad un sistema implementabile, aperto ed aggiornabile in grado di adattarsi alle diverse ipotesi di contorno e capace di controllare i differenti fattori tecnologico-ambientali e socio-economici coinvolti.

Il risultato finale del presente lavoro di ricerca non è stata, quindi, la redazione di schede di tipo manualistico contenenti specifiche soluzioni progettuali di dettaglio, ma la caratterizzazione di un metodo analitico di valutazione flessibile e veloce, capace di sostenere e validare le scelte degli operatori tra un ventaglio di differenti soluzioni progettuali, attraverso l'utilizzo di dati misurabili che non richiedano specifiche competenze scientifiche o alti gradi di specializzazione. Allo stato attuale, infatti, sono a disposizione dei tecnici modelli di analisi molto complessi, in quanto fondati su conoscenze tecniche specifiche e, quindi, di difficile applicazione alla scala diffusa tipica del settore residenziale che rappresenta, a livello nazionale, la maggiore causa di spreco di risorse energetiche e di emissione di sostanze inquinanti in atmosfera.

La necessità di avere come risposta una visione il più possibile organica dei caratteri di qualità delle differenti proposte progettuali ha condotto a strutturare lo strumento di valutazione

preliminare sul metodo degli indicatori sintetici e sui relativi criteri di misurazione e comparazione. L'individuazione e la caratterizzazione di indici in grado di rappresentare la complessità della questione più generale attraverso la sua scomposizione in fattori di più facile controllo e gestione hanno portato a sviluppare un modello di analisi comparativa in grado di mediare e far interagire fra loro i parametri principalmente coinvolti all'interno di una progettazione consapevole dal punto di vista energetico-ambientale. A questo scopo è stato elaborato, sulla base del software Excel, un modello informatico, denominato TEC, capace di fornire come risultato, una volta definita la successione degli strati, i valori relativi a tutti gli indicatori considerati nell'analisi, fino a pervenire al valore complessivo del grado di sostenibilità edilizia della soluzione considerata. Differenti rappresentazioni grafiche, sia alla scala del singolo indicatore che a quella di interpolazione ponderata dei risultati, restituiscono facilmente all'operatore la

comparazione finale tra le diverse possibilità progettuali anche attraverso la definizione di un limite inferiore di conformità che dovrebbe essere osservato al fine di ottenere realizzazioni costruttive di elevata qualità nel rispetto della normativa vigente sempre più vincolante e esigente dal punto di vista prestazionale.

La metodologia proposta, dopo un adeguato periodo di test e verifica, potrebbe essere facilmente implementata con dati di input relativi a differenti contesti geografici, ad altre destinazioni d'uso ed a nodi tecnologici di involucro alternativi.

La possibilità di interpolare gli aspetti soggettivi propri della progettazione architettonica e quelli oggettivi tipici delle analisi energetico-ambientali offre all'operatore diffuso la possibilità di avvicinarsi in modo semplice e preliminare all'attuale tema sempre più urgente della sostenibilità in edilizia.

Bibliografia

MONOGRAFIE

- AA.VV., *Agenda 21 on sustainable construction*, CIB Report Publication 237, 1999.
- AA.VV., *Costruire con il sole – Uno sguardo al passato per progettare il futuro*, ISES ITALIA, 1995.
- AA.VV., *Libro Bianco Energia, ambiente, edificio*, F.IN.CO. – ENEA, Roma, 2004.
- AA.VV., *Strumenti per il progetto. La casa*, Editrice Compositori, Bologna, 2000.
- AA.VV., *Edificio, Salute, Ambiente. Tecnologie sostenibili per l'igiene edilizia e ambientale*, Ed. Hoepli, Milano, 2007.
- BALDO G., *Analisi del ciclo di vita LCA. Materiali prodotti, processi*, Edizioni Ambiente, Milano, 2005.
- BERTA L. E BOVATI M., *Progetti di architettura bioecologica*, Maggioli Editore, Rimini, 2005.
- BERTAGNIN M., *Bioedilizia: progettare e costruire in modo ecologicamente consapevole*, Ed. GB, Padova, 1996.
- BIANCHI D., ZANCHINI E. (a cura di), *Ambiente Italia 2005*, Edizioni Ambiente, Milano, 2005.
- BOLOGNA G., *Manuale della sostenibilità. Idee, concetti, nuove discipline capaci di futuro*, Ed. Ambiente, Milano, 2005.
- CALVI G. (a cura di), *Progetto qualità edilizia*, Edizioni Edilizia Popolare, Roma, 2002.
- COLAIANNI V. G., *Il benessere e la sicurezza negli edifici – microclima, incendio, sicurezza, energia solare*, Franco Angeli Editore, Milano, 2000.
- COLAIANNI D. E COLAIANNI V. G., *Il benessere e la sicurezza negli edifici - isolanti termici e acustici, elevatori, protezione dalle scariche atmosferiche*, Franco Angeli Editore, Milano, 2001.
- FACONTI D. E PIARDI S. (a cura di), *La qualità ambientale degli edifici*, Maggioli Editore, Rimini, 1998.
- FAUSTI P. (a cura di), *Acustica in edilizia. Teoria, applicazioni, prove tecniche, normativa*, Manuale tecnico di Rockwool Italia S.p.a., Milano, 2005.
- FRANCESE D., *Architettura bioclimatica – Risparmio energetico e qualità della vita nelle costruzioni*, Edizioni UTET, Torino, 1996.
- GAMBETTI R. E OLMO C., *Alle radici dell'architettura contemporanea*, Einaudi Editore, Torino, 1989.
- GAROFALO I. (a cura di), *Per una progettazione consapevole. Contributi alla formazione di una nuova sensibilità progettuale per un'edilizia bioecocompatibile*, Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2004.
- GAUZIN-MÜLLER D. (edizione italiana a cura di Moro M.), *Architettura sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano, 2003.
- GROSSO M., *Il raffrescamento passivo degli edifici: concetti, precedenti architettonici, criteri progettuali, metodi di calcolo e casi di studio*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
- IMPERADORI M., *Le procedure Struttura/Rivestimento per l'edilizia sostenibile. Tecnologie dell'innovazione*, Maggioli Editore, Rimini, 1999.
- JONES L., *Atlante di Bioarchitettura*, Edizioni UTET, Torino, 2002.
- MADOLESI E., *Edilizia (vol.I) – Le finalità, il processo edilizio, l'edilizia industrializzata, l'edilizia del futuro*, Edizioni UTET, Torino, 1978.
- MARINO F.P.R., GRIECO M., *La certificazione energetica degli edifici ed il D.Lgs. 192 del 19/8/2005*, EPC Libri, Roma, 2006.

- LANTSCHNER N., *Casa Clima. Vivi in più*, Edizioni Raetia, Bolzano, 2005.
- LAVAGNA M., *Sostenibilità e risparmio energetico. Soluzioni tecniche per involucri eco-efficienti*, Libreria Clup, Milano, 2005.
- PIARDI S. E SCUDO G. (a cura di), *Edilizia sostenibile. 44 progetti dimostrativi*, Gruppo Editoriale Esselibri, Napoli, 2002.
- PICCOLO D., *Statistica per le decisioni*, Società Editrice Il Mulino, Bologna, 2004.
- REYNERI C. A., *Isolanti e guaine in bioedilizia*, Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2003.
- REYNERI C. A., *Solai, pareti e serramenti in bioedilizia*, Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2002.
- RIGAMONTI G., *La gestione dei processi di intervento edilizio*, Edizioni UTET, Torino, 2001.
- ROGORA A., *Luce naturale e progetto*, Maggioli Editore, Rimini, 1997.
- TENEGGI R., *Bioarchitettura®. Tra norma e progetto*, Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2003.

PERIODICI

- COSTA A. (a cura di), dossier *Efficienza energetica negli edifici* in *Paesaggio Urbano* n° 2, Marzo/Aprile 2005.
- DALL'Ò G., *Certificazione energetica degli edifici: a che punto siamo*, in *Il progetto sostenibile* n° 10, 2006.
- DALL'Ò G. E ZABOT S., *Quanto costano gli edifici sostenibili* in *Modulo* n° 309, Marzo 2005.
- DALL'Ò G. E GALANTE A., *Misurare i consumi* in *Edilizia Specializzata* n° 142, Marzo 2005.
- DELL'ORO D., *Sostenibilità. La verifica virtuale* in *Arketipo* n°5, 2006.
- FANTONE C. R., *L'ufficio del futuro a Garston* in *Costruire in laterizio* n° 68, *Architetture in Toscana*, Marzo/Aprile 1999.
- IMPERADORI M., *Sostenibilità in mostra* in *Modulo* n° 271, Maggio 2001.
- LARZENI S., *L'Europa, la ricerca e le fonti rinnovabili* in *Il giornale dell'ingegnere* n° 20/21, Dicembre 2004.
- LAVAGNA M., *Direttive, etichette, ma non solo...* in *Modulo* n° 309, Marzo 2005.
- MARSANICH A., *L'ambiente, il territorio e le nuove frontiere dello sviluppo sostenibile* in *Il giornale dell'ingegnere* n° 9, Maggio 2005.
- MERONI I. E LOLLINI R., *Valutazione energetico-ambientale degli edifici. Le attività in corso* in *L'Edilizia* n° 136, 2004.
- PALUMBO E., *Costo "globale" di soluzioni tecniche di involucro* in *Costruire in laterizio* n°109, 2002.
- PERAGO A., *Confronto fra chiusure verticali edilizie* in *Costruire in laterizio* n°85, 2002.
- RONZONI M. R., *La realtà del costruire sostenibile* in *Modulo* n° 285, Ottobre 2002.
- ROSSI M., *Lombardia: approvata una nuova legge per lo sviluppo sostenibile* in *Il giornale dell'ingegnere* n° 16, Ottobre 2005.
- SAVORELLI A., *Architettura Bioclimatica* in *99 Idee Tech* n° 11, *Ville e case prefabbricate*, 2004.
- SAVORELLI A., *Risparmio energetico* in *Imprese edili* n° 162, Ottobre 2005.
- TORRICELLI M.C., GARGARI C., PALUMBO E., *Valutazione ambientale nel ciclo di vita dei prodotti* in *laterizio*, in *Costruire in laterizio* n°116, 2007.
- TURCHINI G., *La qualità e l'immagine* in *Arketipo* n°4, 2006.

SITI INTERNET

- <http://www.a21italy.it> Coordinamento AGENDE 21 Locali Italiane
- <http://www.anab.it> ANAB - Associazione Nazionale Architettura Bioecologica
- <http://www.bioarchitettura.org> - Europa Symposium 2005
- <http://www.bioecolab.it> BIOECOLAB - Urbanistica Edilizia Sostenibile
- <http://www.eco-efficiency.net> - ECO-EFFICIENCY BIENNIAL Terza edizione
- <http://www.ecolabio.it> - Progetto ECOLABIO: Cultura, materiali e tecnologie per la bioedilizia
- <http://www.enea.it> - Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
- <http://www.envipark.com> - Environment Park - Parco Scientifico Tecnologico per l'Ambiente
- <http://www.fincoweb.org> - Federazione Industrie Prodotti Impianti e Servizi per le Costruzioni
- <http://www.fire-italia.it> - FIRE - Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia
- <http://www.ilsola360gradi.it> - ILSOLEATRECENTOESSANTAGRADI
- <http://www.provincia.fe.it/ecoidea> - Sportello Ecoidea
- <http://www.isesitalia.it> - Sezione dell'International Solar Energy Society
- <http://www.bioarchitettura.it> - Istituto Nazionale di Bioarchitettura
- <http://www.itaca.org> - Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale
- <http://www.legambiente.org> - Legambiente Lombardia ONLUS
- <http://www.miniwatt.it> - Mini Watt - il sito dell'efficienza energetica
- <http://www.mybestlife.com/ambiente>
- <http://www.regione.lombardia.it> - Portale della Regione Lombardia
- <http://www.casaqualita.it/casaeco> - La Casa Ecologica - Rete delle Cooperative per l'Abitare Sostenibile
- <http://www.provincia.bz.it> - Casa Clima - Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige
- <http://www.renertec.bz.it> - RENERTEC - Centro di Competenza Alto Adige - Energie rinnovabili
- <http://www.itc.cnr.it> - Istituto per le Tecnologie della Costruzione - Consiglio Nazionale delle Ricerche

¹ Cfr. Croce S., *Progetto tecnologico e approccio climaticamente consapevole* in Calvi G. (a cura di), *Progetto qualità edilizia*, Edizioni Edilizia Popolare, Roma, 2002, p.52-87.

² Cfr. Dall'Ò G., *Certificazione energetica degli edifici: a che punto siamo* in Il progetto sostenibile n° 10, Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2006, p.8-15.

³ Cfr. Pizzi E., *La costruzione della casa* in AA.VV., *Strumenti per il progetto. La casa*, Editrice compositori, Bologna, 2000, p.104-126.

⁴ La Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, nota come Commissione Brundtland (dal nome della sua presidente norvegese, Gro Harlem Brundtland) è un organo indipendente finanziato su base volontaria e costituito da rappresentanti di varie nazioni a livello mondiale che attraverso varie competenze disciplinari ha svolto studi scientifici di ricerca relativi alla situazione ambientale a scala planetaria dal 1983 al 1987.

⁵ Il problema ambientale può essere affrontato solo attribuendo un prezzo alle risorse. Giorgio Ruffolo parla di *eco-economia* e sostiene che "occorre in primo luogo una nuova contabilità nazionale che, accanto al reddito e al benessere materiale, consideri e calcoli i costi del degrado ambientale e i costi del risanamento; che tabuli, accanto al valore aggiunto oggi, il valore sottratto domani; che affianchi alla capitalizzazione economica la contemporanea decapitalizzazione ambientale". Cfr. Ruffolo G. *Prefazione* in Saba Sardi F., *Il futuro di noi tutti. Rapporto della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo*, Bompiani, Milano, 1998, p.9-14.

⁶ Cfr. Lavagna M., *Sostenibilità e risparmio energetico. Soluzioni tecniche per involucri eco-efficienti*, Libreria Clup, Milano, 2005.

⁷ Cfr. Bologna G., *Manuale della sostenibilità. Idee, concetti, nuove discipline capaci di futuro*, Edizioni Ambiente, Milano, 2005.

⁸ Cfr. Bianchi D., Zanchini E. (a cura di), *Ambiente Italia 2005*, Edizioni Ambiente, Milano, 2005.

⁹ Cfr. IPCC, *Climate Change 2001. Third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2001.

¹⁰ Cfr. Oberti I., *Edificio e sostenibilità*, in AA.VV., *Edificio, Salute, Ambiente. Tecnologie sostenibili per l'igiene edilizia e ambientale*, Edizioni Hoepli, Milano, 2007.

¹¹ Nel 2001 l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione (UNI) definiva la certificazione energetica degli edifici come "uno strumento atto a informare il cittadino sulla qualità energetica di un edificio attraverso l'entità del fabbisogno energetico convenzionale e attraverso una valutazione qualitativa degli elementi progettuali e costruttivi relativi al sistema edificio-impianto". Definizione tratta dal dossier *Certificazione energetica* in Costruire n° 274, Editrice Abitare Segesta, Milano, 2006, p.73-80.

¹² La Direttiva 2002/91/CE ha definito l'attestato di certificazione energetica di un edificio come un "documento riconosciuto dallo Stato membro o da una persona giuridica da esso designata, in cui figura il valore risultante dal calcolo del rendimento energetico di un edificio". Essa prevede, inoltre, che "Gli Stati membri si assicurano che la certificazione degli edifici ... venga effettuata in maniera indipendente da esperti qualificati e/o riconosciuti, qualora operino come imprenditori individuali o impiegati di enti pubblici o di organismi privati".

¹³ Cfr. Lantschner N., *Casa clima. Vivi in più*, Edizioni Raetia, Bolzano, 2005.

¹⁴ A questo proposito basti pensare come, ad esempio, la presenza di ponti termici all'interno di un sistema tecnologico di chiusura verticale sia in grado di compromettere, attraverso la formazione di condensa superficiale ed interstiziale, le caratteristiche prestazionali dell'involucro con il conseguente abbattimento del grado di risparmio energetico e la riduzione del comfort termoigrometrico interno, oltre alla notevole diminuzione delle caratteristiche di durabilità dei materiali impiegati.

¹⁵ Cfr. dossier Environment Park (a cura di), *Requisiti per la sostenibilità ambientale degli edifici*.

¹⁶ Cfr. Meucci D., *Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Vercelli - Rapporto ambientale*, 2005.

¹⁷ Cfr. Piccolo D., *Statistica per le decisioni*, Società Editrice Il Mulino, Bologna, 2004.

¹⁸ Cfr. Palumbo E., *Costo "globale" di soluzioni tecniche di involucro*, in Costruire in laterizio n° 109, Faenza Editrice, Faenza, 2002, p.64-67.

¹⁹ Cfr. dati ricavati all'interno della ricerca COS.E.BIO - Costi Edificio Bioedile relativa alla Valutazione comparativa dei costi di un edificio in bioedilizia svolta da Bioecolab - Urbanistica edilizia sostenibile, Provincia di Modena - Area Programmazione e Pianificazione Territoriale, Ottobre 2005.

²⁰ Traduzione italiana del termine inglese *Value Engineering*. A questo proposito cfr. Dell'Oro D., *Value Engineering e Life Cycle Costing guidano una corretta stima del budget*, in Arketipo n°11 Edifici trasparenti, Edizioni Il Sole 24 ORE, Milano, 2007, p.150-153.

²¹ Cfr. Norme UNI EN 1325-1/98 *Vocabolario della gestione del valore, dell'analisi del valore, dell'analisi funzionale*.

²² Per edilizia corrente si intende l'applicazione di soluzioni progettuali e costruttive che qualitativamente rappresentano la media dell'offerta di mercato all'interno del settore delle nuove costruzioni a destinazione residenziale e che rispondono alle prescrizioni normative vigenti in materia di risparmio energetico, con particolare riferimento ai requisiti prestazionali esposti in precedenza.

²³ Cfr. L. 27.12.06 n°296 che stabilisce la possibilità di detrazione dalle imposte sui redditi di una quota massima pari al 55% delle spese sostenute per il miglioramento delle prestazioni di edifici esistenti in relazione a diverse modalità di intervento finalizzato al risparmio energetico.

²⁴ Numerose fonti normative e bibliografiche indicano nel controllo prestazionale dell'involucro edilizio uno dei maggiori fattori coinvolti nella determinazione della qualità complessiva dell'intero sistema edificio-impianto con particolare riferimento ai caratteri di risparmio energetico. In particolare, operare scelte progettuali in grado di ottimizzare i caratteri tecnico-costruttivi di soluzioni di dettaglio può condurre fino ad un risparmio pari al 60% dei consumi energetici impiegati per il riscaldamento ed il raffrescamento dell'edificio.

²⁵ Cfr. Dall'Ò G., Zabot S., *Quanto costano gli edifici sostenibili*, in Modulo n°309, Be-Ma Editrice, Milano, 2005, p.148-153.

²⁶ Cfr. Baldo G., *Analisi del ciclo di vita LCA. Materiali prodotti, processi*, Edizioni Ambiente, Milano, 2005.

²⁷ Cfr. SETAC, *Guidelines for Life-Cycle Assessment: a code of practice*, Setac, Brussels, 1993.

²⁸ Cfr. Norma Uni EN ISO 14040/98 *Gestione Ambientale. Valutazione del ciclo di vita. Principi e quadro di riferimento*.

²⁹ Attualmente denominata APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici.

³⁰ Si tratta di una banca dati supporto della valutazione del ciclo di vita di processi produttivi riferiti al contesto italiano. Contiene i dati di inventario di oltre quattrocento processi strutturati in quattro settori:

- materiali e processi: dati relativi ai più diffusi materiali di base impiegati nell'industria (carte, plastiche, metalli, prodotti chimici);
- energia: dati relativi ai processi produttivi di energia elettrica e termica distinti secondo la tipologia e l'origine delle fonti energetiche;
- trasporti: dati relativi ai modelli dei diversi mezzi di trasporto di merci e passeggeri;
- fine vita: dati relativi ai principali processi e tecnologie di trattamento e smaltimento dei rifiuti, quali raccolta, selezione, trattamenti termici, discariche.

Questa tipologia di dati, attualmente in fase di revisione e non utilizzabile in modo diretto, può essere impiegata per l'esecuzione di valutazioni comparative per l'individuazione di materiali e tecnologie più rispettosi dell'ambiente, per la definizione di indicatori prestazionali che permettano di monitorare nel tempo l'evoluzione della qualità ambientale dei diversi comparti produttivi a supporto della certificazione ambientale dei prodotti.

³¹ Schema per la certificazione e la registrazione dei prodotti implementato dallo Swedish Environmental Management Council (SEMC) a partire dal 1998 noto ed utilizzato a livello internazionale con il nome di Sistema EPD (Environmental Product Declarations).

³² Cfr. Dell'Oro D., *Sostenibilità. La verifica virtuale*, in Arketipo n° 5, Il Sole 24 Ore S.p.a., Milano, 2006, p.84-88.

³³ Cfr. Turchini G., *La qualità e l'immagine*, in Arketipo n° 4, Il Sole 24 Ore S.p.a., Milano, 2006.

³⁴ Cfr. *Involucro esterno*, Speciale appunti di progettazione in Modulo n°319, BE-MA Editrice, Milano, 2006, p.186-205.

³⁵ La teoria del comfort termico di Fanger, sviluppata negli anni '60, ha sistematizzato i precedenti studi sul tema cominciati negli Stati Uniti all'inizio del secolo. Questo approccio teorico sostiene che la valutazione del comfort termico deve tenere conto di tutte le grandezze fisiche che influenzano gli scambi termici tra individuo ed ambiente. In particolare si fa riferimento alle seguenti classi di grandezze:

- temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria;
- temperatura media radiante delle superfici di involucro;
- attività e tipologia di abbigliamento degli occupanti.

Attraverso indagini sperimentali su numerosi soggetti, Fanger ha determinato una relazione analitica di calcolo tra queste variabili, detta equazione del benessere, che permette di definire un indice complesso noto come PMV (Predicted Mean Vote). Questo indice esprime, se inserito in un'opportuna scala di valori, la sensazione termica media di un gruppo di individui che può variare da molto freddo [-3] a molto caldo [+3]. La condizione di comfort è espressa in relazione alla sensazione termica di neutralità [0]. La normativa assume come campo di accettabilità l'intervallo compreso tra -0,5 e +0,5. Sulla base dei valori del PMV è possibile poi calcolare l'indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) che esprime la percentuale di persone che, prevedibilmente, saranno insoddisfatte delle condizioni abitative interne. Il limite di accettabilità di questo valore percentuale è stato fissato al 5% per valori di PMV uguali a 0, tenendo conto del fatto che sia oggettivamente difficile ottenere condizioni di comfort ambientale per la totalità degli individui presenti in un determinato ambiente, vista la presenza di componenti prettamente soggettive all'interno dell'analisi.

Questo metodo, insieme a molti altri che sono stati sviluppati nel corso degli anni successivi, consente di effettuare accurate valutazioni del benessere ambientale percepito dagli occupanti in diverse situazioni.

³⁶ Definizioni tratte da Perago A., *Confronto fra chiusure verticali edilizie* in Costruire in laterizio n° 85, Faenza Editrice, Faenza, 2002, p.64-73.

³⁷ Per la classificazione generale degli edifici per categorie in base alla loro destinazione d'uso si fa riferimento a quanto stabilito nel D.P.R. 412/93 *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia*, che all'art.3 prevede la seguente scomposizione in classi funzionali:

- E.1 Edifici adibiti a residenza ed assimilabili:
 - E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;
 - E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;
 - E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;
- E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili;
- E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili;
- E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili;
- E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili;
- E.6 Edifici adibiti ad attività sportive;
- E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
- E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

IL PROGETTO DI RECUPERO DEI CENTRI STORICI: UN CASO DI STUDIO ROSCIOLO DEI MARSI

Luca Capuano

*Università degli Studi di Pavia – Dipartimento di Ingegneria e del Territorio
XX Ciclo*

Tutor: Prof. Pierluigi De Berardinis, Prof. Gianni Di Giovanni

Abstract: the great interest in the building wealth, concerning historical towns, even minor ones, and the opportunity to use this wealth again have become very important matters so that in the technological culture debate the main point is “how to do it” giving a definition of the characteristics and qualities of a project that regards “the existing buildings”.

A direction that can be covered is the one defined “the active preservation” or “the controlled transformation” accepting that, the main point for the solution of the problem regarding the consolidated urban systems, must be led towards a moderate relation between the preservation of architectonic, environmental and historical values and the satisfaction of user’s needs. Therefore, the main position is covered by the project, a design related to transform-ability concept through the knowledge of building historical stratification, including evidences of the material culture, interpretative of the architectural space and entrusted of the designer abilities who has to work “inside the rules” in relation to the connection between analysis and project, and between project and building.

Negli ultimi anni le ricerche¹ sul recupero dell’edilizia storica, prevalentemente indirizzate verso la conoscenza tipologica e tecnologica dell’edificato esistente, hanno messo in risalto il ruolo del progetto quale unico strumento in grado di rispondere all’eterogeneità e alla specificità di diverse situazioni contestuali.

La continuità di vita nei centri storici, anche minori, unica garanzia alla sopravvivenza di un patrimonio edilizio ancora denso e ricco, passa necessariamente attraverso un uso flessibile della progettazione, pronta a risolvere con rigore di metodo e varietà di strumenti, problemi che vanno dal trattamento delle superfici alla scelta di una idonea dotazione impiantistica, dalla rimozione delle aggiunte incongrue alle integrazioni delle lacune, sempre e comunque calata nella specifica realtà individua di ogni singolo manufatto. Una progettazione dunque rapportata al concetto di trasformabilità attraverso la conoscenza delle stratificazioni storiche del costruito, comprese le testimonianze di

cultura materiale, interpretativa dello spazio architettonico e affidata alle capacità del progettista, le cui scelte devono essere operate sulla base del rapporto che intercorre tra analisi e progetto e tra progetto e costruzione.

Demolizione, ricostruzione, consolidamento, restauro e conservazione non rappresentano in tal senso categorie astratte e rigidamente contrapposte, quanto piuttosto gli strumenti attraverso i quali si estrinseca l’attività progettuale, in cui l’analisi della preesistenza confluisce naturalmente in una sintesi propositiva matura e consapevole, “[...] *Dopo che sarà stato studiato a lungo l’oggetto dell’intervento di recupero, dopo che l’opera sarà conosciuta in ogni dettaglio e in tutte le modificazioni subite nel corso del tempo, dopo che saranno stati accertati tutti gli usi e tutte le attività svolte da generazioni di utenti, dopo tutto questo, i progettisti troveranno, attraverso le proprie capacità creative, le giuste soluzioni da proporre, e saranno soluzioni corrette e coerenti.*”²

¹ In particolare gli studi portati avanti dal Prof. Luigi Zordan all’interno del Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell’Università degli studi dell’Aquila, sono caratterizzati da un approccio alle problematiche del progetto di recupero che parte da una complessa analisi critica della preesistenza legata alla lettura tipologica dei contesti edificati, quale strumento interpretativo del linguaggio architettonico-costruttivo. Tale analisi è volta ad indirizzare l’intervento di recupero, attraverso procedure dinamiche, che da una parte definiscono le disponibilità alla trasformazione degli organismi edilizi e dall’altra verificano la compatibilità degli interventi proposti, rispetto alla complessità dei giudizi di valore espressi.

² G. Turchini, *L’arte del recupero edilizio*, in *Arketipo*, n. 10, gennaio-febbraio 2007, pp. 40-41.

Tematiche progettuali

Le tematiche progettuali che si riflettono inevitabilmente sul carattere del progetto possono essere raggruppate all'interno di tre ambiti di intervento che, spesso integrati tra loro, implicano le seguenti necessità:

- *adeguamento del sistema spaziale*

mediante riorganizzazione distributiva secondo moderni standard ambientali, tecnologici ed igienici. In tal senso la capacità di poter individuare una nuova struttura spaziale-distributiva, adatta al soddisfacimento delle esigenze abitative contemporanee, rappresenta uno degli aspetti essenziali del progetto di recupero dell'edilizia storica. Senza danneggiare la preesistenza ma anzi favorendone la valorizzazione "[...] *la cellula edilizia è anche suscettibile di suddivisioni, rimanendo integra nella sua sostanza edile, quando esse non alterano la sua rappresentazione figurale, in quanto non svolgono alcun ruolo tettonico-strutturale, e non rivestono un tale valore poiché non rappresentano che la specificazione materializzata di funzioni precedentemente assolute da un unico vano [...]*"³. L'apparecchiatura costruttiva può essere integrata con elementi di fabbrica complementari o di supporto a quelli esistenti, (blocchi funzionali, elementi di collegamento, partizioni interne, ecc.) mentre la riconferma o meno, in sede di progetto, delle originarie destinazioni d'uso compatibili con l'impianto spaziale rende necessaria un'approfondita riflessione sul come intervenire tra "tradizione" e "modernità" e tra "conservazione" e "trasformazione".

- *adeguamento del sistema tecnologico*

mediante ripristino o miglioramento dei livelli prestazionali degli elementi di fabbrica preesistenti. L'aggiornamento delle prestazioni relative all'isolamento termo-acustico, la riduzione di dispersioni termiche, la captazione energetica, le dotazioni di reti conformi agli attuali standard funzionali, il cablaggio di reti per la trasmissione dati⁴, risultano solo alcune tra le problematiche riscontrate. Questa tematica solleva inoltre la

rilevante necessità di una corretta riconfigurazione delle reti impiantistiche esistenti; l'attuale situazione nella quale versa la maggior parte dell'edilizia storica può essere paragonata alla visione che Italo Calvino fa della città di Armilla⁵, se a questa poi si aggiungono i chilometri di cavi elettrici, gli scarichi, i pluviali, le colonne di aerazione, i corpi illuminanti con le loro linee di adduzione, i tubi in facciata per le condotte del gas, armadietti e quadri dei contatori inseriti in scasso nelle murature, i centri storici risultano costituirsi più da elementi tecnologici che da murature. L'ottimizzazione impiantistica rappresenta un obiettivo del progetto di recupero non privo di numerose difficoltà tra le quali, primario, emerge il problema di trovare una adeguata e razionale collocazione delle reti la cui installazione risulta spesso difficoltosa se non devastante⁶.

- *adeguamento del sistema figurativo*

mediante il risultato di un'indiretta conseguenza delle trasformazioni in atto sull'organismo edilizio connesse a problematiche di altra natura, o di una precisa volontà del progettista di modificare la percezione della fabbrica esistente. L'alterazione del sistema figurativo originario risulta spesso legata all'esigenza di rendere manifesta la trasformazione indotta dal processo di recupero. Vi sono operazioni di adeguamento o aggiornamento che non presuppongono delle sostanziali trasformazioni le quali a loro volta non risulterebbero visibili se non vi fosse la precisa volontà di esplicitarle, di contro in molti casi la modifica del sistema figurativo risulta condizionante per innescare le operazioni di adeguamento. Ciò premesso, qualora non vi sia la reale necessità di modifica dell'assetto figurativo esistente in relazione a particolari esigenze imposte dal recupero, la scelta di operare sulla percezione dei fronti e delle volumetrie dell'edificio diventa una vera e propria operazione di comunicazione.

³ Maretto P., *Realtà naturale e realtà costruita*, Alina editrice, Firenze, 1993, pag. 182.

⁴ Particolarmente significativo in tal senso risulta l'intervento di recupero del borgo di Colletta Castelbianco in cui il villaggio completamente disabitato è stato oggetto di un intervento di recupero articolato in due livelli:

- da una parte si è proceduto al recupero complessivo, unitario, dell'antico insediamento nel rispetto delle tecniche e dei materiali originali (il progetto di restauro è stato eseguito dall'Arch. Giancarlo De Carlo);

- dall'altra si è dotato il villaggio di sofisticate infrastrutture tecnologiche che consentono agli abitanti di usufruire della più ampia gamma di risorse di telecomunicazione.

⁵ "[...] Se Armilla sia così perché incompiuta o perché demolita, se ci sia dietro un incantesimo o solo un capriccio, io lo ignoro. Fatto sta che non ha muri, né soffitti né pavimenti: non ha nulla che la faccia sembrare una città, eccetto le tubature dell'acqua, che salgono verticali dove dovrebbero esserci le case e si diramano dove dovrebbero esserci i piani: una foresta di tubi che finiscono in rubinetti, docce, sifoni, troppopieno. Contro il cielo biancheggia qualche lavabo o vasca da bagno o altra maiolica, come frutti tardivi rimasti appesi ai rami. Si direbbe che gli idraulici abbiano compiuto il loro lavoro e se ne siano andati prima dell'arrivo dei muratori; oppure che i loro impianti, indistruttibili, abbiano resistito a una catastrofe, terremoto o corrosione di termiti [...]" I. Calvino, *Le città invisibili*, Mondadori, Milano, 1993, pag. 49.

⁶ Leggendo le superfici dell'architettura in negativo, l'impatto di tali installazioni è devastante sia sotto il profilo estetico per la rilevanza formale e dimensionale dei chilometri di tubi e cavi, sia, soprattutto, che sotto quello statico, perché molto spesso l'intero spessore della struttura muraria è divorato da tracce e scassi.

Strategie progettuali

Seppure con diverse incidenze, il progetto di recupero risulta spesso da una combinazione di diverse **strategie**⁷.

Sebbene le risposte offerte ad esigenze di natura funzionale, prestazionale e formale nel recupero di singole cellule abitative o di interi edifici, possono tradurre, il più delle volte, le caratteristiche tecnologiche nelle forme di espressione di una strategia prevalente, la compresenza di più tematiche parimenti importanti ed estese, ad esempio ad un intero brano di tessuto urbano, rende più complessa l'individuazione di soluzioni tecnologiche appropriate e di un linguaggio coerente a tutto l'intervento.

Pertanto le strategie impiegate possono convergere tanto in un linguaggio univoco, che unifichi cioè i temi di progetto, quanto in un linguaggio che manifesti distintamente i differenti caratteri degli approcci.

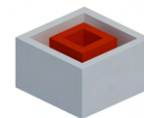
In ogni caso però è sempre possibile identificare le strategie con le principali istanze trasformative, corrispondenti, in relazione al particolare contesto applicativo di riferimento, ad una diversa propensione a rendere più o meno manifesta la trasformazione innescata dal rapporto tra *nuovo-preesistente*.

La definizione delle strategie non mira a configurare dei modelli progettuali da seguire, ma piuttosto, degli approcci all'intervento che possano favorire un valido criterio di indirizzo nel momento delle scelte verso cui orientare il progetto.

La possibilità di una valutazione preliminare dei futuri esiti progettuali fornisce uno strumento operativo attraverso cui il progettista può essere messo in condizione di escludere la praticabilità di una determinata strategia perché non adeguata a misurarsi con il grado di trasformabilità concesso dal contesto costruttivo in cui ci si trova a operare.

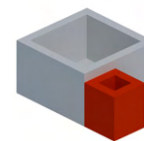
Uno strumento dunque, che prevedendole, sia teso a contemplare solo mutazioni possibili e congruenti al grado di trasformabilità.

Le sei definizioni formulate di seguito riassumono le principali caratteristiche di tipo spaziale, tecnologico, geometrico, percettivo che ricorrono nelle strategie individuate.



L'inserimento

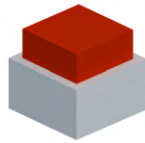
la caratteristica peculiare di tale strategia risiede nel limitare il più possibile la modificazione dell'immagine e della configurazione originaria. La preesistenza viene concepita come elemento "contenitore" che offre la possibilità di operare nel suo spazio interno con nuovi elementi che dichiaratamente "autonomi" creano un rapporto diretto tra parti caratterizzate da una precisa identità formali e strutturali. Questa pratica spesso utilizzata per rispondere e risolvere problematiche di natura impiantistica o funzionale, declinata con interventi sia di natura strutturale che sovrastrutturale, trova applicazioni concrete anche nella possibilità di introdurre elementi che arrivano a saturare e ridefinire l'intero spazio interno. Nella maggior parte dei casi, le dotazioni risultano concentrate negli elementi o nell'elemento inserito, divenendo il motore tecnologico dell'edificio.



L'addizione

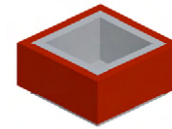
si riferisce ad una strategia progettuale praticamente tradotta nell'aggiungere al manufatto oggetto dell'intervento, uno o più elementi interamente compiuti, definiti e distinguibili dalla preesistenza. Le addizioni, sia **isolate** che **integrate**, possono declinarsi in sopraelevazioni, corpi a sbalzo, box, torri, ballatoi, volumi di collegamento ecc, che al di là del particolare sistema costruttivo impiegato, dell'estensione dimensionale e degli esiti compositivi, si presentano dal punto di vista tecnologico con soluzioni finalizzate alla massima riconoscibilità delle parti. Il punto di forza di questo "modus operandi" risiede nella versatilità funzionale della gestione dei nuovi elementi per risolvere sia problematiche di natura spaziale-distributiva sia di natura ambientale-impiantistica.

⁷ All'interno del bacino di riferimento costituito dai progetti di recupero presi in esame emergono alcune pratiche progettuali il cui impiego risulta ricorrente. Tale assunto, ha suggerito l'idea di delineare delle strategie che accomunano diversi interventi per caratteristiche di tipo geometrico, tecnologico, formale e percettivo.



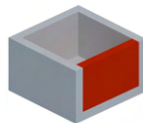
L'integrazione

si riferisce ad una strategia progettuale caratterizzata dall'integrazione di nuovi elementi costruttivo-funzionali con quelli del manufatto esistente. Tale soluzione, finalizzata tanto all'incremento di prestazioni quanto alla risoluzione di problematiche di natura distributivo-funzionale, ha come peculiarità la forte integrazione tra gli elementi della preesistenza e quelli nuovi, rendendone la conformazione geometrica e la risoluzione delle connessioni l'aspetto centrale dell'intervento. Operando su due livelli distinti, riconfigurazione spaziale e apporto prestazionale, l'integrazione può legarsi da un lato ad esigenze di tipo distributivo e connettivo dall'altro ai processi di aggiornamento della composizione della preesistenza. In conseguenza delle scelte costruttive operate e dell'estensione delle parti coinvolte possono essere generate alterazioni formali più o meno significative.



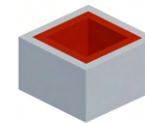
La sovrapposizione

struttura l'intervento in una sorta di involucro, inglobando totalmente o parzialmente l'edificio esistente mantenendone però inalterata la struttura originaria. L'involucro storico può trasformarsi nel risultato di una composizione stratigrafica, la cui variabile di complessità aumenta in funzione delle caratteristiche prestazionali richieste. Concretizzato come strato "aderente" alle chiusure dell'organismo edilizio, superando in molti casi la stessa concezione del doppio involucro, l'intervento progettuale si può tradurre anche in una totale riconfigurazione tridimensionale dell'edificio, divenendone palinsesto caratterizzato dalla perdita della percezione e lettura dei corpi di fabbrica preesistenti. La metodica risulta particolarmente efficace nei casi di deficit prestazionali delle chiusure esistenti e nei casi in cui ci siano profonde carenze nella qualità architettonica del manufatto.



La sostituzione

di tipo **parziale** prevede interventi che riguardano i singoli elementi costruttivi mentre la sostituzione di tipo **diffusa** può essere estesa anche all'intero organismo edilizio. Si tratta di una pratica che trova riscontro soprattutto in casi di avanzato degrado delle parti costitutive e di ripristino o miglioramento prestazionale degli elementi oggetto dell'intervento. La sostituzione, risultando un intervento fortemente legato ai valori, allo stato di conservazione ed al grado di trasformabilità dell'edificio, può porre di fronte a profonde variazioni della composizione tra le parti della preesistenza e ad attente riflessioni circa il grado di trasformazione che si intende innescare. L'autonomia dei nuovi elementi rispetto a quelli preesistenti risulta funzione del rapporto tra tecnologia utilizzata e sistema costruttivo originario, mentre la complessità degli interventi del tipo di deficit riscontrato.



L'interposizione

prevede l'inserimento in aderenza alle chiusure preesistenti di un nuovo involucro che, interponendosi totalmente o parzialmente a quello esistente, non influisce sulla strutture originali ed sul paramento esterno, consentendo sostanziali miglioramenti dei livelli prestazionali. Al pari della sovrapposizione, questa strategia risulta utilizzata nei casi in cui vengono riscontrati profondi deficit prestazionali degli elementi di chiusura o in altri termini dell'intero involucro storico, sempre al centro del processo progettuale. Nel rispetto della conformità geometrica del manufatto originario, il processo trasformativo dell'involucro esistente si esprime attraverso la diversificazione sempre più specializzata degli elementi costruttivi che lo compongono implicando però, in ogni caso, la perdita della percezione materica del paramento interno.

Le strategie di intervento rappresentano, oltre che la manifestazione di un approccio alla trasformazione derivante da precise scelte tecnologiche, l'espressione di una forma di valutazione del manufatto edilizio e, non in ultimo, dell'immediato contesto sul quale ci si trova ad operare.

L'individuazione, l'attribuzione e la considerazione dei diversi valori della fabbrica esistente, in termini di immagine formale, qualità architettonica, stato di conservazione, portato simbolico, incidono così in modo rilevante nel processo di scelta delle modalità operative.

La possibilità di indirizzare l'intervento attraverso strategie congruenti, che nascono da valutazioni preliminari e capaci di relazionare il contesto costruttivo di riferimento e gli obiettivi prefissati, si lega all'idea di individuare e definire le possibili risposte strategiche che offrono l'opportunità di elevare la qualità media degli interventi senza privare il progetto della propria originalità.



Fig.1: Le strategie progettuali come manifesto del "momento conoscitivo sperimentale"⁸

Gli elementi di interfaccia

Le scelte progettuali attraverso le quali si formalizzano gli interventi di recupero, strettamente correlate al giudizio di valore, allo stato di conservazione e al grado di trasformabilità della preesistenza, non posso prescindere da una corretta valutazione degli **"elementi di interfaccia"**. Il carattere più o meno invasivo dell'intervento, la sua reale reversibilità e il grado di rimovibilità delle parti aggiunte sono messi in evidenza proprio dallo studio delle soluzioni di dettaglio costruttivo che relazionano fisicamente il "nuovo" al "vecchio".

La verifica della coerenza di un intero progetto strettamente dipendente oltre che dall'impatto complessivo del recupero rispetto al manufatto esistente, ma anche e soprattutto dalle particolari configurazioni assunte dalle soluzioni tecnologiche nei punti di contatto tra il sistema costruttivo introdotto e quello originario, rappresenta l'aspetto di maggiore criticità nella verifica dei processi di compatibilità tra il sistema costruttivo presente e la tecnologia proposta. In via generale gli elementi di interfaccia possono essere distinti all'interno di due classi:

- la prima classe, **elementi ad interfaccia passiva**, non implicando alcuna manipolazione della "materia" del costruito, è caratterizzata dall'assenza di qualsiasi tipo di connessione diretta tra gli elementi costruttivi delle parti aggiunte e quelli del manufatto oggetto dell'intervento. La tendenza alla differenziazione ed autonomia delle parti nell'ambito della "conservazione attiva" o "trasformazione controllata"⁹ conferisce al progetto una maggiore propensione verso la componente conservativa, mirando essenzialmente al recupero dei livelli prestazionali originali del manufatto esistente.

- la seconda classe, **elementi ad interfaccia attiva**, necessita di azioni dirette sul supporto originale, conferendo al progetto una spiccata propensione verso la componente trasformativa che può consentire miglioramenti anche rilevanti dei livelli prestazionali. A seconda del grado di integrazione degli elementi costruttivi risulta possibile individuare tre ulteriori sotto-classi di elementi ad interfaccia attiva a ciascuna delle quali corrisponde una specifica volontà trasformativa. In particolare possiamo distinguere quella a connessioni **puntiformi**, quella a connessioni **discontinue** e quella a connessioni **continue**.

⁸ Così il Prof. Enrico Mandolesi definisce il "progetto"

⁹ Zordan L., *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni*, L' Aquila, 2002.

Il ricorso all'utilizzo di *elementi di interfaccia passiva* si concretizza, nella maggior parte dei casi, mediante strategie che prevedono inserimenti, addizioni isolate e sovrapposizioni.

La tendenza a operare prevalentemente con volumi pienamente autonomi, di fatto finalizzata a limitare il più possibile qualsiasi tipo d'interazione di natura fisica tra le parti, trova particolare riscontro negli interventi in cui siano presenti notevoli difficoltà di rapportarsi a contesti fortemente storicizzati o vincolati, che implicano cioè la totale conservazione di organismi edilizi consolidati la cui percezione risulta fortemente radicata nell'immaginario collettivo.

Le scelte tecnologiche che ne derivano, legate alla realizzazione di elementi di connessione molto contenuti o assenti e la limitata possibilità di manipolazione della preesistenza che può condurre al più ad un ripristino dei livelli prestazionali originari, rendono la maggior parte delle azioni di recupero che fanno uso di elementi di interfaccia passiva altamente reversibili.

L'utilizzo di *elementi di interfaccia attiva* nelle strategie che prevedono integrazioni, addizioni integrate, sostituzioni e interposizioni, risulta invece, maggiormente legato ai processi di aggiornamento della fabbrica, la cui immagine può anche essere utilizzata anche come veicolo di trasmissione e strumento di riconoscibilità dell'intervento.

La richiesta di una elaborazione articolata delle connessioni riduce notevolmente l'autonomia dei nuovi elementi mentre la forte differenziazione che si determina tra questi e l'esistente può indurre, in funzione del particolare sistema costruttivo e dell'estensione delle parti coinvolte, anche a significative trasformazioni morfologiche.

Il grado di reversibilità dell'intervento diminuisce drasticamente in funzione dell'estensione e del tipo di connessione utilizzata; le parti originali possono arrivare a coincidere (fino a fondersi) con le nuove, mentre l'obiettivo diventa quello di realizzare un collegamento sempre più efficiente dal punto di vista prestazionale, complessificando le stratificazioni degli elementi costruttivi, arrivando ad operare, in molti casi, anche con il preassemblaggio delle parti.

Dunque la scelta del tipo di elemento di interfaccia può permettere, già in fase preliminare, l'esclusione di un determinato approccio perchè o poco adeguato a misurarsi con il grado di trasformabilità¹⁰ dell'esistente o poco performante dal punto di vista del miglioramento dei livelli prestazionali.

¹⁰ Sui processi di fattibilità e di verifica rispetto al sistema dei valori cfr. Zordan L., Bellicoso A., De Berardinis P., Di Giovanni G., Morganti R., *Le tradizioni del costruire...*, Op. cit.

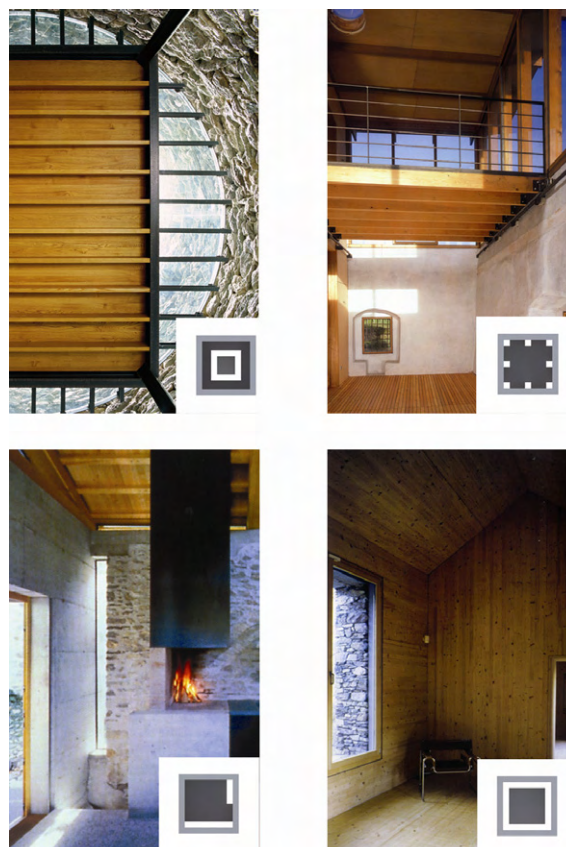


Fig.2: Gli elementi di interfaccia rappresentano la sintesi della trasformazione.

Il territorio quale contesto applicativo di una architettura "senza architetti", l'edilizia storica di base dell'Abruzzo interno, Rosciolo dei Marsi

L'edilizia di base del **costruito** storico proprio dell'Abruzzo interno risulta caratterizzata da un'architettura povera, frutto molto spesso dell'autocostruzione e tesa il più possibile all'ottimizzazione di risorse sia umane che materiali¹¹. Un'architettura **umile**, "[...] di quella fatta per sé dall'utente senza la mediazione di altri e senza precostituzione di strumenti di rappresentazione a monte dell'oggetto edilizio stesso"¹², resa **nobile**, "Dall'utilizzazione integrale delle risorse offerte dal microterritorio e dalle capacità di manipolare la materia..."¹³.

Un'architettura che, soprattutto per come si integra con la natura del territorio nel quale si inserisce, ha attratto ed ispirato artisti come M.C. Escher¹⁴, Joseph Beuys, Edward Lear, P.S. Kroyer, e fotografi come Henri Cartier Bresson, Chim, ecc. Lo studio del modo di costruire dell'edilizia di base dell'Abruzzo non può dunque prescindere dalla natura del luogo, dalla storia delle vicende che lo hanno investito ed dalle realtà socio-economiche che lo hanno caratterizzato. Se si intende per **identità** di un luogo, quella teorizzata da Kevin Lynch¹⁵, "il risultato dell'evoluzione storica", allora la scelta di come conservare o valorizzare questo carattere è guidata dalla conoscenza del suo passato e dalle forze storiche che ancora lo sorreggono. Un luogo ha il ruolo di incarnare il mondo della vita ed il suo valore consiste nel rappresentare, come scrive Norberg-Schultz¹⁶, una essenza locale generale, uno spazio dalle caratteristiche di **unicità**. Un luogo inteso come fenomeno totale, un insieme inscindibile di tutte le singole caratteristiche che lo compongono: ambientale, storica, urbana, percettiva, simbolica, sociale; "[...] In certi luoghi ed in certe epoche l'edilizia comincia con l'abitazione monoloculare: piano terra agricolo o artigianale e primo piano abitativo con connessione esterna come

nelle case a profferlo presenti in tanta parte dell'abitato mediterraneo; oppure con scale interne che pongono il problema dell'attraversamento del solaio."¹⁷ I luoghi storici collegano il passato con il presente, testimoniando il carattere durevole della collettività che si identifica all'interno di un territorio riconoscendo i suoi componenti perché appartenenti ad una propria cultura o immagine. Essi non sono statici ma mutano per importanza e significato ogni qual volta la storia viene riletta e reinterpretata, trasformando i luoghi in monumenti e rivisitando i simboli del territorio. Se la costruzione di un monumento costituisce il desiderio più o meno conscio di lasciare un segno nello spazio che possa perpetuarsi nel tempo, allora sarebbe doveroso ragionare "[...] con l'idea di estendere il concetto di monumento (inteso come memoria significativa di cultura e perciò degna di tutela e salvaguardia), al contorno costruito e allo spazio vuoto circostante l'oggetto architettonico principale, nonché agli abitati storici nel loro complesso, ritenuti a lungo fenomeni di "edilizia minore", vale a dire trascurabili e trasformabili a seconda delle esigenze."¹⁸ All'interno di una determinata area spazio-temporale l'immagine dell'edilizia storica di base rimane la stessa senza essere mai uguale; "[...] le abitazioni che venivano costruite in un certo periodo storico, in una certa area, soddisfacevano esigenze omogenee [...]. Naturalmente ogni casa era diversa da quella vicina, ma le rassomiglianze erano di gran lunga superiori alle differenze."¹⁹ A scala regionale le caratteristiche di similarità, consentono, con riferimento al "Manuale regionale per il recupero dei centri storici"²⁰, l'individuazione di zone omogenee che mostrano, a partire dai caratteri geomorfologici e costruttivi prevalenti, una propria irriducibile **unità**, una sorta di "[...] "forza nascosta", tale cioè da sembrare in grado di resistere agli attacchi delle modificazioni - meglio ancora delle alterazioni - intervenute ed in atto."

¹¹ Per approfondimenti sui materiali dell'edilizia minore dell'Abruzzo, De Berardinis P., *I Materiali dell'edilizia storica*, in Zordan L., *Le tradizioni del costruire...i*, Op. cit.

¹² Caniggia G., Maffei G.L., *Lettura dell'edilizia di base*, Marsilio, Venezia, 1979, pag. 40.

¹³ Chiurini G., *L'architettura popolare in Italia. Umbria*, Laterza, Bari, 1986, pag. 83.

¹⁴ Diversi soggetti ripresi ed elaborati dalla geniale fantasia creativa dell'olandese Escher sono in effetti riferimenti reali a borghi e piccoli centri abruzzesi dove l'artista ha vissuto lunghi periodi negli anni venti; è il caso di Castrovalva, ma anche di Pettorano Sul Gizio, Goriano Sicoli, Scontrone, Fara San Martino, Scanno, ecc.

¹⁵ Per approfondimenti; Lynch K., *L'immagine della città*, Marsilio, Venezia, 1964.

¹⁶ Per approfondimenti; Norberg-Schultz C., *Genius Loci*, Electa, Milano, 1979.

¹⁷ Cfr. Giuffrè A., *Sicurezza e conservazione dei centri storici in aree sismiche. Sintesi metodologica*, in AA.VV., *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, Laterza, Bari, 1993, pag. 5.

¹⁸ Cuneo P., *La memoria*, in AA.VV., "Centri antichi minori d'Abruzzo", Gangemi Editore, 1996, pag. 87.

¹⁹ Cfr. Giuffrè A., *Sicurezza e conservazione dei centri storici in aree sismiche. Sintesi metodologica*, in AA.VV., *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, Op. cit.

²⁰ Il lavoro, per la predisposizione del "Manuale regionale per il recupero dei centri storici", promosso dal Settore Urbanistica, Beni Ambientali, Parchi e Riserve Naturali della Regione Abruzzo, è stato affidato alla Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Architettura e Urbanistica, dell'Università degli Studi dell'Aquila con riferimento ai centri delle zone interne (coordinatore Luigi Zordan) e alla Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi "Gabriele D'Annunzio" che tratta invece i centri della fascia costiera (coordinatore Tommaso Scalesse).



Fig.3-5: Rocca Calascio (Aq).

La valle Porclaneta: storia delle tecniche

Il primo problema pratico riscontrato nella ricerca delle tecniche costruttive dell'edilizia di base che interessa la maggior parte del costruito del centro campione Rosciolo dei Marsi²¹, ma anche dei centri limitrofi di Magliano, Marano e dell'intera valle Porclaneta, per alcuni valle Merculana²², ha riguardato sia il reperimento delle fonti bibliografiche, sia di documentazioni d'archivio specifiche.

Per fronteggiare tale difficoltà il rilevamento "in situ" si è dimostrato il principale strumento²³ per il reperimento di preziose informazioni circa i caratteri costruttivi dell'architettura storica tradizionale propria del contesto nel quale si è operato. Un contesto in cui il prodotto lapideo, rappresentando la principale risorsa naturale e, quindi, materiale da costruzione di più immediato utilizzo, ha assunto un ruolo determinante nella formazione della cultura materiale.

L'utilizzo della pietra calcarea conferma la tesi secondo la quale la costruzione degli edifici riflette il suo sottosuolo (Fig. 7), mentre la conoscenza storica è volta alla ricostruzione critica dei processi di ideazione, formazione e trasformazione del costruito. Analizzata la documentazione pubblicata, si è proceduto operando per continue analisi comparative tra le fonti, sia per verificare l'attendibilità delle stesse, sia per individuare i principali fattori che hanno condizionato nel tempo la caratterizzazione delle tecniche costruttive, influenzando tanto l'evoluzione tipologica, quanto dell'apparecchiatura costruttiva. Gli aspetti che determinano le peculiarità della costruzione in pietra nella valle Porclaneta vanno dalla storia (i romani, la dinastia dei Conti dei Marsi, il fenomeno dell'incastellamento, la diffusione degli ordini monastici; la battaglia di Tagliacozzo, i terremoti, ecc.) alle risorse naturali, dalle caratteristiche geologiche al clima, dalle situazioni geografiche alle ricostruzioni.

²¹ Il borgo di Rosciolo dei Marsi ricade nell'ambito dello studio finalizzato alla redazione del Manuale Regionale del Recupero dei centri storici (coord. Prof. Luigi Zordan). La scelta di questo centro campione dell'area del calcare (**zona 3**) nella Marsica occidentale, è finalizzata a trattare i molteplici temi del progetto di recupero ad un caso di studio concreto.

²² Da una notizia dello storico Brogi, *La Marsica*, 1900, il quale riferisce di un monastero di S. Maria in valle «*Merculana*», è sorto il dubbio o che questi avesse confuso il nome o che la valle fosse anche così chiamata.

Nessun autore però anche tra quelli più antichi riporta il nome «*Valle Merculana o Marculana*».

Da ricerche effettuate presso l'archivio Diocesano di Avezzano, è emerso da numerosi documenti giuridici rinvenuti, che dal 1400 in poi il monastero ed i suoi possedimenti sono indicati nella «*Valle Merculana in territorio di Rosciolo*».

²³ Anche in rapporto al quadro più generale offerto degli eventi storici, dalle caratteristiche geografiche, climatiche e socioeconomiche.

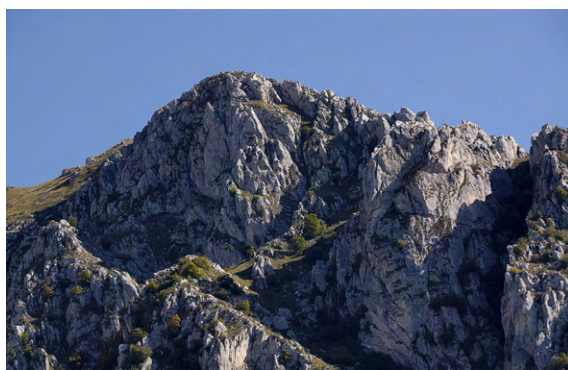


Fig.6-8: La valle Porclaneta, il monte Velino, Resti di Alba Fuciens, (Aq).

La maggior parte dei centri della valle risulta di origine romana, secondo il Fiorani lo stesso nome Rosciolo deriverebbe da “[...] *Roscius, cognome di origine romana. Si dice, infatti, che al tempo di Roma antica nella vicina Valle Porclaneta esistevano alcune ville sontuose, una delle quali sarebbe appartenuta a un certo Roscius, di famiglia patrizia*”²⁴, ciò è testimoniato dal procedimento dell’opus reticulatum e dell’opus incertum, diffusamente presente nei resti di alcune muraure rinvenute nella zona, ma soprattutto in quelli della vicina Alba Fuciens, ai quali in alcuni casi si accompagna anche la tecnica dell’opus testacium.

²⁴ Fiorani P., *Una città Romana "Magliano dei Marsi"*, 1978, pag. 156.

Da ricerche storiche diffuse, è emerso come i nomi di altre località della zona abbiano la stessa origine, Magliano da Manlius, Marciano da Marcius, Lucciano da Lucius, ecc.

Nomi di cittadini romani che dovevano avere altre ville nell’ambito della valle, sono evocati in numerose lapidi, in particolare il Febonio, ne riferisce di alcune che ai suoi tempi si leggevano ancora presso la chiesa di S. Maria: *“Molto significativa al riguardo, potrebbe essere un’epigrafe²⁵ romana, che un tempo si trovava nella chiesa di Santa Maria, ubicata nella suddetta Valle.[...] Col trascorrere dei secoli, e forse dopo il crollo dell’Impero d’Occidente, le suddette ville romane furono trasformate in chiese.”*.

Così la storia ci parla di Villa S. Martino e Villa S. Sebastiano poste più a valle, Villa S. Barnaba, sulle pendici del Velino, Villa Maggiore nei pressi dell’attuale abitato e Carce, sita sul monte omonimo. Con la caduta dell’impero romano l’edilizia medioevale è fortemente influenzata dal fenomeno dell’incastellamento²⁶ e dalla diffusione degli ordini monastici. Si assiste ad un trasferimento di conoscenze e tecniche dai cantieri organizzati per l’architettura fortificata e quella religiosa al cantiere povero dell’edilizia di base, quest’ultimo caratterizzato da maestranze scarsamente diversificate e poco specializzate; principalmente muratori e manovali capaci di rispondere alle diverse esigenze di cantiere, con un capomastro che dirige i lavori. Le scelte tecnologiche risultano molto più condizionate di quanto era accaduto in epoca romana, la povertà dei mezzi a disposizione e le difficoltà di trasporto legano il cantiere medioevale alla realtà fisica e sociale del territorio in cui si opera. La tendenza generale vede il passag-

²⁵ Febonio M., *Historiae Marsorum*, Napoli, 1678, pag. 176, Cfr. Fiorani P., Op. cit., pag. 150. **-LVPICINO-FELICIA-CONIUGI-BENEMERENTI-POSUIT-CUM-QUA-VIXIT-ANN.-XVIII-** (A Lumicino, benemerito marito, la moglie Felicia, che con lui visse diciotto anni, pose) ed un’altra in cui si legge chiaramente **-SEX. MARCIO GENIALI-**.

²⁶ A proposito dell’incastellamento l’Antinori così si esprime: “[...] si erano cominciate a fare le incastellazioni. Si chiamavano così le unioni de’ Castelli più piccoli alle Città vicine, o ai Castelli più grandi, e confinanti, acciòché gli abitatori vivessero con maggior sicurezza, e comodo. Era una specie di ascrizione del Castello minore all’agro, o territorio del Castello maggiore, e più ricco.

In vigore di essa gli incastellati entravano a parte di tutti i commodi, utili, e pesi, che solevano avere gli altri Castelli della [...] Terra incastellante, tanto in tempo di pace, quanto di guerra.

Per conseguenza, come se fosse l’istesso campo venivano ad avere comuni, e promiscue le leggi, e gli statuti sull’annona, i pesi e le misure, i Mercati, gli opportuni sussidi, e tal genere di altre cose. Aveva l’aspetto d’una pubblica confederazione [...].

L’unione liberamente contratta, concorrendo poi giuste cause, liberamente si poteva disciogliere.”.

Cfr. Antinori A.L., *Annali*, Biblioteca Provinciale dell’Aquila (ediz. Anast., Bologna, Forni), vol VIII, pag. 584.

gio da una fase alto medievale caratterizzata dal recupero della materia edilizia antica, ad un periodo quello dell'incastellamento, corrispondente all'XI-XII secolo, nel quale predominano edifici apparecchiati con media qualità, in genere poco regolari e per lo più ricchi di malta. Intorno al XII-XIII secolo si riscontra una regolarizzazione della posa in opera ed un miglioramento della lavorazione dei pezzi, anche se la qualità della muratura torna a peggiorare in epoca tardo medievale, periodo in cui si diffonde la prassi di intonacare le pareti esterne degli edifici. Un ruolo molto importante nell'attività edilizia è ricoperto dall'opera degli ordini monastici il cui intervento all'interno del cantiere duecentesco non riguarda l'introduzione di tecniche innovative, bensì l'aspetto organizzativo imprenditoriale e la formazione delle maestranze²⁷.

Nel trecento non vengono introdotte tecniche e tipi costruttivi innovativi, ma perpetrate le stesse modalità realizzative acquisite nelle epoche precedenti. Nelle ricostruzioni, sopraelevazioni e ampliamenti accorse nei secoli, anche quando iniziano ad essere inseriti nella muratura frammenti di laterizio, il nucleo continua ad essere concepito con le stesse modalità duecentesche.

Le tracce nelle varie stratificazioni dei crolli e delle ricostruzioni che si sono succeduti nel tempo restano su tutte le murature a vista e in molti casi determinano la scelta dell'intonaco per omogeneizzare i diversi tratti delle pareti murarie.

In sintesi dunque le regole costruttive che caratterizzano l'edilizia di base della valle Porcia derivano dalla traduzione dell'esperienza pratica: "[...] la consapevolezza pratica del fenomeno che s'innesci nella frattura dell'architrave suggerisce l'aumento di altezza in mezz'opera (con l'adozione di forme triangolari o trapezoidali) e/o la riduzione della luce con mensole di pietra predisposte sui piedritti; il sistema di archi di scarico e case ad arco o di volte contrapposte elimina le spinte orizzontali che investono l'intera apparecchiatura costruttiva; i tetti non spingenti, gli angoli ammorsati, il sistema degli incatenamenti rappresentano utili rimedi al sisma. In tutti la soluzione del problema risiede nell'esperienza del "saper fare", saper fare dall'artigiano che si trasforma in arte del costruire e si specializza in occasione di alcuni dettagli architettonici e lavorazioni."²⁸

²⁷ Anche se le maestranze specializzate vengono impiegate nei cantieri ricchi, dei palazzi nobili, delle chiese ma anche degli ampliamenti e delle costruzioni dei borghi fortificati, rappresentano un veicolo di informazione anche per il cantiere povero che caratterizza spesso l'edilizia di base.

²⁸ Jordan L., *Le tradizioni del costruire...*, Op. cit., pp. 16-17.



Fig.9-10: La chiesa di Sana Maria in Valle di Roscio. Le maestranze specializzate impiegate nei cantieri ricchi, rappresentano un veicolo di informazioni anche per il cantiere dell'edilizia di base.

Il centro campione Rosciolo dei Marsi

Rosciolo²⁹ nel comune di Magliano dei Marsi in provincia dell'Aquila è un piccolo centro situato su di un colle ad una altitudine di 900 metri, in posizione panoramica, tra le falde occidentali del monte Carce e del monte Velino, dove si estende la valle Porclaneta³⁰.

Il crinale del colle (che segue la direttrice che va da sud-est a nord-ovest) sul quale è edificato il borgo appare quasi interamente costruito presentando, soprattutto nella parte che guarda a sud-est, pochi vuoti urbani dovuti in parte a crolli occorsi nel tempo. Il costruito per quasi un 80% della sua consistenza risulta essere a due massimo tre livelli con alcuni complessi edilizi, per lo più a carattere nobiliare, che arrivano a quattro. La stratificazione degli interventi di manutenzione e di trasformazione sui singoli edifici, ha in parte deturpato l'omogeneità del carattere urbano e l'organicità delle caratteristiche architettoniche del borgo. La percorribilità risulta per lo più pedonale mentre i percorsi carrabili sono tutti tangenziali al complesso edificato, fatta eccezione per via del Campanile e via del Forno che tagliano il borgo in modo radiale, arrivando fino a piazza S. Maria delle Grazie. Per quanto riguarda i dati demografici, i registri conservati in municipio documentano lo stato e il movimento della popolazione dell'intero comune di Magliano dei Marsi che, come detto, comprende le frazioni di Rosciolo e, dagli anni cinquanta, di Marano. Dall'archivio diocesano è stato possibile ottenere solo i dati relativi alla popolazione dal 1887 al 1899. Una testimonianza riporta che *"Rosciolo al 31 Dicembre 1868 aveva una popolazione composta di 1091 individui"*³¹. Il Bindi invece riferisce che *"[...] era ne'tempi di Carlo V di 141 fuochi"*³², *nel 1595 di 121; nel 1666 di 41"*³³. Le fonti dirette attestanti le origini del centro

sono carenti a causa della distruzione degli archivi con il terremoto che colpì la Marsica nel 1915. Di Rosciolo si apprende l'esistenza nel 1048. A questa data il cronista cassinese Pietro Diacono³⁴, fa risalire la donazione, da parte di Berardo conte dei Marsi, al Monastero Benedettino di Santa Maria, del Castello di Rosciolo³⁵, una fortezza che all'epoca era munita di una solida torre³⁶ e resistenti mura, queste ultime in parte distrutte nell'ultimo secolo per consentire la costruzione della via comunale³⁷. La dinastia dei conti dei Marsi ebbe inizio nel 819 quando, con l'invasione dei Franchi, in forza del decreto del Re Ludovico I, vennero sostituiti ai Gastaldi Longobardi che governavano la provincia Valeria e quindi la Marsica.



Fig. 11-12: Viste di Rosciolo dei Marsi

²⁹ ROSCULO nei documenti più antichi.

³⁰ Nel 1770 il Febonio scrive del luogo:

"[...] Vi furono le antiche ville di S. Martino, di S. Barnaba, Villa Maggiore, vicino alla chiesa di Nostra Signora della Valle nelle regioni della terra di Rosciolo, tutte disfatte dalla guerra di Corradino di Svevia al re Carlo d'Angiò.

Circa duemila passi lungi dalla riferita terra veggiamo situata in ripido colle l'antica villa di Porclaneta, di cui fa Menzione il Lubin nel Libro "Le Badie d'Italia". Fu qui anche rinominata la terra di Rosciolo molto ben cognita per lo lodato monastero, la di cui chiesa in oggi è Collegiata insigne ed il monastero è distrutto. Sicuro nei tempi antichi essa era sacra alla Beatissima Vergine delle Grazie..."

Cfr. Febonio M., *Historiae Marsorum*, Napoli, 1678, in Don Angeloni V., *Santa Maria in Valle Porclaneta*, Avezzano, pag. 11.

³¹ Di Pietro A., *Agglomerazioni delle popolazioni della diocesi dei Marsi*, Avezzano, 1869, (rist. anast., Avezzano, Polla A.).

³² I fuochi erano le singole unità familiari nelle registrazioni di censimento.

³³ Bindi V., *Monumenti storici ed artistici degli Abruzzi*, 1889, pp. 897-898.

³⁴ Il Diacono riferisce che *"[...] Berardo, conte dei Marsi, per redenzione sua e dei suoi congiunti, dona il castello di Rosciolo con le sue pertinenze al monastero di Santa Maria, Madre di Dio, che è stato costruito nel luogo, che è chiamato Valle Porclaneta"*.

³⁵ Cfr. Brogi, Op. cit., pag. 144, *"[...] abbiamo di lui una donazione dell'anno 1048, che fece al monastero benedettino in valle Porcaneci del castello di Rosciolo"*. Abbate E., 1903, pag. 115, Bindi V., Op. cit., pag. 900, Paoluzi, 1929.

³⁶ Purtroppo la torre di cui scrive il Di Piero nella sua cronaca *"[...] Il Castello di Rosciolo ha un'alta Torre fornita dei corrispondenti propugnacoli, per la quale riceveva dal Tesoriere della Provincia annui Ducati 24. Adesso è quasi distrutta"*, è andata completamente distrutta a causa dei vari terremoti abbattutisi sulla Marsica negli ultimi secoli.

³⁷ Abbate E., Op. cit., pag. 114.

Il nome Berardo si ripete infinite volte nel ramo dinastico dei Conti dei Marsi (tanto che erano chiamati anche De Berardinis).

Dopo la morte di Berardo IV, i figli Berardo, Aginulfo e Rinaldo, entrarono in discordia per la successione della contea e vennero alle armi. La contesa si concluse con un accordo secondo il quale Berardo sarebbe diventato Conte dei Marsi, Rinaldo si sarebbe stabilito nel castello di Orticola e Aginulfo avrebbe posseduto Sant'Angelo di Carsoli³⁸.

Fu proprio per manifestare la sua riconoscenza a Dio per la vittoria riportata sui fratelli, come narra Leone Ostiense, che Berardo fece diverse donazioni ai Benedettini³⁹: a S. Maria in Lucio, a S. Cesidio in Trasacco e, forse la più importante a Santa Maria in Valle a Rosciolo il cui atto di donazione, consegnato all'abate Giovanni, porta appunto la data del 1048⁴⁰.

Dopo qualche anno, sempre il conte Berardo donò all'Ordine Benedettino il monastero di Santa Maria in Valle Porclaneta e il Castello di Rosciolo con tutte le sue pertinenze.

L'atto di donazione consegnato a Desiderio, Abate di Montecassino, porta la data del 1084⁴¹, come è riferito da Leone Ostiense, cronista cassinese e biografo dell'abate.

Sulle date però non tutti gli storici accordano; da attente riletture e confronti delle fonti, emerge che la diversità delle opinioni deriva da una doppia donazione. La prima, con la quale il Conte dotava la chiesa e il monastero delle rendite necessarie, assegnandole Rosciolo ed il suo territorio; la seconda, con la quale dona-

va il tutto (chiesa, monastero e patrimonio) all'ordine benedettino. Un'ulteriore testimonianza della donazione è rappresentata da un'epigrafe scolpita sul pilastro di sinistra del pronao della chiesa:

**HVIVS ECCLESIAE PRIOR VERAX (sic)
ATQUE LARGITOR IPSE QUI ES
PROBVS HOMO
SIBI AVGEATVR HONOR. BERARDVS
B. NOMINE⁴²**

Da questo punto in poi la potente famiglia dei conti dei Marsi si avviò alla decadenza: i possedimenti rimasero circoscritti alla sola Marsica, rassegnandosi all'inesorabile dominio normanno che, a partire dal 1142, per intervento dello stesso re Ruggero, interessò anche la provincia dei Marsi⁴³.

La politica dei normanni tese all'unificazione del regno. La contea dei Marsi passò a principato e la Marsica fu denominata *Valle dei Marsi*.

Essa comprendeva i feudi di Celano e di Albe tenuti in possesso dai discendenti dei conti dei Marsi, il conte Rinaldo di Celano e i conti Berardo e Ruggero di Albe.

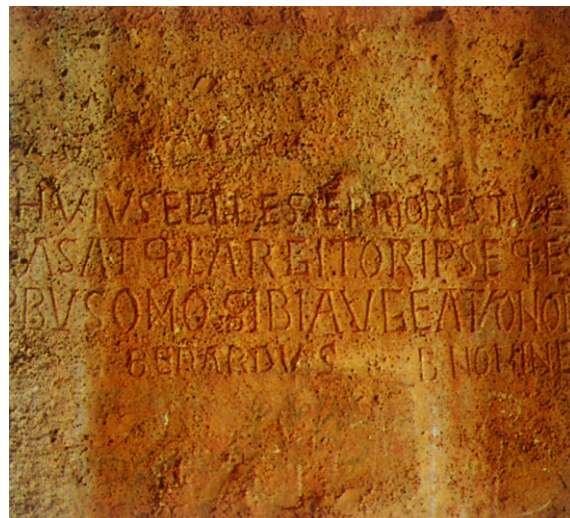


Fig. 13: Epigrafe di Berardo
Chiesa di Sana Maria in Valle

³⁸ Cfr. Brogi, Op. cit., pagg. 138-139 e Paoluzzi, in Op. cit., 1929.

³⁹ Riferisce ancora il Brogi "[...] narra la Cronaca Cassinese che Teodino suo figliolo venne ancor giovinetto dal monastero di Rieti, dove aveva vestito l'abito monacale a trovare il padre e che insieme si portarono al Monastero di Santa Maria in Valle Marculana (?) e vi fecero oblazione del monastero stesso" ed ancora "[...] il gran numero delle donazioni che in questa ultima metà del secolo vediamo fatte, sembra uno sconcerto rassegnato ai sentimenti di religione s'impadronisce degli animi di questa famiglia".

⁴⁰ Bindi V., Op. cit., pag. 900, Moretti M., in *Architettura medioevale*, Roma, 1971, pag. 86, Gavini C., in *Storia dell'architettura in Abruzzo*, 1927, Milano, pag. 50, riferiscono che l'Antinori, in *Raccolta di memorie storiche*, XXIV, fa risalire l'atto di donazione al 1077, anno in cui Bindi V., in Op. cit. pag. 901 e Abbate E., in Abbate Op. cit., 1903, pag. 115, invece, risalirebbe l'intitolazione della chiesa a Santa Maria.

⁴¹ *Chronicon Cassinense*, lib. III, c. LX, in Piccirilli, *La Marsica-Appunti di storia e d'arte*. In "Napoli Nobilissima", Napoli, 1903, pag. 5: "Anno 1084-Berardus etiam Comes filius Berardi Marsorum Comitum, eo tempore obtulit B. Benedictio monasterium S. Mariae in Valle Porclaneta, et castellum Roscium cum pertinentiis suis". In realtà l'atto del 1084 è solo il più importante della donazione, che ebbe inizio nel 1048 quando Berardo, già conte dei Marsi, quindi successivamente alla vittoria riportata sui fratelli, donò come segno di riconoscenza a Dio il castello di Rosciolo al Monastero in Valle Porclaneta.

⁴² Bindi V., Op. cit., pag. 901. Diversamente si legge in Moretti M., Op. cit., pp. 90-91:

**<<HVIVS ECCLESIE PRIORES TVE
RASAT ET LARGITOR IPSE QVES
PROBVS OMO SIBI AVGEAT ONOR
BERARDVS BONONOMINE>>**

Moretti M., in Op. cit., pag. 91, Esposito, in Esposito, 1991, pag. 88, Gavini C., in Op. cit., pag. 50, concordano sulla seguente traduzione: "Di questa chiesa è primo benefattore e donatore colui che è uomo probo, Berardo di Berardo [N.d.R. BERARDVS B(ERARDO) NOMINE]. Gli si accresca l'onore". Qualche differenza si nota nella traduzione del Febonio Op. cit., nella quale, per esempio, B. NOMINE è interpretato (b)eato di nome.

⁴³ Brogi, Op. cit., pag. 177.

La signoria dei De Berardinis decadde definitivamente nel 1222 sotto gli svevi, dopo aver combattuto contro Federico II⁴⁴.

Nel 1268, durante la battaglia detta di *Tagliacozzo*, nella quale si scontrarono Corradino di Svevia e Carlo d'Angiò, rimasero distrutti i villaggi⁴⁵ di Villa San Biagio, Villa Sant'Angelo, Villa Santa Maria Maddalena, Villa Terremori, Pestrio, Villa San Martino, Villa Maggiore, nei pressi della chiesa di Santa Maria in Valle Porcianeta, il monastero adiacente alla chiesa, Villa San Barnaba e Carce: i loro abitanti si rifugiarono in parte a Sant'Anatolia, in parte a Magliano ed in parte a Rosciolo⁴⁶.

Non è certo se gli abitanti di Carce lasciarono il villaggio in seguito alla battaglia di *Tagliacozzo* o precedentemente, perché come riporta il Fiorani "[...] tediati dalla montagna"⁴⁷, ma ciò che emerge con chiarezza, è che gli abitanti di Carce edificarono, Magliano, Rosciolo e Marano.

Il Di Pietro, canonico della diocesi dei Marsi vissuto nel XIX secolo, documenta:

"[...] gli abitatori di Carce, come in parte edificarono Magliano, così in parte costruivano il castello di Rosciolo. Fu poi questo accresciuto dalla villa di S. Barnaba situata vicino al Monastero dei Benedettini nella Valle Porcianeta i di cui abitatori portarono con sé la Badia, i canonici, le campane e tutto ciò che sta nella chiesa, edificata in quella circostanza"⁴⁸.

Il nome *Charchium* fa la sua comparsa nel Medioevo e rappresenta probabilmente la volgarizzazione del sostantivo *castrum*, il quale "[...] esprime lo stesso concetto di *Arx*, essendone identica la funzione di presidio militare"⁴⁹.

Da *Carchium* sarebbe poi derivata la denominazione *Carce*, tuttora in uso⁵⁰.

Oggi purtroppo del borgo incastellato⁵¹, della

porta d'accesso e del fortilizio con i due baluardi non si hanno più tracce. Unica testimonianza è rappresentata dai resti delle mura perimetrali. Villa San Barnaba fu il villaggio i cui abitanti confluirono maggiormente a Rosciolo, portando con sé "[...] la sacra suppellettile, le campane e i vasi sacri, insieme con il collegio degli otto canonici non privati del loro titolo di prepositura, ma senza il dovere di omaggio all'abate farfense, che gli si riconosce solo nelle cose spirituali"⁵². Ancora oggi, nei luoghi in cui sorgeva la Villa, sopravvive una chiesa rurale dedicata al santo.

Dal Febonio⁵³ si apprende dell'esistenza di altre chiese site nel territorio di Rosciolo, oggi scomparse: adiacente alla chiesa di San Sebastiano Martire si trovava la chiesa di S. Lorenzo in Cuma; "[...] nel monte c'è l'eremo di S. Onofrio, visitato con devozione dai fedeli e noto per l'amenità del luogo e la purezza delle acque"; la chiesa di S. Salvatore, "[...] un tempo convento dei monaci Farfensi, ora semplice e rurale beneficio (nella chiesa parrocchiale è conservata una statua in legno rappresentante il Santo); inoltre tra l'una e l'altra (forse tra la chiesa di San Salvatore e quella di San Lorenzo) resta l'antica chiesa parrocchiale sulla discesa del colle detto S. Maria del Paradiso".

Nel 1415 il borgo fu cinto di mura a spese pubbliche, ciò è ancora testimoniato da un'epigrafe che si trova sul pilastro della porta ovest del paese:

**FAVSTV ET FOELIX OP
PVBL CA IMPENSA
BERARDINO ARTEFICE CLARI
ANN SALVTIS 14X5⁵⁴**

Verso la fine del XVI secolo, sul piano amministrativo e politico, Rosciolo venne annesso al Ducato di Tagliacozzo fino al 1806, anno di abolizione dei feudi per decisione di Giuseppe Bonaparte.

Qualche altra laconica informazione bibliografica è dal Bindi, il quale riferisce che: "[...] Rosciolo fu terra del Contado di Alba e di Tagliacozzo"⁵⁵ e ancora che nel 1497 ne fu possessore Antonio Rota e nel 1659 Alfonso Rota, dipendente nello spirituale di Farfa⁵⁶.

⁴⁴ "[...] stizzito anziché no per tanta resistenza venne in persona a Celano e cinse d'assedio la zona e distrusse (1222) il castello fortificato. La famiglia dei Berardi perdette così il contado di Celano e poco appresso anche quello di Alba: cadde nella Marsica la loro signoria quattro volte secolare non per decrepitezza o manco di virtù ma piena di vigore, combattendo contro un potentissimo imperatore" Brogi, Op. cit., pag. 202.

⁴⁵ Riporta il Febonio <<il turbine della guerra si abbatte su tutta la zona, distruggendo completamente anche le varie ville, dove le popolazioni rurali avevano trovato rifugio>>.

⁴⁶ Cfr. Febonio M., Op. cit., pag. 174; Corsignani P.A., *Della Reggia Marsicana ovvero memorie...Di varie colonie e città antiche*, Napoli, 1738, vol. I, pp. 350-351.

⁴⁷ Fiorani in Op. cit., pag. 156, fa risalire l'evento alla seconda metà del 1200, prima della battaglia di Tagliacozzo.

⁴⁸ Cfr. Abbate E. Op. cit., pag. 114, Di Pietro A., Op. cit. pag. 57, e Febonio M. Op. cit., pag. 158.

⁴⁹ Fiorani P., Op. cit. pag. 85.

⁵⁰ Fiorani P., Op. cit. pag. 85.

⁵¹ Così è descritto dall'Antinori in Antinori A.L., *Annali*, Op. cit., pag. 69. <<(...) quello che poi si disse Carce nei Marsi era feudo del Conte Roggiero d'Albe, incastellato a forma di Rocca nell'estrema vetta del monte, interposto alla Valle, onde si passa aicoli, e donde scorrendo il fiume Anio scende verso degli Equi.

Avendo quella cima una forma ovale, il Castello veniva compitamente d'ogni intorno cinto di mura. Vi si ascendeva per aspro, ed insolito cammino, né per altra via, che pel gioco, e via così stretta, che appena vi possono andare tre insieme di lato. Sulle prime era l'ingresso nel Castello per una sola porta; ma poi renduto Fortelizio, ne ebbe munite due di vallo>>

⁵² Febonio M., Op. cit., pag. 175.

⁵³ Febonio M., Op. cit. pag. 173.

⁵⁴ Per iniziativa di Fausto e Felice, con spesa pubblica, Bernardino, artefice illustrissimo, anno della salvezza 1415.

⁵⁵ Bindi V., Op. cit., pp. 897-898.

⁵⁶ Bindi V., Op. cit., pag. 898.

Nel 1836 la chiesa di S. Maria in Valle Porclaneta tornò sotto la giurisdizione diretta del Vescovo dei Marsi, e nel 1845, infine, Rosciolo venne aggregato al comune centrale di Magliano, sotto l'ordinamento civile ed amministrativo, di cui ancora oggi fa parte.

Morfologia, tipologia, topologia: gli elementi caratterizzanti e lo spazio caratterizzato.

Rosciolo conserva ancora il suo nucleo tardo quattrocentesco derivato dall'incastellamento⁵⁷, fenomeno insediativo che si era verificato in molte zone⁵⁸ dell'Italia centro-meridionale.

Anche i borghi limitrofi di Marano e Magliano, i cui centri storici (come si riscontra dall'esame delle fonti storiche ma anche dal confronto degli elementi costruttivi) presentano forti analogie sotto il profilo "storico-costruttivo", corrispondono in larga parte ai nuclei oggetto dell'incastellamento.

Questo fenomeno che ha caratterizzato l'urbanistica medioevale della zona, prende vita soprattutto, come precedentemente illustrato, grazie all'opera edificatoria della famiglia comitale dei conti dei Marsi che raggiunse il massimo potere intorno al IX secolo, per poi decadere politicamente insieme al processo d'incastellamento della regione marsicana a seguito della conquista normanna.

Alla metà del XII secolo venivano annoverati, oltre a quello di Rosciolo, ben undici castelli, tutti feudi della contea di Alba. Il controllo del sistema della viabilità oltre che degli insediamenti e l'esigenza di difesa dalle incursioni esterne, soprattutto scorrerie saracene ed ungare, porta il castello ad uscire dalla sua vocazione di oggetto puntuale isolato per entrare in una logica sistematica di fortificazioni.

Durante il periodo di massima attività (XIII e XIV secolo), dovuta ad un forte sviluppo economico conseguente al potenziamento delle dogane feudali si assiste ad una nuova fase espansiva dei castelli, alla nascita dei borghi attorno agli incastellamenti preesistenti, con lo sviluppo di nuove cinte murarie e edificazione di insediamenti produttivi a valle. Questi borghi fortificati possono essere considerati come sistemi auto-organizzati a carattere prettamente difensivo, dalla struttura urbana composta da un recinto murario, all'interno del quale viene apparecchiato l'edificato⁵⁹.

La modalità con cui si rapportano alla struttura fisica del paesaggio è quella di assecondarne le variazioni, restituendo un rapporto tra vuoti e pieni fatto di scorci prospettici caratteristici e ritmi aggregativi intelligentemente assuefatti alla naturale orografia del luogo, presentando per lo più un tessuto urbano compatto e piuttosto irre-



Fig. 14: Rosciolo dei Marsi
Vista di una delle torri di guardia e della cinta muraria costruita nel 1415.

⁵⁷ Clementi A., "Carapelle dal Placido del 779 al probabile periodo dell'incastellamento" in *Homines de Carapellas. Storia e archeologia della Baronìa di Carapelle*. L'Aquila, 1988.

⁵⁸ Cfr. Zordan L., Op. cit., pp. 53-54.

⁵⁹ La funzione difensiva accompagnava quella abitativa, rappresentando questi centri la residenza oltre che dei proprietari terrieri, anche della popolazione contadina.

golare tipico degli insediamenti di origine medievale. Tale morfologia risulta comune a molti centri minori di questo territorio, la cui ricostruzione storica dei processi di formazione, mostra che la loro forma irregolare e complessa può essere vista come il risultato dell'azione protratta nel tempo di molteplici fattori. Dall'analisi effettuate emerge con una certa chiarezza che, nell'ambito dei processi evolutivi, la maglia muraria di base resta costante così come anche la "campata tipo". Quest'ultima, all'interno dell'impianto non viene mai negata, nel rispetto delle regole d'arte del costruire che, tramandatesi nel tempo hanno caratterizzato la storia costruttiva dell'edilizia minore e che hanno rappresentato le uniche garanzie di "qualità" dei manufatti. Il sistema murario rappresenta quindi l'elemento di base che si estende a tutto l'ambito urbano secondo regole costruttive tali da far assimilare la struttura del borgo a quella di un **macro edificio**, all'interno del quale una serie di tagli, le strade, caratterizzano l'impianto dei connettivi.

Ciò ha suggerito l'idea di analizzare il borgo come un oggetto frattale, un oggetto cioè che possiede una certa struttura connettiva alle scale differenti pienamente strutturate ad ogni ingrandimento. Partendo dalla considerazione che, in una rappresentazione astratta, un aggregato urbano può essere visto come un oggetto geometrico bidimensionale è possibile descriverne la geometria in termini frattali⁶⁰. Considerando il borgo come l'insieme degli spazi costruiti, esso può essere trattato come un'area piana all'interno della quale si aprono "vuoti" di varie dimensioni. Poiché la densità dei vuoti rimane più o meno costante in corrispondenza di scale dimensionali diverse, si può concludere che può essere analizzato come un oggetto autosimile⁶¹. Il centro storico di Rosciolo risulta dunque pienamente strutturato ad ogni ingrandimento, fondandosi su una maglia cardo-decumanica confinata da una doppia cinta muraria dalla geometria ellittica⁶².

La cinta interna è definita da una serie di case-mura che si interrompe solo nei punti in cui sono presenti gli accessi al borgo per lo più caratteriz-

zati da case ad arco, mentre più quella esterna, da un recinto murario che corre in modo anulare lungo tutto il perimetro del costruito e dal quale emergono le torri di guardia, posizionate rispettivamente una sui lati sud-est e sud-ovest.

Il condizionamento imposto dal terreno collinare, le esigenze di protezione dagli agenti atmosferici, quelle di raccolta e conservazione di risorse quali acqua e luce sono solo alcuni dei fattori che determinano nei caratteri dimensionali e tipologici la conformazione del costruito di Rosciolo, nel cui tessuto urbano è sempre possibile rileggere un'aggregazione modulare di tipologie edilizie diffuse, ben definite e facilmente identificabili (fig. 15). Ha senso quindi parlare di spazialità urbana caratterizzata da elementi comuni caratterizzanti. L'analisi storica infatti mette in evidenza come il borgo tenda a comportarsi nello stesso modo in risposta ad analoghe sollecitazioni di adattamento ed economicità strutturale accrescendosi attraverso il progressivo montaggio di unità insediative che si presentano, dal punto di vista della organizzazione spaziale e relazionale, come delle copie dell'organismo globale⁶³, il cui sistema urbano si evolve attraverso la genesi di apparecchiature edilizie costituite prevalentemente da case a schiera, case muro e case torre.



Fig. 15: Rosciolo dei Marsi
Analisi Tipologica

⁶⁰ Un interessante esempio di applicazione della geometria frattale nell'urbanistica è espresso da Pierre Frankhauser che si propone di ricostruire la struttura di specifici tessuti urbani. Il modello di Frankhauser considera la frattalità in termini della costanza della densità media dei comparti edificati alle varie scale dimensionali.

Per approfondimenti Frankhauser P. *La Fractalité des Structures Urbaines*, Anthropos, Parigi, 1994. cfr. Batty M., Longley P., *Fractal City*, Londra, Academic Press, 1994 e Bovill C., *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Birkhäuser, Boston, 1996.

⁶¹ Sala N., Cappellato G., *Architetture della complessità La geometria frattale tra arte, architettura e territorio*, Franco Angeli editore, Milano, 2004.

⁶² Centofanti M., *Struttura e forma urbana nei centri della media valle dell'Atemo*, L'Aquila, 1975.

⁶³ Donato F., Lucchi Basili L., *L'ordine nascosto dell'organizzazione urbana*, Franco Angeli editore, Milano, 1996.

L'aggregazione a schiera delle cellule tipo, stabilendo un rapporto diretto tra spazio della residenza e spazio pubblico, origina una serie di cortine che seguono l'andamento plano-altimetrico del sito e inserendosi all'interno di una maglia cardo-decumanica orientata secondo la linea di crinale del colle, genera due tipi di fronti prospettici; dove l'altimetria è più irregolare ci si trova in presenza di singoli fronti sfalsati tra loro, invece un'orografia più regolare permette di ottenere un fronte unico. L'impianto cellulare, segnato dalla matrice degli assi viari (fig. 16), mette in risalto un tessuto edilizio generato da una contemporaneità di processi di edificazione. Gli spazi funzionali contenuti nel sistema murario sono caratterizzati da vani risolti all'interno di una maglia a tessitura rettangolare di circa 4 x 5 m. Questi, risultando al minimo delle esigenze abitative, si compongono di un locale principale e di uno secondario "sottano".

Il raddoppio delle cellule in corrispondenza degli incroci degli assi viari propone soluzioni tecnologiche che, attraverso il sistema delle "rue",⁶⁴ evidenziano la relazione tra sistemi aggregativi e accorgimenti antisismici dando origine a veri e propri "organismi urbani" a schiera doppia caratterizzati da alloggi monoaffaccio. Se questa è la sintesi del sistema tipologico-costruttivo che configura le unità abitative, operazioni di ricostruzione, ampliamento e refusione che si sono alternate nel tempo, hanno condizionato l'evoluzione delle tipologie originarie.

Come riscontrato dall'analisi delle fonti dirette è dal 1268 che il nucleo originale, del quale si trova testimonianza fin dal 1048, inizia ad espandersi e strutturarsi per opera degli abitanti di Carce. Una prima espansione con distribuzione cardo-decumanica dell'edificato procede da nord dove era collocata l'antica torre di proprietà dei conti dei Marsi verso sud dove viene edificata verso la fine del XIII secolo la chiesa di Santa Maria delle Grazie.

Ciò è confutato sia da fonti bibliografiche sia dall'analisi dei setti murari degli edifici che in questa parte del costruito presentano nei paramenti notevoli analogie tecnico-costruttive.

Un sostanziale aumento demografico dovuto al fatto che molti degli abitanti delle vicine ville andate distrutte dalle armate di Carlo D'Angiò durante la battaglia di Tagliacozzo si rifugiano a Rosciolo ed alla conseguente necessità di nuove unità abitative, porta il borgo a strutturarsi ed a configurarsi nella sua interezza. Anche lo schema classico di casa rurale che come detto si compone di due vani sovrapposti, si evolve nel tempo, risultando da una parte soggetto a sopraelevazioni finalizzate per lo più ad amplia-

menti delle cellule abitative preesistenti, dall'altra ad una serie di refusioni che, a volte si presentano risolte in continuità allo schema distributivo rispettandone la struttura funzionale e costruttiva, altre invece ne compromettono irrimediabilmente la tipologia originaria.

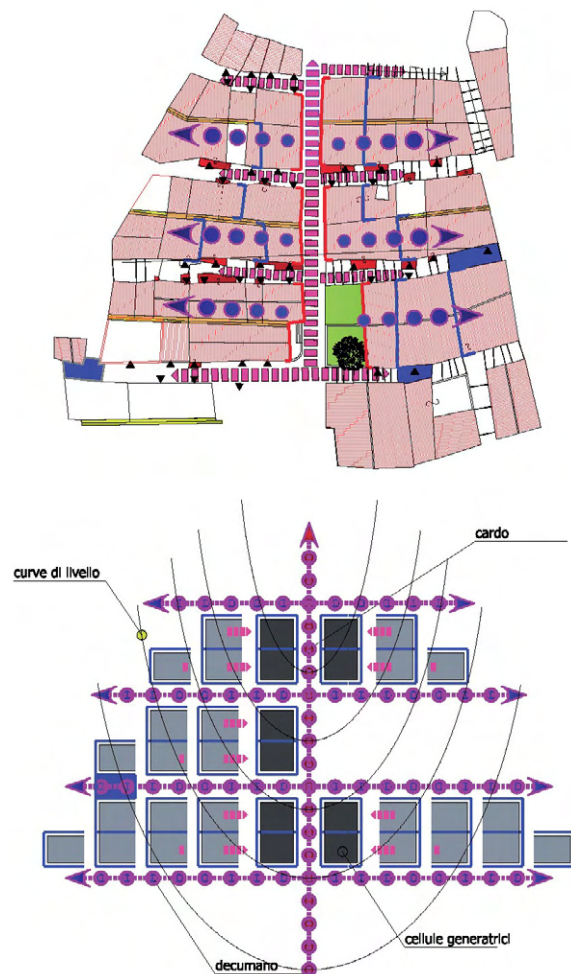


Fig. 16: Rosciolo dei Marsi
Genesi evolutiva

⁶⁴ Giunti tecnici di disconnessione posti tra le schiere utilizzati per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche ma anche come fognature a cielo aperto.

Analisi dell'apparecchiatura costruttiva: gli elementi di fabbrica

Per una corretta e puntuale conoscenza delle tecniche pre-moderne utilizzate nel brano di tessuto analizzato, centrale risulta l'analisi dell'apparecchiatura costruttiva, attraverso la scomposizione dell'organismo in elementi componenti: le chiusure verticali (murature, vani porta e finestre, cantonali,), le chiusure orizzontali (le volte, i solai, i tetti), gli elementi di comunicazione verticale, etc.

L'apparecchiatura costruttiva viene indagata a scala d'insieme, relativamente ad un brano edilizio, per individuare le relazioni costruttive che intercorrono tra i diversi componenti, e attraverso schede puntuali di analisi tecnico-costruttiva in cui, oltre agli elementi di fabbrica, agli elementi e materiali base, vengono studiate le correlazioni tra le parti e con gli altri elementi di fabbrica, in una concezione a sistema dell'insieme.

Gli elementi di fabbrica, riflettendo il regime dell'autocostruzione, risultano sempre caratterizzati dallo sfruttamento di risorse locali. Nell'ambito dei cicli di lavorazione del cantiere ricorrono materiali base quali pietra, legno e laterizio. Se il procedimento costruttivo, finalizzato alla realizzazione dei paramenti murari, resta invariato nel tempo, con l'unica eccezione dell'inserimento di nuovi elementi, il rinnovo delle chiusure orizzontali prevede, invece, l'impiego di elementi di fabbrica nuovi. In sostituzione di solai in legno del tipo a doppio ordito e impalcato in tavolato di ripartizione, sono inserite volte monostrato di mattoni disposti in foglio. La realizzazione di questo nuovo orizzontamento, dettata principalmente dall'esigenza di rinnovare lo spazio fruibile delle cellule abitative, interventi databili XVIII secolo, è attuata in continuità del sistema costruttivo antisismico caratterizzato dalla regola di contenere il peso degli elementi tecnici. Il tetto realizzato in legno con le stesse modalità costruttive utilizzate per i solai, è rivestito da coppi in laterizio. L'intradosso di questa chiusura di copertura originariamente a vista, è spesso nascosto da volte di controsoffitto, realizzate sempre con mattoni in foglio.



Fig. 17: Rosciolo dei Marsi
Dettagli costruttivi.

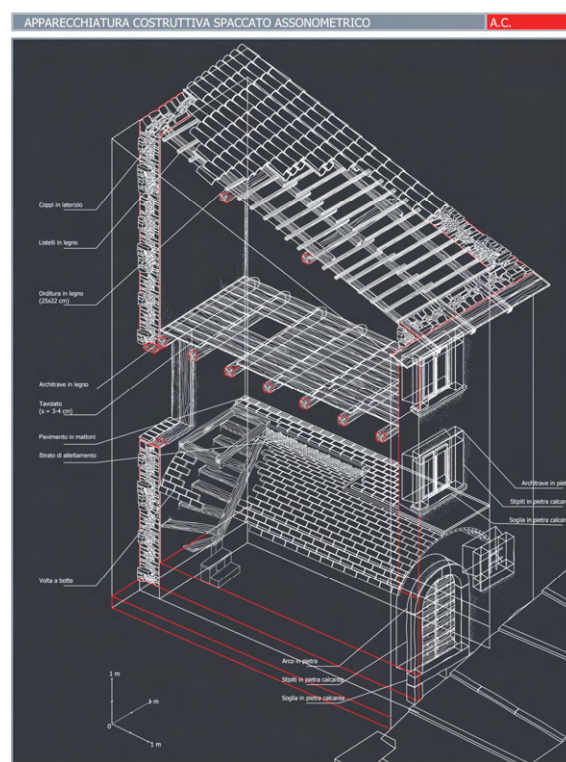


Fig. 18: Rosciolo dei Marsi
Spaccato assometrico..

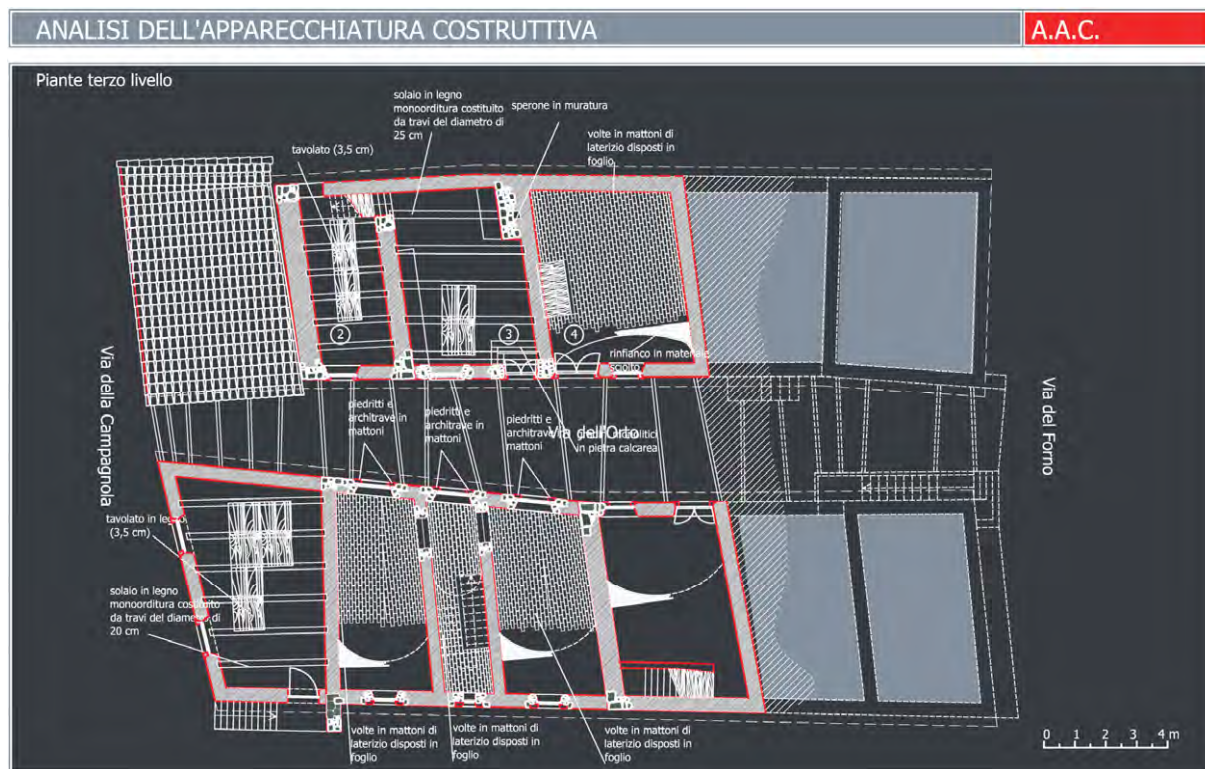


Fig. 19: Rosciolo dei Marsi. Analisi dell'apparecchiatura costruttiva a scala d'insieme.

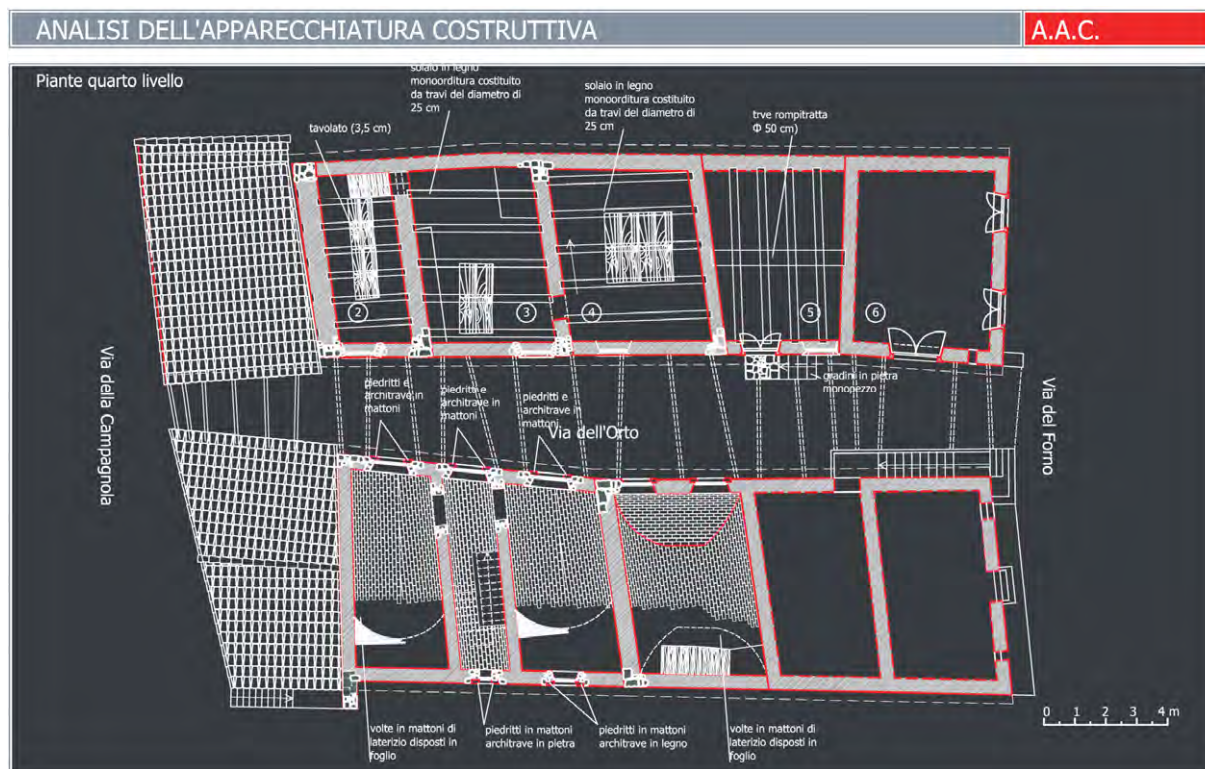


Fig. 20: Rosciolo dei Marsi. Analisi dell'apparecchiatura costruttiva a scala d'insieme.

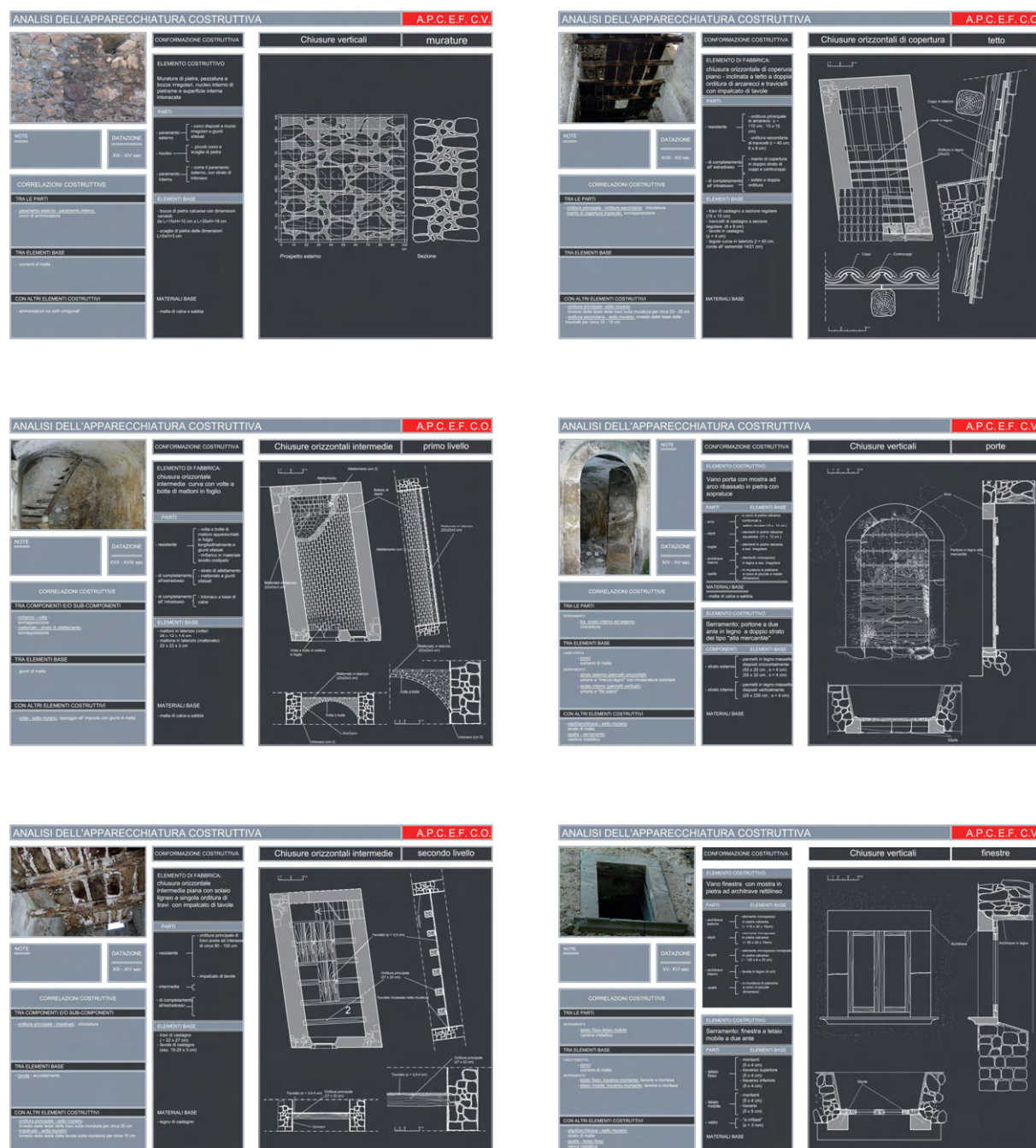


Fig. 21: Rosciolo dei Marsi.
Analisi dell'apparecchiatura costruttiva a scala degli
elementi costruttivi.

La scatola muraria come elemento base di un sistema coerente, il valore ambientale, la compatibilità integrale, gli interventi compatibili

Nell'ambito dello studio si è riscontrato come la cellula muraria o, in altri termini, il vano abitabile interamente racchiuso da pareti portanti (di solito di dimensioni contenute entro i 4x5 metri), costituisce una costante nell'assetto distributivo e strutturale che si estende dal singolo brano di tessuto urbano all'intero centro.

La cellula elementare, risultato delle prime forme evolute di abitazione rurale, da archetipo dell'edilizia in pietra si trasforma nel suo elemento ordinatore ed invariante: modulo di controllo e gestione dello spazio attraverso i principi della giustapposizione e della sovrapposizione, e al tempo stesso, efficiente soluzione al problema della struttura in ragione del suo comportamento scatolare.

Se da un lato questa particolare edilizia di pietra, risulta limitata nelle sue articolazioni spaziali⁶⁵, dall'altro, l'indipendenza strutturale di alcune cellule, che potremmo definire "**cellule generatrici**", ne ha consentito la possibilità di accrescimento e sviluppo differenziati nel tempo. Gli edifici, attraverso la loro concezione modulare, quasi molecolare, mostrano un elevato grado di razionalità e funzionalità sia sotto il profilo strettamente legato alle logiche distributive che rispetto alle esigenze strutturali: la loro dinamica evolutiva, infatti, può espletarsi con efficienza secondo principi di accrescimento definiti da direttrici lineari corrispondenti ai tre assi cartesiani di riferimento.

In questo senso, la condivisione di una parete ha consentito l'accrescimento planimetrico secondo due direzioni rispettivamente parallela e ortogonale al fronte strada, mentre la perfetta sovrapposizione di cellule edilizie su differenti livelli, ha dato luogo agli sviluppi in altezza.

Le unità edilizie complesse, i **macro organismi**⁶⁶ a grande scala, risultano pertanto composti da sub elementi fortemente interagenti ed interconnessi per mezzo di molteplici livelli scalari gerarchizzati, i quali però rispettano sempre

la naturale struttura del materiale.

La varietà e le funzioni svolte dagli elementi che operano alla piccola scala risultano necessari se non indispensabili per avere strutture coerenti⁶⁷ alla grande scala. In tal senso il progetto non deve soffermarsi solo agli organismi edilizi ma investire anche le **interfacce urbane**, ovvero tutti gli spazi di relazione, importanti componenti nella formazione e definizione dello spazio urbano dei sistemi edilizi e dei rispettivi valori ambientali. Il progetto integrato di recupero di strade, piazze, schiazzi, spazi verdi, concorre in modo significativo alla salvaguardia dei tessuti edilizi anche attraverso i valori della cultura materiale da essi espressa. Ipotesi progettuali da collocare in un quadro più ampio di scelte territoriali che rendano vitali questi centri antichi spesso abbandonati e trascurati dalle strategie politiche, anche attraverso vocazioni compatibili con la struttura insediativa.



Fig. 22: Rosciolo dei Marsi.
Giustapposizione di cellule elementari.

⁶⁵ La povertà dei mezzi e la difficoltà di reperire elementi lignei in grado di coprire luci consistenti, ha comportato uno sviluppo dimensionale molto contenuto delle cellule edilizie, a ulteriore discapito della duttilità e della fruibilità dell'impianto planimetrico delle abitazioni.

⁶⁶ La combinazione di elementi definisce un modulo in scala, modulo che si evolve attraverso il tempo.

Molto importante risulta anche la componente umana; l'interazione persona-persona e quella persona oggetto costituisce l'elemento principale per la realizzazione di città o di edifici.

Per approfondimenti: Whyte W.H., *The Social Life of Small Urban Spaces*, Washington D.C., The Conservation Foundation, 1980, e Jacobs J., *The Death and Life of Great American Cities*, Vintage Books, New York, 1961.

⁶⁷ Per sistema urbano coerente possiamo intendere un sistema in cui "[...] tutti i componenti sono interconnessi, in modo che ogni uno di essi interagisca con ogni altro elemento in un qualche modo. L'unione di tali elementi genera un campo morfologico che interagisce con ogni singolo elemento e questa interazione può essere positiva o negativa. In una struttura coerente, un singolo elemento di un modulo sarà influenzato da tutte le forze locali generate dagli altri elementi di quel modulo ed indirettamente dagli elementi fuori del modulo. Gli elementi vicini interagiscono vicendevolmente, a meno che non vi sia una situazione di voluto isolamento. La posizione e perfino la struttura di ogni singolo elemento saranno così influenzati da tutti gli altri elementi del contesto"

Salingaros N. A., *Complexity and Urban Coherence*, Journal of Urban Design, 2000, Vol. 5, n. 3, pp. 291-316. cfr. Alexander C., *The Nature of Order* New, Oxford University, New York, 2000.

Il valore ambientale

Il valore ambientale dell'edilizia storica di base risulta funzione soprattutto del concetto di "figurabilità della forma ambientale"⁶⁸ ovvero della "[...] ricettività alla identificazione ed alla strutturazione percettiva che nell'atto stesso in cui risponde ad una esigenza di ordine pratico potrà anche divenire fonte di godimento sensuoso, qualificabile come estetico"⁶⁹. La sua tutela, come risorsa non rinnovabile, deve essere riportata ai valori di forma complessiva del costruito e del suo legame con l'orografia o più in generale con l'ambiente naturale, attraverso l'individuazione delle caratteristiche morfologiche e dei valori tipologici (tipi edilizi di base, leggi di crescita e di trasformazione, ecc), "[...] / tipi edilizi ed i criteri di "replicazione" degli stessi si specializzano e differenziano nei singoli centri in relazione all'orografia del terreno ed alla morfologia dei tessuti. Le configurazioni a muro di cinta, a muro degradato, a schiazzo, a corte ecc...rappresentano soluzioni di aggregazione diverse che evidenziano i complessi rapporti che intercorrono tra la tipologia e la morfologia dei tessuti."⁷⁰

Nel caso in esame si è riscontrato come: ogni macro-organismo si costituisce dalla combinazione di sub-elementi posti su livelli di gerarchie scalari a formare un sistema coerente; gli elementi che si trovano allo stesso livello (ad esempio le cellule abitative), presentano un forte grado di connessione dal quale si generano elementi posti su di una scala gerarchica superiore⁷¹ (edifici, isolati, brani di tessuto urbano); differenti tipi di connessione instaurano legami tra elementi dimensionalmente diversi in maniera tale che tutti risultano legati tra loro; le connessioni risultano più forti a scala locale (cellula-cellula) mentre più deboli tra elementi piccoli e più grandi o tra sub-elementi interni di moduli distinti; le regole compositive in base alle quali le parti interagiscono tra loro fino a formare una

parte efficiente, sono simili a quelle che governano i sistemi complessi⁷².

In particolare il brano di tessuto analizzato si compone di:

- **Unioni:** cellule fortemente connesse costituiscono organismi edilizi pluricellulari monoconnessi.
- **Diversità:** cellule isolate e organismi monoconnessi non si accoppiano integralmente. Una diversità sostanziale di elementi differenti è necessaria affinché alcuni elementi possano svolgere la funzione di catalizzatori.
- **Bordi:** cellule e organismi monoconnessi si accoppiano tramite gli elementi di bordo e generano macroorganismi edilizi multiconnessi. Le connessioni si creano tra gli organismi, non tra le loro componenti interne.
- **Forze:** le interazioni sono naturalmente più forti alle scale più piccole (cellula-cellula) e più deboli alle scale via via più grandi (organismo-organismo, macroorganismo-isolato).
- **Gerarchie:** i componenti del sistema si raggruppano progressivamente dal più piccolo al più grande (cellula, organismo, macroorganismo, isolato, brano di tessuto urbano, intero centro storico). Questo processo genera unità collegate definite su molteplici e distinte scale.
- **Interdipendenze:** elementi alle diverse scale non dipendono tra loro in modo simmetrico: una scala più alta necessita di tutte le scale più basse, ma non viceversa.

Naturalmente le connessioni a scala più piccola risultano definite prima di quelle a scala maggiore: gli elementi più piccoli si compongono in maniera stabile dal punto di vista strutturale, funzionale e tecnologico prima di formare un modulo di ordine superiore. Gli elementi minori e le loro connessioni forniscono le basi per la realizzazione dell'intero sistema. Tale gerarchia implica che, in fase di progetto, i differenti livelli gerarchici non devono andare persi, in quanto ciò renderebbe l'intero sistema instabile, irricognoscibile e dunque incoerente.

⁶⁸ E' sempre più evidente infatti che il legame tra un oggetto esistente in sé per sé e ciò che noi comprendiamo è costituito da un filtro legato alla configurazione percettiva personale e quindi ad una comprensione relativistica dell'oggetto edilizio.

⁶⁹ cfr. Lynch K., Op. cit. Per K. Lynch la lettura dei contesti costruiti diviene quindi un'analisi del livello di figurabilità della forma come elemento disvelante la realtà ambientale mediante alcuni elementi-base. Questi ultimi sono definiti come canali lungo i quali l'osservatore si muove abitualmente, occasionalmente o potenzialmente (il percorso), elementi lineari che non vengono usati come percorsi (i riferimenti), zone di città riconoscibili tramite qualche caratteristica individuante (il margine), luoghi strategici o fuochi intensivi della città (il nodo), ed elementi puntiformi che rimangono esterni all'osservatore (il quartiere).

⁷⁰ Zordan L., *Le tradizioni del costruire...* Op. cit., pag. 13.

⁷¹ Salinger N. A., Nikos A., *The Laws of Architecture from a Physicist's Perspective, Physics Essays*, Vol. 8, 1995, pp. 638-643.

⁷² Lozano., Eduardo E., *Community Design and the Culture of Cities*, Cambridge University, Cambridge, 1990.



Fig. 23: Rosciolo dei Marsi. Carta dei Valori.



Fig. 24: Rosciolo dei Marsi. Carta della Trasformabilità.

La proposizione di trasformazioni d'uso che possono indurre alterazioni sostanziali dell'impianto urbanistico originario, della tipologia edilizia tradizionale, dei rapporti funzionali con la struttura insediativa, dovranno essere dunque valutate con attenzione. Buona parte della tutela dei valori ambientali, risiede dunque nella tutela dei valori di **coerenza dell'intero sistema storico**.

La salvaguardia delle interfacce ambientali, ad esempio degli elementi che riguardano la definizione degli spazi pedonali o del sistema di accessi alle cellule abitative, risulta essere necessaria per la tutela della coerenza geometrica dell'edificato.

Attraverso questi, che pur rappresentando gli elementi minori del contesto urbano, si realizzano le unioni di bordo tra macro-organismi diversi⁷³.

Se i moduli si uniscono per mezzo della loro geometria attraverso le rue, l'interfaccia geometrica tra due macromoduli può precluderne l'unione, così che gli spazi pedonali svolgono il ruolo di "collante" sotto forma di regioni fraposte⁷⁴ tra i due, unendo i confini di detti macromoduli.

E' necessario quindi proporre la sperimentazione di linee metodologiche finalizzate alla definizione di criteri di compatibilità delle soluzioni progettuali con particolare attenzione al processo storico-tipologico e ai caratteri fisici del luogo, con l'obiettivo di mantenere un contesto ambientale coerente ed unitario; "[...] **Dall'individuazione dei valori storici, architettonici, tipologici, costruttivi e ambientali e dal grado di trasformabilità, [...] scaturisce la verifica di compatibilità attraverso la quale si pongono in relazione i livelli di trasformabilità degli organismi edilizi-architettonici, il sistema dei valori e le esigenze di trasformazione**"⁷⁵.

⁷³ Due elementi che sono semplicemente contrapposti, ma che non interagiscono in nessun modo, non formano un'unione. Essi sono impossibilitati a generare un tessuto urbano e, come gli elementi che sono solo in contrapposizione, sono soggetti ad un indebolimento reciproco.

⁷⁴ L'unione indotta attraverso un elemento interposto, spiega come sia possibile la formazione di moduli ampi e complessi.

Se l'elemento A è connesso con B e B è connesso con C, allora A sarà connesso con C. Le unioni usualmente agiscono in presenza di una continuità strutturale in modo da definire, attraverso vincoli locali, moduli più ampi.

⁷⁵ Zordan L., *Le tradizioni del costruire...* Op. cit., pag. 20.

La compatibilità integrale

Anche se la scala prevalente, nell'ambito degli interventi di recupero, risulta spesso quella edilizia⁷⁶, il processo di definizione delle scelte progettuali e tecnologiche deve collocarsi nell'ambito del più vasto problema della compatibilità ambientale del tessuto urbano e degli organismi che lo compongono.

Tale rispondenza può essere misurata in termini di **compatibilità integrale** nel rispetto dei valori e delle invarianti di un'architettura nella quale la "realtà naturale e realtà costruita" si integrano perfettamente.

La compatibilità integrale rappresenta dunque un'ulteriore strumento, allo stesso tempo, concettuale ed operativo che consente di attivare un processo di verifica e controllo delle scelte progettuali d'intervento ipotizzabili, con un raffronto tra le esigenze trasformatrici ed il sistema dei valori, per la procedura di ripristino, integrazione e miglioramento dei livelli prestazionali.

I diversi aspetti della compatibilità integrata possono essere individuati, in forma sintetica, secondo i sottoindicati componenti:

➤ Compatibilità funzionale:

esprime la capacità di una determinata soluzione progettuale di soddisfare i requisiti funzionali degli elementi sostituiti, integrati o aggiunti.

➤ Compatibilità dimensionale:

esprime la capacità da parte dei nuovi elementi di rispettare con coerenza l'ingombro e la conformazione geometrica dell'esistente⁷⁷.

➤ Compatibilità chimico-fisica:

è generalmente la più nota ed anche la più analizzata dai tecnici, imponendo attente riflessioni circa la scelta dei materiali di progetto⁷⁸.

➤ Compatibilità tecnologica:

⁷⁶ La scala edilizia consente di individuare i valori e le invarianti fondamentali dell'organismo urbano e architettonico in relazione alle specificità della cultura storico-tecnica e delle tradizioni costruttive locali.

⁷⁷ Da questo punto di vista, ad esempio, la posa di strati di isolante di spessore significativo nella copertura pone problemi di adeguamento delle gronde e di innalzamento del pacchetto, modificando quindi anche la visione prospettica della copertura stessa. Tale problema è rilevante ad esempio, nel caso di sostituzione di orditi lignei sottodimensionati: per le nuove travi si potrebbero rilevare problemi di messa in opera dovuti ad esempio alla ridotta distanza rispetto agli architravi di porte e finestre.

⁷⁸ Si riferisce espressamente alla possibilità che tramite contatto possano avvenire modificazioni sostanziali della costituzione chimica o fisica dei materiali determinando effetti negativi o comunque non prevedibili sul comportamento delle strutture.

rappresenta tanto la capacità di adeguamento da parte dell'intervento di rispondere al contesto tecnologico nel quale si inseriscono i nuovi elementi⁷⁹, quanto quella da parte di una determinata soluzione tecnica, di soddisfare, normalmente in via migliorativa piuttosto che meramente sostitutiva, i requisiti funzionali dell'elemento sostituito o ripristinato⁸⁰.

➤ **Compatibilità formale:**

identifica il rispetto della configurazione spaziale ed architettonico-decorativa originaria in termini geometrico-dimensionali, cromatici e, più in generale, percettivi. La conservazione della configurazione formale originaria dipende in maniera significativa dalle relazioni che vengono a svilupparsi tra le parti di fabbrica e diviene quindi fondamentale comprendere la concezione costruttiva globale dell'edificio nell'ambito del processo tipologico di trasformazione.

➤ **Compatibilità tipologica:**

rappresenta un concetto di compatibilità più ampio dei precedenti in quanto relaziona l'elemento di fabbrica o lo spazio sul quale si interviene non più rispetto al contesto immediato dell'edificio quanto piuttosto alle tradizioni costruttive locali e alla cultura del fare. Esprime il rapporto tra la configurazione finale dell'oggetto edilizio specifico e le regole di trasformazione nel tempo e nello spazio di edifici simili o confrontabili con esso per caratteristiche funzionali, dimensionali, formali e materico-costruttive.

L'attento studio del contesto costruito nel quale l'edificio si situa, fondato sul concetto di tipo edilizio inteso come sistema di regole costitutive a priori, all'interno delle quali è possibile individuare percorsi coerenti di evoluzione della fabbrica, consente di individuare tra le diverse modalità di trasformazione quelle che risultano coerenti con le invarianti del processo tipologico, ovvero con quegli elementi alle diverse scale che caratterizzano come unico e particolare

quella determinata realtà architettonica.

➤ **Compatibilità normativa:**

esprime la coerenza della scelta progettuale relativa all'organismo architettonico o ad uno specifico elemento di fabbrica in rapporto al contesto normativo, imponendo il rispetto della componente prescrittiva della norma e valutando il grado di soddisfacimento della componente orientativa.

Rispetto alla pubblicistica di settore, che ha tendenzialmente sviluppato un concetto di compatibilità fortemente riduttivo, fondato su problematiche inerenti la configurazione chimico-fisica dei materiali, appare oggi necessario recuperare una visione più complessa al fine di ottenere un quadro descrittivo dell'eventuale intervento di recupero il più completo possibile.

Lo stesso atteggiamento professionale che si propone di risolvere la crisi prestazionale di un determinato elemento di fabbrica in maniera localizzata, senza evidenziare le relazioni rispetto alle parti limitrofe e alla concezione costruttiva globale può essere fuorviante e deve essere abbandonato.

Gli orientamenti progettuali che possono nascere da una maggiore quanto più complessa integrazione tra i diversi livelli di progettazione possono fondarsi su un innovativo rapporto tradizione-innovazione e sono finalizzati a proporre tipologie di intervento che, rifuggano dall'introduzione di tecnologie futuribili decontestualizzate e da una mera riproposizione della prassi costruttiva pre-moderna.

Mediante il concetto di compatibilità integrata, può essere recuperata la cesura tra progettazione preliminare e momento esecutivo, tra concezione del progetto e cantiere, inoltre nell'ottica della "conservazione attiva", l'approccio non può che essere multidisciplinare e coinvolgere, sin dalla fase della conoscenza, le competenze dello storico, dell'architetto, del geotecnico, dello strutturista, del fisico tecnico, del chimico, del biologo, ecc. nella realizzazione di quella sintesi operativa in grado di garantire l'unitarietà dell'azione progettuale, quale necessario momento di intersezione e di scambio, in termini di trasversalità, tra diversi saperi specialistici.

⁷⁹ In particolare è necessario valutare le conseguenze ad esempio, dell'introduzione di elementi di collegamento troppo rigidi nell'ambito di un comportamento elastico, cosa che avviene con la realizzazione delle caldane in c.a. collaboranti nei solai ad ordito ligneo, oppure l'introduzione di elementi tecnologici che necessitano di continua manutenzione e monitoraggio in ambiti spaziali difficilmente raggiungibili.

⁸⁰ Ad esempio il rimaneggiamento di una copertura in coppi garantisce tramite la sostituzione degli elementi ammalorati lo smaltimento delle acque mentre l'introduzione di un elemento supplementare quale la guaina di impermeabilizzazione può sensibilmente migliorarne le capacità di isolamento.

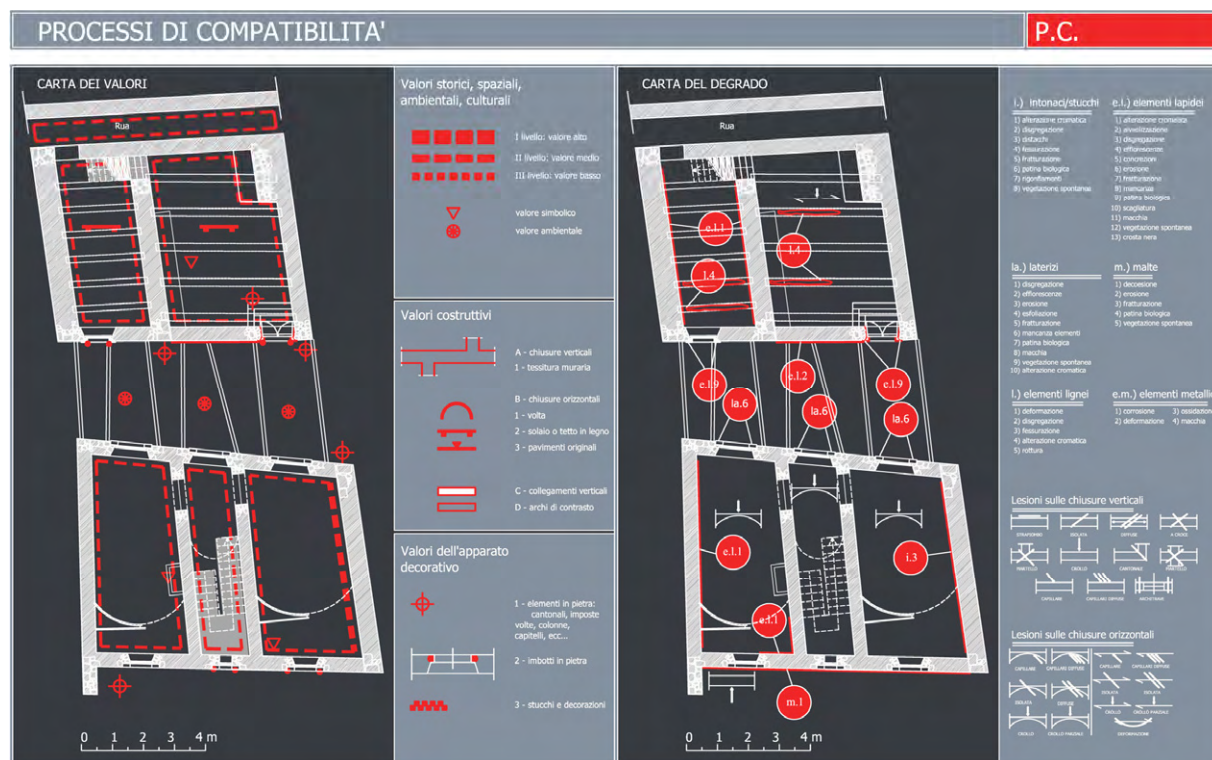


Fig. 25: Rosciolo dei Marsi. Processi di compatibilità.

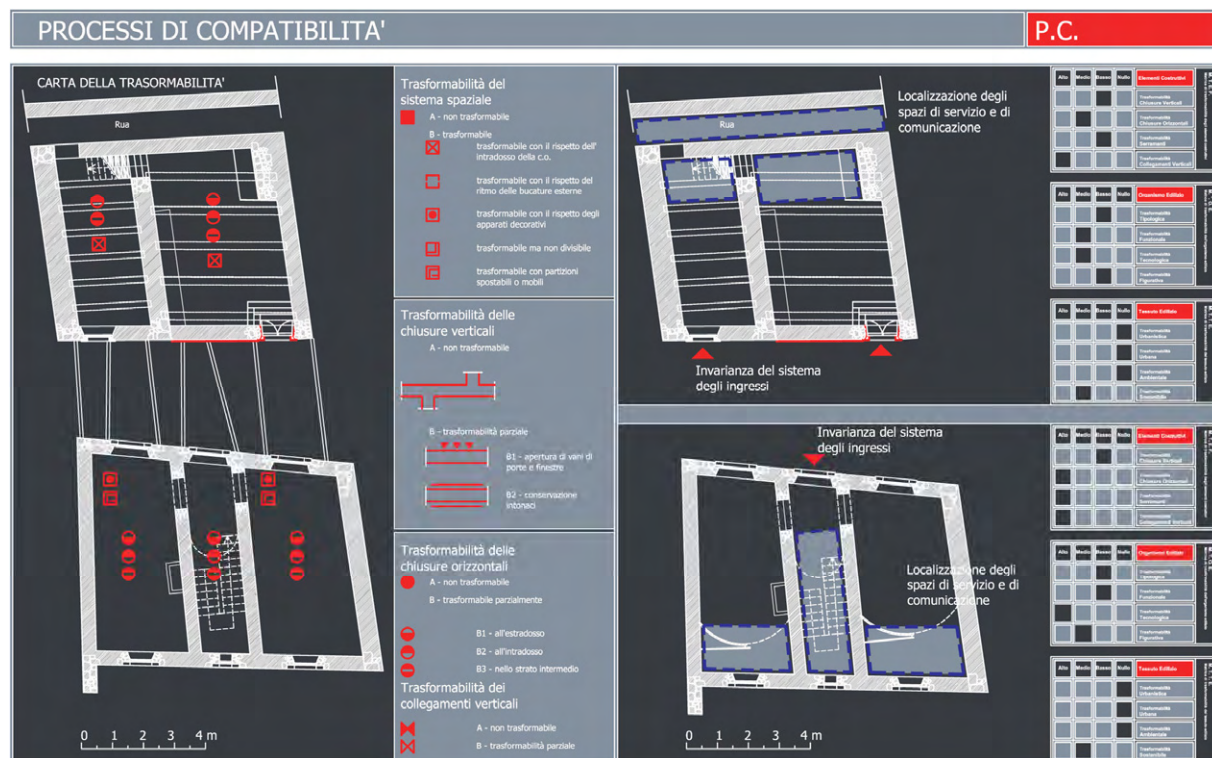


Fig. 26: Rosciolo dei Marsi. Gli interventi compatibili.

Gli interventi compatibili

Le ipotesi di intervento compatibili che all'interno del campo delle applicazioni, vanno dalla "massima conservazione" alla "massima trasformabilità", spaziando rispettivamente tra i "valori da conservare" e la "irrecuperabilità degli elementi", implicano la scelta di particolari tipologie di elementi di interfaccia ai quali corrisponde da un lato una specifica volontà di recupero e/o miglioramento dei livelli prestazionali della fabbrica esistente, dall'altro la valutazione sia grado di trasformabilità dell'organismo edilizio oggetto del recupero, sia della reversibilità dell'intervento stesso.

La capacità di relazionare le tematiche di progetto con il sistema costruttivo di riferimento mediante traduzioni tecnologico-formali compatibili, rappresenta uno strumento indispensabile, tanto più importante quanto più risulta critica la scelta degli elementi di interfaccia. La messa a punto di un sistema di parametri che permetta un confronto tra i diversi fattori in gioco nell'ambito del recupero, conduce alla definizione di strategie di intervento, intese non come formulazione di nuove soluzioni formali o costruttive, ma come formalizzazione di approcci e procedimenti finalizzati alla traduzione di uno strumento preliminare di scelta, riferendosi tanto all'intero edificio quanto alla scala del componente edilizio.

Le strategie, definite sulla base di considerazioni di natura geometrica, spaziale e percettiva, anche se declinate con soluzioni tecnologiche, morfologiche e di dettaglio molto diverse tra loro, conservano sempre un'identità di intenti e esiti, i quali possono materializzarsi con scelte strategiche prevalentemente legate alla possibilità di una maggiore o minore trasformazione dell'immagine dell'organismo edilizio preesistente.

Il legame che si instaura tra natura dell'approccio e immagine dell'intervento, evidenzia come la scelta del sistema costruttivo e delle soluzioni in chiave tecnologica ad esso legate possano essere connesse alla volontà di far percepire la trasformazione indotta, veicolata in un certo modo, piuttosto che alla sola necessità di risposta a un problema dato. Inevitabilmente il concetto di "leggerezza" rientra tra le scelte di progetto, veicolando tanto l'espressione interpretativa della stratigrafia del costruito, quanto della volontà di comunicazione di un'originale contributo all'evoluzione della fabbrica.

La stessa distinzione tra progetti "leggeri" e "pesanti" effettuata spesso in allusione al particolare sistema costruttivo impiegato o ai risultati formali raggiunti, risulta dunque profondamente ambigua e complessa poiché originata da una molteplicità di fattori che investono aspetti di

natura formale, spaziale, culturale e materico-costruttiva: l'idea di un progetto "leggero", implica inequivocabilmente una mediazione tra interventi tesi a limitare il più possibile il contatto tra i nuovi e gli elementi costruttivi preesistenti, ed interventi che apportino modifiche di una certa rilevanza al sistema spaziale, distributivo e figurativo. La salvaguardia dell'immagine originaria del manufatto, tesa a limitare il più possibile il rapporto tra nuovo e contesto, tende a circoscrivere l'intervento all'interno del corpo edilizio, facendo spesso ricorso alla strategia dell'*inserimento*. Gli elementi inseriti possono associarsi a un nuovo apparato distributivo che modifica la fruizione degli spazi originali o essere finalizzati a compensare eventuali mancanze impiantistiche o ambientali, insediandosi come oggetti che si avvicinano, a volte quasi sfiorano la preesistenza realizzando comunque un nuovo livello nello spazio esistente.

Tematiche progettuali ricorrenti		
sistema funzionale	sistema tecnologico	sistema figurativo
dotazione corpi scala	capacità isolanti	elementi schermanti
dotazione ascensori	dotazione reti elettriche-telematiche	elementi di controfacciata
suddivisioni	dotazione reti idriche	revisione e modifica dell'assetto interno
ampliamenti	climatizzazione	revisione e modifica dell'assetto esterno
illuminazione naturale	riscaldamento	revisione e modifica dell'assetto interno-esterno

elementi interfaccia	inserimento	addizione	integrazione	sostituzione	sovrapposizione	interposizione

M. C. E. I.					Matrice di compatibilità delle strategie progettuali	
Alto	Medio	Basso	Nullo		GRADO DI TRASFORMABILITÀ DELLA PREESISTENZA	
					GRADO DI REVERSIBILITÀ DELL'INTERVENTO	
					Elementi di interfaccia passiva	Alto
					Elementi di interfaccia attiva connessioni puntuali	Medio
					Elementi di interfaccia attiva connessioni discontinue	Basso
					Elementi di interfaccia attiva connessioni continue	Nullo

Fig. 27: Tematiche progettuali, strategie progettuali, matrice di compatibilità delle strategie progettuali.



Fig. 28: Tscholl W., scuola agraria, castello Fürstentum, (foto fornita dall'autore).

A questo scenario in cui figure autonome dialogano alle varie scale, più o meno direttamente, con la fabbrica esistente, se ne affiancano altri in cui di fronte ad un corpo edilizio parzialmente danneggiato o incompleto è necessario intervenire attraverso le strategie di integrazione, sostituzione, addizione, sovrapposizione e interposizione.

Gli elevati gradi di trasformabilità che possono consentire sostanziosi e sostanziali interventi sulla materia originaria e indurre a valutare la possibilità di una diminuzione del vincolo di conservazione dell'immagine, devono comunque essere relazionati ai valori delle interfacce ambientali che regolano il grado di trasformabilità urbanistica e ambientale.

Se l'impiego di addizioni contenute o comunque molto definite alle volumetrie può essere concesso e in molti casi giustificato, le addizioni che assumono dimensioni tali da coinvolgere interi fronti dell'edificio o sovrapposizioni che inglobano letteralmente la struttura preesistente possono rappresentare casi limite altamente discutibili, nei quali la risposta data dal progetto risulta radicalmente convergente verso una vera e propria metamorfosi.

La tipologia coinvolta nello scenario appena descritto può essere trattata anche attraverso interventi che non investono l'intero edificio, ma si concentrano su parti specifiche che generalmente corrispondono ad addizioni isolate associate al volume preesistente mediante strategie diverse.

Quello che può risultare un atteggiamento volto alla conservazione controllata della preesisten-

za, può rivelarsi in realtà ugualmente profondo nel modificare la natura del manufatto e soprattutto del suo rapporto con l'intorno.

Ogni aumento della superficie della fabbrica in cambio di una migliore funzionalità della stessa produce direttamente una densificazione del tessuto urbano con la conseguenza che l'apporto trasformativo non si limita al solo edificio ma investe anche quelli ad essi limitrofi.

Tutto ciò premesso, solo quando si sarà stabilito con certezza "cosa" conservare, sarà allora possibile la definizione di contesti nei quali il "come recuperare" valorizzi al massimo le potenzialità offerte dal grado di trasformabilità di tali manufatti.

Quest'ultimo, "[...] *Inteso come indicatore della capacità dell'organismo edilizio o parti di esso di subire modificazioni finalizzate al ripristino o miglioramento delle prestazioni in funzione del soddisfacimento di determinati requisiti*"⁸¹, viene valutato in base alla definizione di opportuni parametri che rappresentano criteri di giudizio e fattori di controllo finalizzati a definire gli interventi e gli usi compatibili.

Partendo dall'assunto fondamentale che, almeno nello specifico contesto di analisi, è **l'oggetto che deve informare e definire il progetto e non viceversa**, appare evidente che quanto più accurate ed approfondite risulteranno essere le analisi sullo stato di fatto per la conoscenza specifica dell'oggetto, tanto più precisa sarà la messa a punto dei parametri incidenti sul grado di trasformabilità.

Parametri riguardanti la configurazione, la conformazione, le modalità di funzionamento o le qualità architettoniche dell'organismo edilizio sul quale si interviene.

La conoscenza del costruito e l'individuazione dei valori storici, architettonici, tipologici, costruttivi e ambientali, attraverso le analisi:

- del tessuto edilizio in chiave costruttiva e delle relazioni che intercorrono tra le singole unità componenti
- dei processi evolutivi che gli assetti costruttivi e l'organizzazione spaziale hanno subito nel tempo
- dell'apparecchiatura costruttiva a scala di insieme e dei singoli elementi costruttivi

rappresentano, ad ogni scala e per ogni istanza

⁸¹ Jordan L., Op. cit., pag. 20.

di intervento, il naturale presupposto e assioma per una corretta valutazione delle trasformabilità rispettivamente concesse da:

- **i componenti edilizi**
- **gli organismi edilizi**
- **i tessuti edilizi**

Una progettazione che sia rapportata alla “trasformabilità” offre dunque la possibilità di un continuo controllo e verifica delle scelte di progetto, scelte che comunque dovranno sempre essere effettuate “dentro regole” coerenti, definite da un sistema di livelli di trasformabilità **gerarchizzate** (il grado di trasformabilità degli organismi è funzione dei pesi delle trasformabilità dei singoli componenti, quello dei tessuti, degli organismi e conseguentemente dei componenti edilizi) e **interdipendenti** (la trasformabilità a scala più alta necessita di tutte le scale più basse, ma non il viceversa).

Alto	Medio	Basso	Nullo	Elementi Costruttivi	M.T.E.F. Matrice di trasformabilità degli elementi costruttivi
				Trasformabilità Chiusure Verticali	
				Trasformabilità Chiusure Orizzontali	
				Trasformabilità Serramanti	
				Trasformabilità Collegamenti Verticali	

Fig. 28: Matrice di compatibilità dei componenti edilizi.

Alto	Medio	Basso	Nullo	Organismo Edilizio	M.T.O.E. Matrice di trasformabilità dell'organismo edilizio
				Trasformabilità Tipologica	
				Trasformabilità Funzionale	
				Trasformabilità Tecnologica	
				Trasformabilità Figurativa	

Fig. 30: Matrice di compatibilità degli organismi edilizi.

Alto	Medio	Basso	Nullo	Tessuto Edilizio	M.T.T.E. Matrice di trasformabilità del tessuto edilizio
				Trasformabilità Urbanistica	
				Trasformabilità Urbana	
				Trasformabilità Ambientale	
				Trasformabilità Sostenibile	

Fig. 31: Matrice di compatibilità dei tessuti edilizi.

Bibliografia

- Abbate E., *Scritti sulla Valle Porclaneta*, comune di Magliano dei Marsi, 1903.
- Alexander C., *The Nature of Order* New, Oxford University, New York, 2000.
- Antinori A.L., *Annali*, Biblioteca Provinciale dell'Aquila (ediz. Anast., Bologna, Forni), vol VIII.
- Antinori, *Raccolta di memorie storiche*, XXIV.
- Batty M., Longley P., *Fractal City*, Academic Press, Londra, 1994.
- Bindi V., *Monumenti storici ed artistici degli Abruzzi*, 1889.
- Bovill C., *Fractal Geometry in Architecture and Design*, Birkäuser, Boston, 1996.
- Brogì, *La Marsica*, 1900.
- Calvino I., *Le città invisibili*, Mondadori, Milano, 1993.
- Caniggia G., Maffei G.L., *Il progetto nell'edilizia di base*, Marsilio, Venezia, 1979.
- Caniggia G., Maffei G.L., *Lettura dell'edilizia di base*, Padova, 1979.
- Carbonara G., *Restauro architettonico*, UTET, Torino, 1996, 4 voll.
- Carmassi G., e M., *Del restauro, quattordici case*, Electa, Milano, 1998.
- Centofanti M., "Struttura e forma urbana nei centri della media valle dell'Atemo", L'Aquila, 1975.
- Chronicon Cassinense*, lib. III, c. LX, in Piccirilli, *La Marsica-Appunti di storia e d'arte. In "Napoli Nobilissima"*, 1903.
- Clementi A., "Carapelle dal Placido del 779 al probabile periodo dell'incastellamento" in *Homines de Carapellas. Storia e archeologia della Baronìa di Carapelle*, L'Aquila, 1988.
- Corsignani P.A., *Della Reggia Marsicana ovvero memorie...Di varie colonie e città antiche*, Napoli, vol. I, 1738.
- Cuneo P., *La memoria*, in AA.VV., "Centri antichi minori d'Abruzzo", Gangemi Editore, 1996.
- Di Pietro A., *Agglomerazioni delle popolazioni della diocesi dei Marsi*, Avezzano, 1869.
- Donato F., Lucchi Basili L., *L'ordine nascosto dell'organizzazione urbana*, Franco Angeli editore, Milano, 1996.
- Febonio M., *Historiae Marsorum*, Napoli, 1678.
- Fiorani P., *Una città Romana "Magliano dei Marsi"*, 1978.
- Frankhauser P. *La Fractalité des Structures Urbaines*, Anthropos, Parigi, 1994
- Gavini C., in *Storia dell'architettura in Abruzzo*, Milano, 1927.
- Giuffrè A., *Sicurezza e conservazione dei centri storici in aree sismiche. Sintesi metodologica*, in A-A.VV., *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, Laterza, Bari, 1993.
- Giuffrè A., *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Kappa, Roma, 1999.
- Giuffrè A., *Monumenti e terremoti: aspetti statici del restauro*, Multigrafia, Roma, 1988.
- Jacobs J., *The Death and Life of Great American Cities*, Vintage Books, New York, 1961.
- Lozano., Eduardo E., *Community Design and the Culture of Cities*, Cambridge University, Cambridge, 1990.
- Maretto P., *Realtà naturale e realtà costruita*, Alina, Firenze, 1993.
- Moretti M., in *Architettura medioevale*, Roma, 1971.
- Sala N., Cappellato G., *Architetture della complessità La geometria frattale tra arte, architettura e territorio*, Franco Angeli editore, Milano, 2004.
- Salingaros N. A., *Complexity and Urban Coherence*, Journal of Urban Design, 2000.
- Salingaros N. A., Nikos A., *The Laws of Architecture from a Physicist's Perspective, Physics Essays*, Vol. 8, 1995.
- Whyte W.H., *The Social Life of Small Urban Spaces*, Washington D.C., The Conservation Foundation, 1980.
- Zordan L., *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni*, L'Aquila, 2002.
- Zordan L., *Tecniche costruttiva dell'edilizia aquilana - Tipi edilizi e apparecchiatura costruttiva*, in A-A.VV., "L'Aquila città di piazze", Pescara, 1992.
- Zordan, L., *Lettura tipologica del costruito, metodologia critica e strumenti operativi*, in "Centri antichi minori d'Abruzzo: recupero e valorizzazione", Roma, 1996.
- Zordan, L., *Recupero e residenza*, relazione introduttiva alla seconda sessione in "Atti del Convegno Internazionale La residenza in Europa alle soglie del terzo millennio", Napoli, 1997.
- Zordan L., *Centri Storici d'Abruzzo. Un manuale per il recupero*, in "Bollettino CAI" IV serie, n. I, giugno 1998.

MODELLI OSPEDALIERI PER L'EMERGENZA URGENZA

Giancarlo Casubolo

Università degli Studi di Pavia – Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio

XX Ciclo

Tutor: Prof. Marco Morandotti

Abstract: *The Emergency and Acceptance Department is today an unbelievable catalyst of financial, technological and human resources. It represents a determinate complex sanitary system with innovative functions with a renewed architecture in which high knowledge and rich technology are concentrated.*

The D.E.A.'s project is very complex, on one side, for the high technological connotation and, on the other side for its important role of taking care of the users' health and life. Is not only important satisfying functional and igenous demands but also the architect has to find architectural and technological solutions characterized by efficiency and flexibility for satisfying operating, human, professional and cheap demands.

It is a complex theme, which makes the architecture project in the sanitary world the final expression of a multidisciplinary study, who compares different professional roles.

Il progetto di architettura in edilizia sanitaria diviene spesso, data la multidisciplinarietà della materia e la dinamicità con la quale mutano esigenze e bisogni sanitari, una sfida per la verifica di un apparato metodologico nel quale il progettista si trova ad affrontare temi complessi e facilmente mutevoli nel tempo.

Le strutture ospedaliere integrate nel Sistema Sanitario di Emergenza rappresentano, nel panorama sanitario, le opere architettoniche contraddistinte dai maggiori livelli di complessità esecutiva, e quindi anche per questi motivi diventano, per il "progettista ospedaliero", uno dei temi più stimolanti del proprio lavoro. Tali strutture si collocano in cima alla piramide del Sistema Sanitario Nazionale, costituendo sotto il profilo logistico uno dei più importanti filtri nella gestione globale del percorso terapeutico dei pazienti.

Lo studio architettonico, spaziale e funzionale delle strutture dipartimentali afferenti al Sistema assistenziale di Emergenza, assume quindi un valore aggiunto molto significativo che si riflette, positivamente e/o negativamente, verso tutte le Unità Operative collocate a valle dei processi ospedalieri e delle attività sanitarie adottate durante la fase di entrata.

La struttura progettata dovrà risultare funzionale ai protocolli medici, alla gestione del percorso terapeutico dei pazienti, garantire una adeguata suddivisione dei percorsi ed assicurare nel tempo elevati requisiti prestazionali di flessibilità e manutenibilità. Il progetto di architettura, diviene in tal modo uno strumento fondamentale, in grado di condizionare il raggiungimento di elevati parametri qualitativi nei diversi processi sanitari propri di queste strutture ospedaliere. Questo può favorire o peggiorare il lavoro me-

dico e paramedico, nonché condizionare positivamente la percezione che il paziente ha del proprio luogo di cura, rappresentando un valore aggiunto alla stessa prestazione medica.



Fig. 1: Inserimento ambientale del Progetto Definitivo per il nuovo "D.E.A. - Piastra Chirurgica e Torri di Degenza" di Pavia.¹

Obiettivo della tesi di dottorato è stato di individuare una serie di elementi di organizzazione spaziale e criteri di dimensionamento preliminari alla progettazione architettonica per lo studio di nuovi "modelli ospedalieri" afferenti all'ambito del Sistema Sanitario di Emergenza.

Sono stati analizzati criteri dimensionali, prestazionali, logistici, qualitativi, per lo studio di tutte le unità operative che concorrono, attraverso i propri spazi e percorsi, alla costituzione di una struttura dipartimentale adeguata, in relazione ai diversi livelli assistenziali disciplinati dalle attuali normative. A tal fine, sono state sviluppate una serie di indicazioni progettuali di interesse specifico per il progetto architettonico ospedaliero dedicato all'emergenza.

Evoluzione storica del ruolo assistenziale sanitario



Fig. 3: Rappresentazione della peste nella Bibbia di Toggenburg (1411).

Il racconto della nascita e dell'evoluzione nel sistema assistenziale sanitario, del ruolo della specializzazione dedicata all'assistenza in regime di emergenza, si articola in modo continuativo ed organizzato, soltanto a partire dalla fine del XV sec.; un arco temporale breve e recente, soprattutto se rapportato alla storia medica occidentale, che identifica in Ippocrate² di Kos, filosofo greco del V sec. a.C., il padre fondatore della medicina scientifica.

Il soccorso sanitario in regime di emergenza, inteso come pronto intervento per la cura dell'infermo, rappresentò fin dagli inizi una prerogativa estesa unicamente alle classi sociali più abbienti, alla restante società rimaneva al più di confidare nella fede, in una condotta di vita salubre o nelle mani esperte di qualche abile occasionale curatore, ma assai spesso rimaneva succube di finti guaritori e del decorso drammatico della malattia.

Fino al rinascimento, le uniche tecniche assistenziali nate a livello organizzativo e gestionale, per lo sviluppo di innovativi sistemi di soccorso da applicare in regime di emergenza, vennero applicati al di fuori dai normali ambiti nosocomiali. Da un lato nelle infermerie dei campi di battaglia, indi in ambito militare, si approfondirono metodi di gestione indirizzati all'assistenza degli infermi in condizioni di urgenza, dall'altro le diverse strutture sanitarie di segregazione, come lebbrosari o lazzeretti, sorte in seguito alle pandemie del XIII sec., indurranno nella mentalità europea del tempo ad una necessaria riforma delle proprie attività sanitarie verso un maggiore sviluppo della ricerca medica e delle stesse strutture ospedaliere.

Fra le maggiori concause alla base del lento sviluppo del sistema assistenziale, vi sono in maniera biunivoca sia i pochissimi progressi scientifici ottenuti in campo medico, legati fino al XV sec. all'umoralismo ippocratico rivisto da Galeno³, sia il ruolo al quanto semplificato

dell'ospedale, che per lungo tempo, dalle sue origini Cristiane, rintracciabili nel IV sec. d.C., per tutto il medioevo fino agli inizi del periodo rinascimentale, verrà considerato un generico contenitore della più disparata umanità: gente senza fissa dimora, emarginati sociali, poveri nel corpo e nello spirito, derelitti di ogni genere e chiaramente anche malati; ma nei riguardi di questa popolazione l'ospedale offrirà, come l'etimologia spiega, solo "ospitalità".

Sarà dunque, solo a partire dai fasti dell'epoca rinascimentale, citando come esempio la Cà Granda⁴ di Milano, vero modello ospedaliero per architettura ed organizzazione sanitaria, fino all'epoca dei lumi che si potrà assistere ad una continuativa e graduale trasformazione del ruolo dell'ospedale in luogo specializzato per la diagnosi e la cura del malato.



Fig. 3: Raffigurazione della Cà Granda del Filarete.

Questo periodo storico risulterà fondamentale nel pensiero medico occidentale, perché darà vita ad un generale rinnovamento di tutto il sistema sanitario, determinando un diverso rapporto tra medico e paziente, tra pensiero medico e pensiero cattolico, tra architettura ed edilizia ospedaliera; il comune denominatore alla base del rinnovamento sarà l'essere umano, non più visto come persona bisognosa di ospitalità, bensì come persona malata e quindi bisognosa di cure mediche. Andrà così modificandosi il concetto di assistenza ospedaliera, per cui sia l'evoluzione del pensiero medico sia una rinnovata sensibilità nei confronti del malato, incentiveranno la ricerca e lo studio architettonico e tipologico dei futuri complessi ospedalieri, verso una migliore definizione delle caratteristiche spaziali, funzionali, organizzative e tecnologiche.

Alcuni importanti traguardi verso l'identificazione della specializzazione medica in regime di urgenza giungeranno verso la fine del XVIII sec., in un clima contrassegnato da importanti scoperte medico scientifiche e contraddistinto anche da un generale bisogno di rinnovamento che coinvolgerà a pieno tutto il sistema ospedaliero. Fra i risultati più significativi conseguiti in questo periodo, che hanno contribuito al miglio-

ramento del sistema sanitario qualificando la funzione di pronto intervento, va ricordato la nascita nel 1792 del moderno concetto di ambulanza, che darà luogo all'assistenza preospedaliera, introdotto dal barone Dominique Jean Larrey durante le campagne condotte da Napoleone, e anche la nascita nella seconda metà dell'Ottocento delle "pubbliche assistenze", che forniranno, un significativo contributo all'assistenza dei feriti e dei malati sia in tempo di guerra sia in tempo di pace.



Fig. 4: Raffigurazione in azione del barone Dominique Jean Larrey⁵

Solo nel XX sec., si svilupperà all'interno dell'organizzazione ospedaliera l'individuazione di specifici ambiti per la cura e la gestione delle emergenze ed urgenze sanitarie, attraverso settori interni all'ospedale connotati da elevati gradi di complessità per organizzazione ed elevato contenuto tecnologico.



Fig. 5: Ciclo-letta del 1900 per il trasporto dei feriti.

Lo sviluppo dell'integrazione in ambito sanitario tra le esperienze maturate attraverso nuovi sistemi innovativi di soccorso sanitario, per mezzo dell'esercizio delle pubbliche assistenze, con l'organizzazione della pubblica sanità e con la ricerca dello studio funzionale, tipologico, strutturale per l'ospedale, corrisponde in definitiva allo sviluppo dell'istituzione ospedaliera moderna, intesa con l'accezione che comunemente oggi gli viene data, di luogo organizzato e specialistico di cura.

Sviluppo legislativo: dall'istituzione del Sistema Sanitario Nazionale alla riforma del Sistema di Emergenza Sanitario.

Il quadro legislativo italiano relativo alle strutture sanitarie e alla loro gestione organizzativa, appare oggi al quanto complesso ed articolato. A partire dalle prime leggi emanate negli anni '30, tra le quali ricordiamo la legge "Petragnani"⁶ e la legge in materia di "istruzioni per le costruzioni ospedaliere", fino agli anni sessanta, sono stati pochi i tentativi volti a definire un quadro sintetico e complessivo di tutto il sistema legislativo sanitario. Una delle prime leggi, emanate per far fronte ad un generale disordine istituzionale degli enti preposti alla salute pubblica fu la legge n.132, del 12 febbraio 1968: "Enti ospedalieri e assistenza ospedaliera". Tale legge stabilisce che l'assistenza sanitaria dovrà essere affidata esclusivamente ad istituti preposti senza finalità miste, e definisce in particolare requisiti e classificazione degli enti ospedalieri autorizzati. A seguito di ciò, sono state emanate ulteriori leggi e circolari atte a promuovere maggiori competenze gestionali per le Regioni, senza però definire con chiarezza il quadro preciso d'insieme che precisa le reali competenze. Tale frammentazione, ha comportato una attenzione maggiore, rivolta alla necessità di individuare un riferimento legislativo unico e generale, in grado di soddisfare le reali esigenze e necessità del cittadino alla ricerca di un sistema sanitario efficiente ed organizzato. Sono quindi rimasti in secondo piano aspetti più specifici legati alla costruzione degli edifici sanitari e alla loro organizzazione funzionale e gestionale.

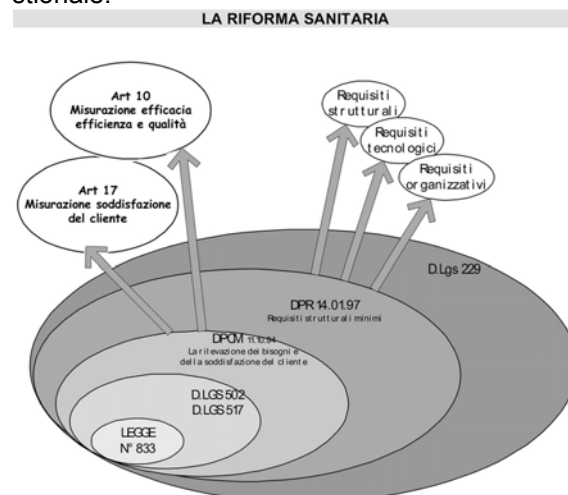


Fig. 6: Evoluzione del quadro legislativo di Riforma Sanitaria a partire dalla legge n.833 del 1978.

La riforma sanitaria n.833 pubblicata nel 1978, ha rappresentato il tentativo di uniformare l'assistenza sanitaria in Italia attraverso

l'istituzione del Servizio Sanitario Nazionale⁷. Questa legge ufficializzò l'assunzione da parte dello Stato dei compiti di tutela (intesa come promozione, mantenimento e recupero) della salute dei suoi cittadini. Rappresentò una vera rivoluzione in campo sanitario e, nel giro di pochi anni, venne riformata per due volte.

Le problematiche organizzative, concettuali e tecnico-pratiche, che quotidianamente furono riscontrate nell'ambito della Medicina d'Urgenza, hanno favorito, nel corso degli ultimi anni, lo sviluppo di un interesse sempre maggiore, da parte degli "addetti ai lavori" nonché dei legislatori, a riguardo della necessità di intervenire, operando una profonda riorganizzazione di questo ambito e dei servizi legati all'assistenza sanitaria in regime di emergenza ed urgenza. La svolta più importante fu ottenuta attraverso il D.P.R. del 27 marzo 1992, dal titolo "Atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza"⁸, con il quale vengono individuate tutte le condizioni principali per assicurare l'attività di una rete per le emergenze uniformemente su tutto il territorio nazionale, attraverso un complesso di servizi e prestazioni di urgenza e di emergenza, adeguatamente articolate a livello territoriale ed ospedaliero, con il coordinamento della Centrale Operativa. Sulla base delle principali novità proposte, dal Decreto, si sono tenuti successivamente incontri e dibattiti da parte delle amministrazioni regionali e statali, utili per il raggiungimento di un quadro legislativo definitivo.

Il risultato di questo lavoro ha portato alla "Riforma DEA"⁹, operata attraverso le Linee Guida n.1/1996 emanate nell'aprile dello stesso anno mediante l'"Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni per la determinazione dei livelli di emergenza sanitaria", che fornisce le principali indicazioni sui requisiti organizzativi e funzionali per la rete del Sistema Sanitario di emergenza ed urgenza.

La continua evoluzione delle conoscenze e delle tecnologie correlate all'emergenza, l'aumento dell'incidenza di determinate patologie, in modo particolare quelle di origine cardiovascolare e, non meno importante caratteristica, l'esigenza di un adattamento dell'intera rete ospedaliera alle diverse realtà territoriali (zonali, provinciali e regionali), costituiscono le motivazioni di base che hanno portato ad individuare, attraverso l'organizzazione di un dipartimento di emergenza, la possibilità di costituire un presidio di pronto soccorso in cui si possa instaurare un approccio di tipo multidisciplinare al paziente, affinché se ne migliori l'efficienza nella logica del "problem solving", ovvero gestione delle urgenze. Questo approccio dovrebbe incentivare lo sviluppo di un modello lavorativo d'équipe, nei termini di assistenza al paziente e di distribuzione razionale dell'organico, in grado di evitare inutili sprechi di risorse, proprio nel rispetto della nuova ipotesi interdisciplinare di lavoro.

Si delinea in tal modo, una nuova concezione del servizio di Pronto Soccorso, vale a dire quella che riconosce attraverso il dipartimento il suo modulo organizzativo e che ha come scopo ben preciso l'unificazione di parti che tra loro differiscono, per le caratteristiche del campo d'applicazione medico specialistico, attraverso un comune codice di comportamento clinico assistenziale, didattico e di ricerca a totale vantaggio di coloro che ne richiedono i servizi. Questo peculiare orientamento della medicina d'urgenza è stato raggiunto attraverso la programmazione e l'istituzione del "Dipartimento di Emergenza ed Accettazione" (D.E.A.), che rappresenta un livello di risposta alla richiesta assistenziale di soccorso in emergenza altamente organizzato. Questo modello riunisce sotto un'unica struttura dipartimentale diverse Unità Operative, le quali, di volta in volta, intervengono in base alle caratteristiche dei quadri morbosi che si presentano e decidono, dunque in breve tempo, l'iter diagnostico, terapeutico e la destinazione dell'infermo in modo da evitare superflui ritardi che non potrebbero essere recuperati in un secondo momento.

In parallelo all'istituzione del concetto di D.E.A., sono state ridefinite le regole e gli aspetti strutturali legati alla costruzione delle strutture sanitarie. Il quadro legislativo era, fino a poco tempo fa, disciplinato dal già citato D.C.G. del 20

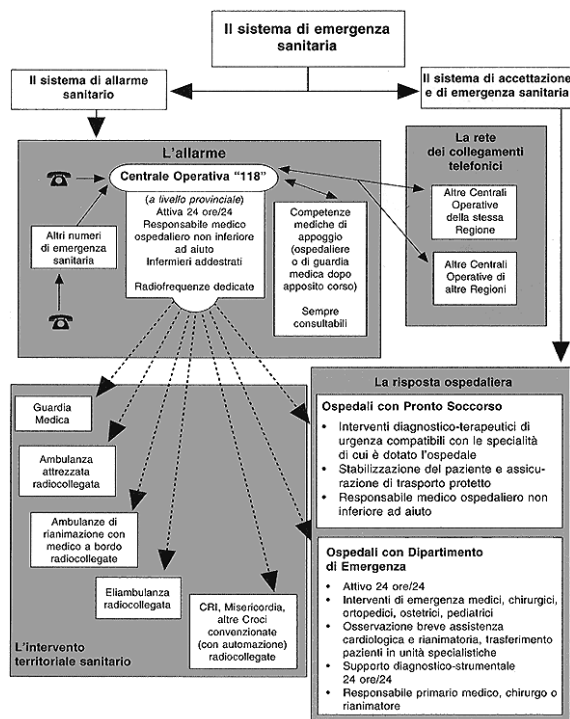


Fig. 7: Modello organizzativo di emergenza sanitario.

luglio 1939. Questo regolava tutti gli aspetti principali legati alla costruzione delle strutture sanitarie in Italia, condizionando non poco la progettazione. Con la legge n.496 del 1993, che annulla le indicazioni del 1939, si è di fatto creato un parziale vuoto legislativo colmato dal D.P.R. del 14 gennaio 1997¹⁰. Questo fornisce, sul piano nazionale, tutte le principali direttive riguardanti i requisiti strutturali, tecnologici, impiantistici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie pubbliche e private, lasciando alle regioni il compito di precisare, anche in senso restrittivo, tali prescrizioni. Il decreto definisce l'attività di pronto soccorso ospedaliero nel seguente modo: "L'unità organizzativa deputata all'emergenza deve assicurare interventi diagnostico-terapeutici di urgenza compatibili con le specialità di cui è dotata la struttura, deve poter eseguire un primo accertamento diagnostico strumentale e di laboratorio e gli interventi necessari alla stabilizzazione dell'utente. Deve garantire il trasporto protetto". I requisiti ottimali di qualità per la sicurezza e l'igiene del lavoro si possono riassumere in requisiti di tipo organizzativo e tecnico-strutturale. I requisiti organizzativi devono essere attivati comunque e nel più breve tempo possibile, mentre quelli di tipo tecnico e strutturale, che in genere sono disciplinati attraverso una programmazione regionale, possono essere avviati con i primi interventi utili di ristrutturazione e comunque per ogni nuova costruzione. L'impianto normativo previsto dal Legislatore è tracciato, nelle sue linee fondamentali, in previsione di una coerenza tra organizzazione, professionalità, tecnologie e spazi.

Il Sistema Sanitario dell'emergenza fa convergere le varie fasi della sua attività sulla persona in stato di criticità. Nell'Atto di intesa Stato-Regioni, vengono identificate le tappe del percorso diagnostico e terapeutico in emergenza. Attraverso la loro integrazione funzionale, viene costituito il percorso del paziente secondo un tipo particolare di continuità clinico assistenziale propria dell'emergenza-urgenza.

In breve tempo, dal 1992 ad oggi, il concetto di Pronto Soccorso è andato modificandosi fino ad arrivare alla moderna concezione di organismo erogatore di servizi altamente specializzato, con un'impostazione dipartimentale aperta al territorio. Nello stesso tempo sono aumentate le attenzioni rivolte alla qualità della vita dei cittadini e alla sicurezza negli ambienti di lavoro, di vita e di socializzazione; l'utente è così tornato ad essere il perno intorno al quale, oggi, vengono sviluppate le soluzioni spaziali più efficienti e studiati i più utili servizi diagnostici e terapeutici.

Costituenti e modalità di gestione dell'emergenza

Il sistema Sanitario di Emergenza-Urgenza nasce e si sviluppa in Italia nel 1996, in seguito alla successiva emanazione delle Linee Guida n.1/1996 che ne definiscono l'organizzazione e le modalità di gestione.

In base al testo di legge, il sistema si articola nei seguenti sottosistemi operativi:

- a) un sistema di allarme sanitario;
- b) un sistema territoriale di soccorso;
- c) una rete di servizi e presidi ospedalieri.

A) SISTEMA DI ALLARME SANITARIO

Il sistema di allarme sanitario rappresenta, la più rapida procedura assistenziale di risposta all'emergenza sanitaria. L'organizzazione ed il controllo delle diverse funzioni di soccorso è affidato al ruolo di una Centrale Operativa 118 (in seguito C.O.). Alla C.O. affluiscono tutte le richieste di intervento sanitario in emergenza tramite il numero unico telefonico 118, gratuito e valido su tutto il territorio nazionale.

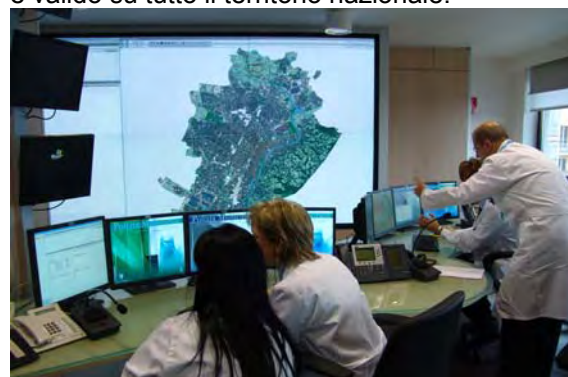


Fig. 8: Postazione di Centrale Operativa 118.

Il numero unico per l'emergenza sanitaria adottato su misura crescente su tutto il territorio nazionale a partire dal 1992, sta ad indicare l'evoluzione di un sistema che, fino a pochi anni fa, non solo non esisteva nei fatti, ma era anche lontano dalla cultura tradizionale del Servizio Sanitario Nazionale (in seguito S.S.N.) rivolta classicamente all'urgenza intraospedaliera. L'urgenza sul territorio era classicamente un campo di interesse specifico di diverse associazioni o enti in larga parte appartenenti alla sfera del volontariato che, nel corso degli anni, hanno vicariato l'istituzione pubblica, sotto questo aspetto per lungo tempo latitante. Nel 1986 il Ministero della Sanità, su proposta del Consiglio Sanitario Nazionale, prese l'iniziativa di istituire, in analogia con quanto già attuato in molti altri Paesi, il numero telefonico per l'emergenza sanitaria. L'obiettivo a sostegno di questa iniziativa fu quello di fornire al cittadino una risposta

rapida e corretta alle proprie esigenze. Ruolo cardine del servizio, per il coordinamento degli interventi nell'ambito territoriale di riferimento, è quello della Centrale Operativa¹¹.

A tal proposito, la normativa di riferimento stabilisce che "compito della Centrale Operativa è di garantire il coordinamento di tutti gli interventi nell'ambito territoriale di riferimento e di attivare la risposta ospedaliera, 24 ore su 24".

Il ruolo della C.O. è sostanzialmente un ruolo specifico di coordinamento e gestione delle risorse da attivare in funzione del tipo di richiesta raccolta. La normativa precisa inoltre che "...la C.O. deve essere a conoscenza della dislocazione e della tipologia dei mezzi di soccorso sul territorio, delle postazioni di guardia medica della disponibilità dei posti letto dei D.E.A., con particolare riferimento a quelli relativi alle Unità operative di terapia intensiva generale e specialistica quali quelle di cardiocirurgia, centro uestioni, neurochirurgia, chirurgia toracica e vascolare e terapia intensiva neonatale."

Le funzioni principali svolte in una Centrale Operativa 118 sono le seguenti:

- ricezione delle richieste di soccorso;
- valutazione del grado di complessità dell'intervento da attivare;
- attivazione/coordinamento dell'intervento.

L'attività di ricezione, rappresenta l'interfaccia telefonica tra la C.O. ed il mondo esterno. La sua funzione è quella di ricevere, identificare ed inoltrare al personale interno competente le richieste che pervengono. Al cittadino che dà l'allarme e richiede un intervento urgente, l'operatore rivolgerà alcune domande sintetiche che facilitino la risposta. L'attività successiva, sarà quella della valutazione. L'operatore valuta ed elabora la richiesta di soccorso assegnando ad essa un determinato codice di intervento. Egli è responsabile dell'operatività della C.O., effettua il censimento dei posti letto nei reparti dell'area, provvede ad allertare l'ospedale di destinazione e collabora con le gestioni nella decisione dell'invio del mezzo. Questo è di fatto l'aspetto più delicato e di responsabilità.

Nella fase seguente l'operatore gestisce e coordina differenti tipologie di mezzi di soccorso, tenendo conto del codice di intervento e dei tempi di arrivo stimati sul posto; supporta le esigenze tecnico-operative del personale sul territorio fornendo le informazioni necessarie.

In questa fase è fondamentale il rapporto che si instaura fra le parti, che deve necessariamente essere regolato da precise norme operative e comportamentali.

Sul territorio di competenza di ciascuna C.O. sono presenti Ospedali con Pronto soccorso, D.E.A. di primo e/o secondo livello.

Le C.O., operano anche in base ad un "livello di

Allarme"¹², che rappresenta lo stato di allertamento della centrale stessa. Possiamo distinguere 4 livelli di allarme:

Livello 0. E' il livello consueto di funzionamento nella C.O.; vengono attivate le risorse ordinarie e si utilizzano normali procedure di gestione.

Livello 1. Viene attivato quando sono in corso situazioni di rischio prevedibili, quali gare automobilistiche, concerti, manifestazioni sportive, manifestazioni con notevole affluenza.

Livello 2. Viene attivato quando sussiste la possibilità che si verifichino eventi preceduti da fenomeni precursori, quali allagamenti, frane, etc. Le risorse aggiuntive vengono messe in preallarme, in modo che possano essere pronte a muoversi entro 15 min. dall'eventuale allarme.

Livello 3. Viene attivato quando è presente una situazione disastrosa di maxiemergenza. Il dispositivo di intervento più appropriato viene inviato sul posto e vengono attivate le procedure per la richiesta ed il coordinamento di risorse aggiuntive anche sovraterritoriali.

B) SISTEMA TERRITORIALE DI SOCCORSO



Fig. 9: Schematizzazione delle operazioni effettuate nel processo dell'emergenza territoriale.

Per sistema territoriale di soccorso, si intende la totalità delle risorse, gestite attraverso il Sistema Sanitario Nazionale, costituita da: personale medico, paramedico; strutture ospedaliere; mezzi di soccorso quali ambulanze, centri mobili di rianimazione, auto medicalizzate, elimulanze, imbarcazioni, distribuiti sul territorio di competenza delle C.O. Il sistema si caratterizza per gli stretti collegamenti funzionali con i Dipartimenti di emergenza ospedalieri che costituiscono una parte fondamentale e con le principali associazioni assistenziali di volontariato.

La postazione¹³ rappresenta l'unità fondamentale dell'organizzazione della emergenza territoriale. L'ubicazione delle sedi di postazione nel territorio, dovrebbe essere verificata in funzione del rispetto dei tempi di percorrenza minimi previsti dalle attuali norme, che per quanto attiene al soccorso sanitario primario, deve estrinsecarsi entro i seguenti limiti:

- 8 minuti per interventi in area urbana;
- 20 minuti per zone extraurbane, salvo situazioni di complessità orografica.

Le tipologie dei mezzi di soccorso, vengono distinte in base alle prescrizioni dettate dalle Li-

nee Guida di riferimento nel seguente modo:

- ambulanza di soccorso di base e di trasporto, automezzo il cui equipaggio è costituito da un autista soccorritore e da un infermiere (o soccorritore/volontario) a bordo;
 - ambulanza di soccorso avanzato, automezzo attrezzato per il supporto vitale il cui equipaggio è costituito da un autista soccorritore ed un infermiere professionale con preparazione specifica verificata dal responsabile della C.O.
 - centro mobile di rianimazione. E' ambulanza attrezzata come piccolo reparto sanitario mobile, in cui vengono previsti di norma, due infermieri professionali ed un medico (anestesista/rianimatore), oltre all'autista soccorritore;
 - eliambulanza¹⁴; rappresenta un mezzo integrativo alle altre forme di soccorso. Il personale sanitario è composto dal medico (anestesista rianimatore) e da un infermiere professionale.
- Il decreto individua due tipologie di ambulanza:
- tipo A: con carrozzeria definita "autoambulanza di soccorso", attrezzate per il trasporto di infermi e per il servizio di pronto soccorso, dotate di specifiche attrezzature;
 - tipo B: con carrozzeria definita "autoambulanza di trasporto", attrezzate essenzialmente per il trasporto di infermi, con eventuale dotazione di semplici attrezzature di assistenza.

Ogni tipologia di ambulanza deve essere dotata di un compartimento di guida, occupato dall'autista e da un eventuale passeggero e di un secondo compartimento sanitario, ubicato nel vano posteriore, che può essere occupato da soccorritori e da pazienti; questi ultimi in un numero non superiore a due.

Il decreto n.553/1987 definisce le specifiche dimensionali che il compartimento sanitario deve presentare; riportiamo le più interessanti:

- Nelle ambulanze di tipo A le dimensioni minime interne del compartimento sanitario, escludendo attrezzature ed arredi, sono:
lunghezza (1 m dal piano di calpestio): 2,40 m;
larghezza (1 m dal piano di calpestio): 1,60 m;
altezza (in fascia centrale ampia 0,90 m, lunga 2 m e di sup. non inferiore a 2,4 mq): 1,75 m.
- Per le ambulanze di tipo B il compartimento sanitario deve essere capace di contenere, tenuto altresì conto delle esigenze del trasporto, almeno una barella a norma UNI di dimensioni non inferiore a 1,85 x 0,56 m.

La normativa sulle caratteristiche delle ambulanze comprende anche un successivo decreto (20 novembre 1997 n.487) che aggiorna ed integra il precedente, definendo le ambulanze di soccorso per emergenze speciali, "veicoli adibiti al trasporto, al trattamento di base e al monitoraggio dei pazienti". Tra queste ricadono appunto le ambulanze di soccorso per le emer-

genze speciali in proprietà o usufrutto di ASL, ospedali, cliniche, Croce Rossa Italiana ed associazioni di pubblica assistenza.

Le ambulanze, così come tutti i mezzi di soccorso, vengono attivate come precedentemente descritto, allorché viene segnalata una emergenza dalle C.O. Esse costituiscono assieme al personale medico, l'insieme generale delle risorse che possono essere chiamate ad intervenire per rispondere all'allarme sanitario.

I mezzi di soccorso a disposizione della C.O. sono quindi molteplici; in sintesi quelli più utilizzati sono:

- auto medica;
- ambulanza;
- centro mobile di rianimazione;
- servizio di eliambulanze.

A fronte di un sistema organizzativo così articolato e complesso, appare palese che la presenza di innumerevoli varianti dettate dalle molteplici situazioni che entrano in gioco, anche a fronte di protocolli standard, crea notevoli problematiche a cui deve porre rimedio il medico dell'emergenza. Problematiche che precipuamente sono rappresentate da una gestione dell'emergenza che risponda a criteri di tempestività ed efficienza.

C) RETE DI SERVIZI E PRESIDII OSPEDALIERI

La rete di servizi e presidi ospedalieri, rappresenta la modalità di risposta all'emergenza sanitaria. Questa è rappresentata dall'insieme delle sedi in cui si svolgono "attività sanitarie" in regime di emergenza ed urgenza. Queste sono articolate in quattro livelli distinti:

- I) Punto di Primo Intervento.
- II) Pronto Soccorso.
- III) D.E.A. di I livello.
- IV) D.E.A. di II livello. (E.A.S.)

I) Punti di Primo Intervento (in seguito P.P.I.). Costituiscono il livello più basso di risposta all'emergenza sanitaria. Sono sedi organizzate esclusivamente per garantire attività sanitarie di primo intervento e rispondono in caso di problemi minori, presentati come urgenti. Stabilizzano il paziente in fase critica e/o attivano il trasporto protetto presso una più idonea struttura ospedaliera. Si distinguono in due tipologie:

- P.P.I. presso le Aziende Sanitarie Locali;
- P.P.I. fissi, mobili o occasionali.

Nel secondo caso il servizio viene generalmente gestito attraverso strutture di dimensioni contenute. Questa soluzione viene privilegiata nelle situazioni in cui si necessita in tempi brevi della disponibilità di postazioni per l'emergenza sanitaria da mantenere per periodi limitati, ad e-

sempio per esigenze stagionali in località turistiche o in occasioni di manifestazioni di massa: sportive; culturali; religiose; ecc.. L'utilizzo del P.P.I. è poi largamente adoperato in tutte quelle circostanze in cui si verificano eventi disastrosi eccezionali, che impongono l'utilizzo soprattutto di numerose strutture mobili di soccorso.

II) Pronto Soccorso (in seguito P.S.). Insieme all'accettazione, agli ambulatori e al day hospital, costituisce uno dei principali punti di accesso per i pazienti all'interno di una struttura ospedaliera. La sua struttura architettonica, deve garantire tutte le condizioni per lo svolgimento delle attività e dei processi assistenziali del servizio sanitario in condizioni di emergenza ed urgenza. Questa esigenza determina la sua collocazione all'interno dell'ospedale nonché il tipo di ingresso, che dovrà risultare visibile e presentare collegamenti diretti dall'esterno. I pazienti che vi giungono in ambulanza accedono attraverso la camera calda, un ambiente riscaldato da utilizzare a senso unico. In genere il P.S. è collocato in prossimità dell'accettazione, dell'osservazione e del reparto di radiologia. Le dimensioni sono rapportate alla grandezza dell'ospedale e al bacino di utenza servito. Nei P.S. sono assicurati accertamenti diagnostici, interventi di medicina e chirurgia generale necessari per la soluzione del problema clinico presentato, nonché i diversi compiti previsti e riportati nell'Atto di intesa Stato Regioni (n.1/1996). Sono garantiti, interventi necessari alla stabilizzazione del paziente e, sotto il coordinamento della C.O., può essere predisposto l'eventuale trasporto ad un ospedale in grado di fornire prestazioni terapeutiche specializzate.

III) D.E.A. di primo livello. "Il DEA rappresenta una aggregazione funzionale di unità operative che mantiene la propria autonomia e responsabilità clinico-assistenziale, ma che riconoscono la propria interdipendenza adottando un comune codice di comportamento assistenziale, al fine di assicurare, in collegamento con le strutture operanti sul territorio, una risposta rapida e completa."; questa definizione (Riforma Ministeriale del 1996) introduce, nel Sistema Sanitario Nazionale, un nuovo concetto di servizio di Pronto Soccorso, ottenuta con l'aggregazione di Unità Operative, autonome nella gestione, che riconoscono nel dipartimento un proprio modulo organizzativo. La definizione di D.E.A. è quindi un concetto che introduce l'azione trasversale del nuovo dipartimento in seno all'intera struttura ospedaliera. Sempre sulla base alla normativa Ministeriale, è possibile desumere il contenuto minimo delle unità operative che compongono un D.E.A. di I livello. In merito a ciò il testo normativo specifica: "A diffe-

renza dei dipartimenti tipici, costituiti da unità operative aggregate fisicamente, il dipartimento di emergenza ed accettazione comprende unità che fanno parte esclusivamente del D.E.A. e unità che appartengono ad altri dipartimenti ed entrano a far parte della "funzione emergenza" attraverso la condivisione di modelli operativi definiti da linee guida e da protocolli, che dovranno essere adottati da tutte le unità operative individuate come operanti nell'ambito del DEA..", proseguendo vengono definite le principali funzioni, "...deve garantire le funzioni di pronto soccorso e accettazione, di osservazione e breve degenza, di rianimazione e contemporaneamente, deve assicurare interventi diagnostico terapeutici in forma integrata di medicina generale, chirurgia generale, ortopedia e traumatologia, cardiologia con UTIC.". Queste funzioni costituiscono il contenuto minimo dell'aggregazione funzionale che mette insieme nel suo complesso il Dipartimento di Emergenza ed Accettazione di primo livello. Inoltre a tale attività, se previsto dalla programmazione regionale, può partecipare l'U.O. di Medicina dell'Urgenza e devono comunque essere assicurate le prestazioni dei laboratori di analisi chimico-cliniche e microbiologiche, di diagnostica per le immagini e trasfusionali.

Con tutta evidenza tale organizzazione dipartimentale presuppone, come centro gravitazionale dell'"Urgenza-Emergenza" l'attività di Terapia intensiva con, al proprio interno, la funzione prettamente generale di Rianimazione e quella specialistica cardiologica di UTIC.

Tale articolazione deve assicurare collegamenti efficaci con tutte le restanti strutture operanti sul territorio, al fine di garantire una risposta assistenziale rapida, completa, che tenga in considerazione della totalità delle risorse.

Riassumendo, le aree funzionali e le U.O. che compongono il D.E.A di primo livello sono:

- Aree esterne funzionali all'accesso dei pazienti (viabilità, camera calda, parcheggi, ect..).
- Atrio d'ingresso (accoglienza, area di Triage, sale d'aspetto); in questa area viene svolta la funzione di accoglienza, accettazione e di codifica del livello di criticità del paziente.
- Ambulatori (Area dei codici bianchi/codici verdi); ovvero locali in cui vengono visitati la maggior parte dei pazienti; sono previste zone d'aspetto con chiamata.
- Locali di emergenza o shock room (area dei codici rossi/codici gialli); sono locali preposti all'accoglimento dei pazienti gravi.
- Unità di Terapia intensiva/subintensiva con Osservazione e Centro trauma; è l'unità operativa più importante del dipartimento, qui affluiscono i pazienti più gravi una volta stabilizzati.
- Rianimazione.
- Diagnostica per immagini (Rt – Tc – Rm).



Fig. 10 Layout funzionale e studio dei flussi del progetto definitivo per il nuovo D.E.A. di Pavia.

- Emodinamica (centro trasfusionale).
- Laboratorio chimico microbatterologico.

Infine, devono essere garantiti collegamenti preferenziali con il reparto operatorio, attraverso percorsi brevi e diretti.

IV) D.E.A di secondo livello.

“Vengono individuati come ospedali sede di D.E.A. di II livello, i presidi Ospedalieri atti ad assicurare, oltre alle prestazioni fornite dal D.E.A. I livello, le funzioni di più alta qualificazione legate all'emergenza, tra cui la cardiocirurgia, la neurochirurgia, la terapia intensiva neonatale, la chirurgia vascolare, la chirurgia toracica, secondo le indicazioni stabilite dalla programmazione regionale. Altre componenti di particolare qualificazione, quali le unità per grandi ustionati, le unità spinali, ove rientranti nella programmazione regionale, devono essere collocati nei D.E.A. di II livello, assicurando una equilibrata diffusione sul territorio nazionale ed una stretta interrelazione con le centrali operative delle regioni al fine di garantire modalità e tempi adeguati di intervento.” Questa è la definizione delle principali attività che si legge al punto 4 sulle modalità di risposta all'emergenza urgenza della normativa ministeriale del 1996; l'aggregato funzionale del D.E.A. di II livello riunisce, rispetto al livello inferiore, specialità chi-

rurgiche e la terapia intensiva neonatale che ne conferiscono un elevato valore sanitario; infine a questo si aggiunge l'invito da parte del legislatore, che delega alla programmazione regionale, l'accorpamento delle unità per grandi ustionati e delle unità spinali.

L'evoluzione promossa dalla riforma Ministeriale, ha portato inevitabilmente ad un miglioramento qualitativo dell'organizzazione e dei servizi erogati dalle strutture sanitarie preposte all'emergenza.

Il concetto di Pronto Soccorso è stato ampliato ad una struttura organizzativa più articolata e preparata per far fronte alle necessità quantitative e qualitative che quotidianamente possono presentarsi negli ospedali.

I servizi e le strutture di supporto hanno dovuto sviluppare un'adeguata organizzazione funzionale, per garantire il funzionamento permanente delle U.O. deputate all'Urgenza-Emergenza: è il caso, per esempio, dei laboratori di analisi o dei reparti di radiologia.

In questo modo è possibile garantire adeguati livelli di assistenza, in un quadro di collegamenti tecnico-organizzativi con gli altri ospedali sede di D.E.A. di primo livello, D.E.A. di secondo livello (E.A.S.), Pronto Soccorso e dei Punti di Primo Intervento.

Processi operativi e principali criticità lungo il percorso assistenziale nei DEA.

Il ruolo che il pronto soccorso, aveva assunto negli anni anteriori alla riforma ministeriale, era quello di “area sanitaria di transito” nell’attesa che i pazienti venissero spostati in uno specifico reparto dell’ospedale. Questa impostazione, senza dubbio avvilente, è stata superata nel tempo con l’istituzione del Sistema Sanitario di Emergenza, che colloca nel livello più alto della rete dei servizi e dei presidi ospedalieri, per la risposta all’emergenza medica, il DEA.

Questo modello organizzativo multidisciplinare comporta l’integrazione funzionale di diverse attività sanitarie chiamate ad affrontare problemi diagnostici e terapeutici dei cittadini in situazioni di emergenza sanitaria. I processi operativi svolti dal DEA necessitano di ideali condizioni amministrative, logistiche e strutturali. La mancanza di uno di questi aspetti diviene fonte di criticità che impattano pesantemente sulla qualità della prestazione complessiva.

In questo paragrafo vengono descritte una serie di processi e di azioni che generalmente si svolgono lungo il percorso assistenziale del paziente in un D.E.A. Si cercherà, di mettere in evidenza possibili criticità che possono sussistere nello corso di questi processi.

Il percorso assistenziale del paziente all’interno di un DEA, ha quindi inizio con l’ingresso in dipartimento dell’utente e si svolge, sulla base delle indicazioni fornite dal Ministero della Salute, attraverso la sinergia delle U.O. che la compongono fino all’uscita dall’Ospedale.

E’ possibile descrivere questo percorso analizzando tre macrofasi:

- Fase di entrata.
- Fase di attraversamento.
- Fase di uscita.



Fig. 11: Schema del percorso assistenziale di un paziente attraverso il DEA.

A) FASE DI ENTRATA

Questa fase inizia nel territorio, in ambito extra-ospedaliero, e si completa all’interno del dipartimento mediante l’accettazione del paziente. Distinguiamo due momenti differenti:

- Processi esterni di entrata.
- Processi interni di entrata.

I Processi esterni di entrata, iniziano con l’ingresso all’area del Pronto Soccorso che deve risultare ben indicata, anche a distanza, nella segnaletica stradale e l’indicazione del suo accesso deve risultare visibile in prossimità della struttura anche mediante insegne luminose. La via per il raggiungimento dell’area di emergenza deve prevedere percorsi dedicati sia ai pedoni, sia agli autoveicoli, ovvero i mezzi di soccorso sanitari e privati. I primi vengono coordinati dalla C.O. 118 che riceve la chiamata, valuta il grado di complessità dell’intervento e attiva il mezzo di soccorso più idoneo. Gli aspetti strutturali del DEA che concorrono allo svolgimento delle prestazioni descritte sono:

- viabilità esterna;
- camera calda;
- parcheggi mezzi sanitari;
- l’elastazione o eliporto (quando prevista)
- la C.O. 118 (quando prevista).

Sotto l’aspetto logistico ed architettonico, il progetto di questi ambiti deve essere verificato in funzione della struttura ospedaliera afferente ed in funzione del bacino di utenza. La viabilità esterna così come la camera calda devono risultare visibili ed agevoli permettendo ai mezzi di soccorso lo svolgimento di manovre semplici e dirette a senso unico di marcia in partenza ed in arrivo. I flussi di emergenza, dei veicoli sanitari che percorrono la viabilità di pertinenza dell’ambito ospedaliero fino alla camera calda, e per il trasposto dei pazienti dalla camera calda all’ingresso del dipartimento, devono risultare distinti dai restanti flussi ospedalieri per il trasporto dei materiali, passaggio dei deambulanti o del personale sanitario non di emergenza.

La “camera calda”, rappresenta un’area protetta e riscaldata in cui avviene il passaggio dei pazienti dagli automezzi. La tipologia standard della camera calda è a “tunnel”, di forma rettangolare ove i lati lunghi sono paralleli al verso di percorrenza degli veicoli e i lati corti, agli estremi del locale, funzionano come ingresso ed uscita dei mezzi mediante opportune porte scorrevoli ad azionamento automatico. All’interno dell’area di pertinenza della camera calda deve essere previsto un sistema idrico che consenta apposite procedure di decontaminazione in emergenza nei casi imprevisti di calamità di tipo chimico-biologico o attribuibili ad azioni di terrorismo. Prima dell’ingresso al dipartimento, il paziente che vi giunge in condizioni igieniche “dubbe”, viene pulito all’interno di locali chiamati “locale bonifica”, dotati di sistema impiantistico e materiale sterile per le operazioni di pulizia. Le operazioni di bonifica vengono estese ai mezzi di soccorso e alle attrezzature (barelle, carrozzine) adoperate durante le fasi di soccorso. I parcheggi dei mezzi

di soccorso devono essere coperti ed in numero sufficiente. Dalla camera calda devono essere facilmente raggiungibili i servizi igienici ed il bagno di decontaminazione pre-Triage.

I mezzi privati costituiscono circa il 70% del flusso totale degli ingressi, ma sono connotati da basse percentuali di casi d'emergenza ed urgenza indifferibile. Sotto il profilo funzionale è opportuno distinguere i flussi viabilistici dei veicoli privati da quelli dei mezzi sanitari attraverso idonea segnaletica e chiarezza dei percorsi.

I processi interni di entrata hanno inizio con l'ingresso del paziente attraverso l'atrio di un DEA. Questa è una soglia di passaggio attraversata quotidianamente da una complessa varietà di persone (pazienti, personale, visitatori, fornitori, ect...). In questo ambito vengono svolti i delicati compiti di accettazione e di filtro dei pazienti attraverso la funzione del Triage. Lo studio progettuale di questa area condiziona in maniera significativa il layout funzionale dei collegamenti verso le successive aree sanitarie e quindi anche quello delle procedure mediche. Una prima scelta progettuale, che può essere fatta sugli ingressi, è quella che prevede la distinzione o meno dell'ingresso per i pazienti non deambulanti (coloro che vi giungono in barella o in sedia a rotelle) da quelli deambulanti, in modo da facilitare senza possibilità di incrocio il flusso dei pazienti barellati.

Le aree che definiscono questa fase:

- area di Accoglienza e Attesa pre-triage;
- Triage infermieristico;
- Accettazione

Questo sistema rappresenta la porta di accesso all'assistenza sanitaria in regime di emergenza e/o urgenza sia per il Pronto Soccorso sia nei DEA di primo e di secondo livello. Per questo motivo il sistema è disciplinato da una serie di criteri che permettono l'identificazione di determinati livelli di priorità a valle dei quali i pazienti seguiranno protocolli medici ben definiti.

L'atrio di ingresso dovrà quindi mettere in comunicazione queste aree con le porte di accesso differenziate, come si è detto, in ingressi per il personale sanitario ed ingressi per i deambulanti con accompagnatori a seguito.

Superata la soglia d'ingresso al dipartimento, al paziente si effettua una valutazione soggettiva che inizia nell'immediata fase di accoglienza, ben rappresentata dall'espressione "valutazione sulla porta". Il paziente riconosciuto grave viene immediatamente ricoverato, gli altri utenti dovranno attendere nella sala di aspetto (attesa pre-triage) che venga ad essi attribuito il rispettivo livello di criticità relativo al proprio stato di salute. Questi livelli vengono assegnati ai pazienti giunti in reparto mediante la funzione del

Triage infermieristico assegnando un codice colore. Tale processo di valutazione costituisce il primo contatto sanitario che il soggetto deambulante ha con il sistema di emergenza sanitario. Il paziente barellato, invece, giunge in reparto con un livello di priorità già assegnato a seguito dell'assistenza preospedaliera ricevuta sul luogo in cui è occorsa l'emergenza.

La Riforma Ministeriale definisce "...la funzione di Triage, come primo momento di accoglienza, valutazione clinica e indirizzo all'intervento diagnostico". I processi, in ordine cronologico, che vengono svolti nell'area di triage dall'infermiere professionista sono:

- Raccolta dati ed identificazione del problema principale.
- Pianificazione dell'assistenza ed attuazione degli interventi.
- Valutazione dell'utente attraverso l'assegnazione di un codice.

In molte realtà, inclusa la nostra, tra le varie metodiche di assegnazione del codice di gravità si è scelto di adottare i "Codici Colore"¹⁵ con una classificazione a 4 priorità:

- Codice Rosso. Questo codice viene assegnato ai pazienti in imminente pericolo di vita, cioè ai pazienti in cui è in atto il cedimento di uno dei 3 parametri vitali (apparato circolatorio, apparato respiratorio, coscienza). Per questi pazienti l'accesso alla sala di emergenza è immediato.
- Codice Giallo. Questo codice viene attribuito a quei pazienti in cui viene diagnosticata una reale minaccia del cedimento di una funzione vitale. L'accesso a questi pazienti è immediato, compatibilmente con le altre emergenze in atto (un codice rosso e/o un codice giallo ritenuto più urgente lo precede), ed il tempo medio di attesa non dovrebbe superare i 15 minuti.
- Codice Verde. Viene assegnato ai pazienti che necessitano di una prestazione medica differibile, non presentano compromissione dei parametri vitali e non appaiono dispnoici, pallidi, sudati e si presentano coscienti. L'accesso agli ambulatori avviene dopo i codici rossi e gialli.
- Codice Bianco. Questo codice viene assegnato a quei pazienti che richiedono prestazioni sanitarie che non sottendono alcuna urgenza e per le quali sono di norma previsti percorsi alternativi. L'accesso agli ambulatori avviene dopo i codici rossi, gialli e verdi.

Seguendo il percorso del paziente, una volta terminata la valutazione del paziente, esso accede, nel caso di codice bianco o verde, alle aree di attesa che, differenziate da quelle per barellati, permettono in base ai tempi di attesa, di accedere agli ambulatori. La sala d'attesa deve essere sufficientemente ampia da servire sia i pazienti ambulatori, autosufficienti già sottoposti a triage, sia i loro accompagnatori.

Il percorso dei codici gialli e rossi è differente e permette un intervento immediato, senza attesa, per i codici rossi, ed una breve attesa per i codici gialli non superiore ai 15 minuti.



Fig. 12: Ingressi differenziati per codice colore .

B) FASE DI ATTRAVERSAMENTO

Gli spazi destinati agli interventi sanitari ed i processi che vengono seguiti durante la fase di attraversamento, sono previsti sulla base di percorsi diagnostico-terapeutici, e quindi sulla base delle necessità dei pazienti. Questi risultano differenti nelle tempistiche e nella metodologia di intervento, in base al codice colore.

Gli spazi per la gestione della casistica possono distinguersi, in relazione alla criticità occorsa in due distinte fasi di attraversamento:

- Fase di attraversamento a bassa criticità (codici bianco e verde).
- Fase di attraversamento ad alta criticità (codici giallo e rosso).

La fase di attraversamento a bassa criticità riguarda i codici bianco ovvero i pazienti per i quali non sussiste alcuna urgenza, ed i codici verde che rappresentano pazienti con urgenze differibili. Per questi codici, il personale medico è in grado di gestire i propri pazienti, attraverso visite di tipo ambulatoriale, mediante una programmazione lineare ed organizzata. La programmazione dei codici bianchi può essere demandata ad altri giorni; la tendenza è quella di scoraggiarne l'abuso assistenziale.

Questa fase ha inizio mediante il primo contatto del paziente con il medico, a seguito di una fase di attesa nelle aree dedicate al rispettivo codice. La visita viene eseguita dal medico di turno nell'ambulatorio cui è stato destinato il paziente munito di scheda triage.

I momenti che caratterizzano la visita medica:

- Anamnesi. Raccolta dettagliata delle notizie relative alla modalità d'insorgenza e di decorso della malattia in atto, nonché di tutte quelle avute nel passato.
- Diagnosi. Formulata dal medico quando ha individuato la patologia.
- Terapia. Trattamenti o prestazioni effettuate dal medico sul paziente per curare il malanno.

Conclusa la visita, il protocollo aperto all'atto dell'accettazione viene chiuso, passando così alla successiva fase, quella di uscita.

Durante la gestione ambulatoriale della casistica, il medico può ricorrere, se lo ritiene opportuno, ad approfondimenti diagnostici più consistenti (esami radiologici e/o consulto medico specialistico) o in alternativa sottoporre il paziente ad osservazione breve. Questo prevede il permanere per diverse ore del paziente in regime di ambulatorietà presso il dipartimento in uno spazio operativo attiguo ed in continuità con l'area di emergenza. Si tratta di un'area, chiamata "Osservazione Breve Intensiva", in cui avviene l'osservazione ambulatoriale dei pazienti, comprensiva, ove necessario, di monitoraggio/telemetria dei parametri vitali. In questo caso al paziente dovrà essere effettuata una seconda valutazione clinica.

La fase di attraversamento ad alta criticità riguarda il percorso assistenziale dei codici giallo e rosso. Questa si caratterizza per tempi di attesa minimi: 15 minuti per il codice giallo, nessuna attesa per il codice rosso. La fase di entrata è molto breve, nella pratica è rappresentata dal solo passaggio delle barelle. Successivamente prosegue con la stabilizzazione dei parametri vitali del paziente. Questo processo avviene in locali, chiamati "shock room" o "box d'emergenza", attrezzati ed organizzati per garantire il necessario supporto attraverso strumentazioni informatiche, monitoraggio, telemetria, strumentazioni meccaniche e gas medicinali (ossigeno, vuoto e aria compressa).

Gli ambulatori d'emergenza, devono avere una serie di caratteristiche che sono:

- Percorsi preferenziali, brevi e lineari senza intersezioni con altri flussi con la camera calda;
- collegamenti preferenziali brevi e lineari con il reparto operatorio;
- possibilità di posizionare il paziente al centro del locale, con attrezzatura pensile.

La stabilizzazione dei parametri vitali del paziente permetterà in seguito il proseguimento del normale iter procedurale, per il quale gli accertamenti diagnostici ed il consulto specialistico medico rappresentano un passaggio obbligato del percorso assistenziale.

In seguito ad una seconda valutazione clinica, il paziente potrà essere sottoposto ad osservazione o terapia nelle aree di rianimazione e terapia intensiva. Il ricovero può essere limitato ad alcune ore dopo l'intervento fino ad alcuni giorni. In questi casi il DEA può disporre di apposite aree di degenza dedicate ai pazienti per i quali si prevedono permanenze non superiori alle 72 ore; per permanenze superiori il paziente viene di regola trasferito ai reparti di degenza ordinaria.

c) FASE DI USCITA

A conclusione della fase di attraversamento, il protocollo aperto all'atto dell'accettazione viene chiuso nella fase di uscita, nei seguenti modi:

- la dimissione del paziente.
- il ricovero del paziente.
- il trasferimento del paziente.
- il decesso del paziente.

Può accadere, inoltre, che alcune pratiche non si chiudano con una visita del medico, ma con l'abbandono volontario del paziente; i lunghi tempi d'attesa, il fatto che il paziente si renda conto che il problema che lo affligge, non è così grave, possono essere motivi da indurre il paziente a lasciare la struttura ospedaliera.

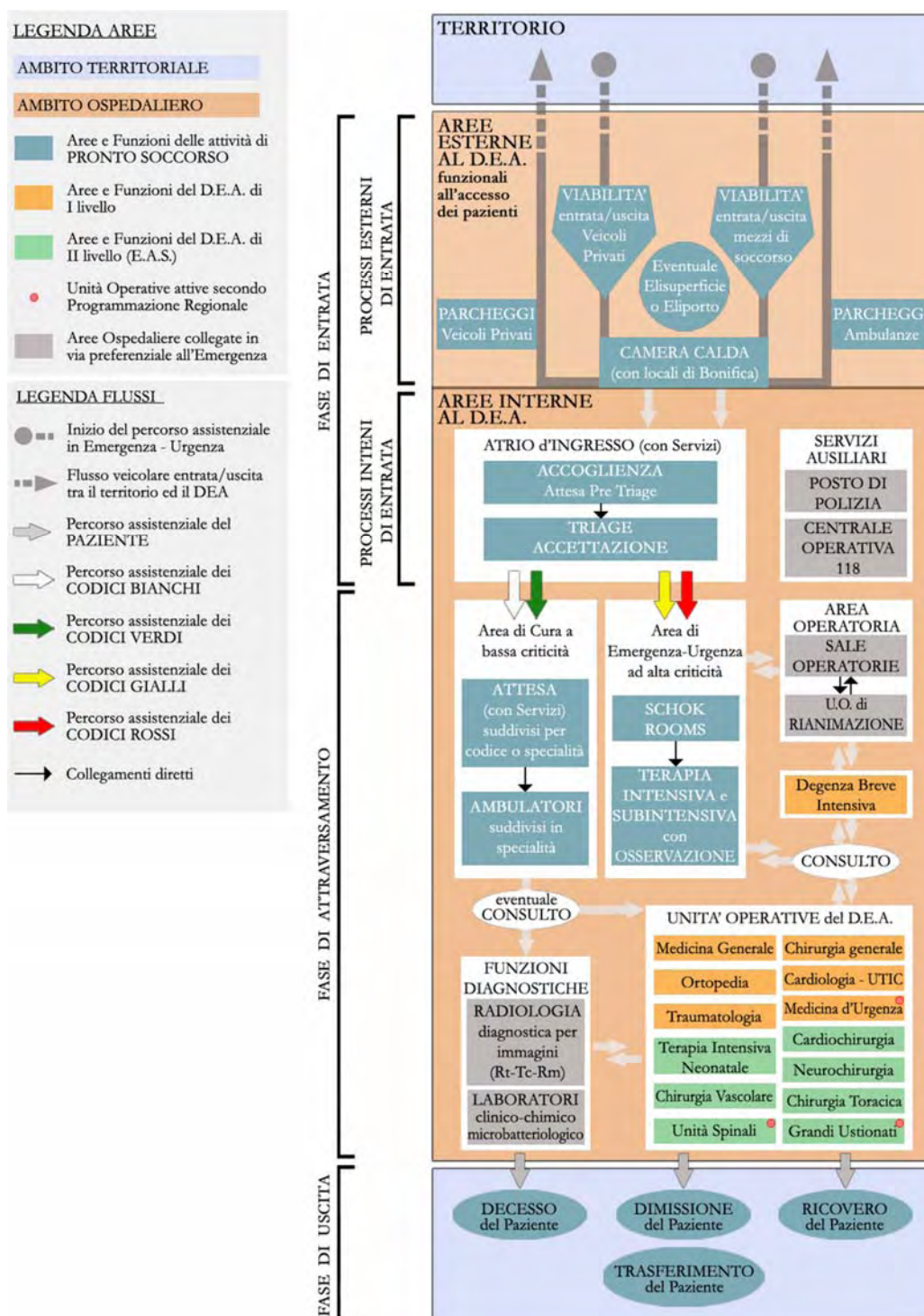


Fig. 13 Layout funzionale a blocchi che sintetizza i concetti fino ad ora espressi sui processi svolti lungo il percorso assistenziale di un paziente nel DEA; a partire dall'emergenza occorsa nel "territorio".

I numeri del servizio sanitario d'emergenza

Le statistiche, quando sono fondate su una scala sufficientemente ampia, rappresentano un interessante strumento per la valutazione della portata di un fenomeno e per la comprensione del fenomeno stesso. Questi valori rappresentano un modo per osservare il fenomeno e successivamente attraverso opportuni metri di giudizio, misurarlo. In questa sezione daremo visibilità ad una serie di dati statistici, ottenuti dai principali istituti di riferimento¹⁶, che permettono di capire il fenomeno sanitario d'emergenza sotto il profilo qualitativo e quantitativo.

I dati che visioneremo faranno riferimento ad una serie di tabelle raccolte dal sistema informativo sanitario del Ministero della Salute in un arco temporale che a partire dall'anno successivo all'emanazione delle linee guida n.1/1996, il 1997, proseguiranno fino alla tabella più aggiornata. Questi dati, ogni anno, costituiscono un insieme utile di informazioni sulla base dei quali viene tarata la modalità di risposta all'emergenza sanitaria composta da personale, mezzi sanitari, medicinali, attrezzature mediche e dalla programmazione per lo sviluppo di nuove strutture sanitarie.

STRUTTURE DI RICOVERO PUBBLICHE E CASE DI CURA ACCREDITATE

L'assistenza ospedaliera, in Italia, si avvale di circa 1.200 istituti sanitari di cura, dei quali il 55% sono strutture di ricovero pubbliche, ed il rimanente è costituito da case di cura accreditate. Dalla metà degli anni novanta si è riscontrata una diminuzione del numero degli istituti, per effetto della riconversione e dell'accorpamento di molte strutture tra loro. Circa il 68% delle strutture pubbliche risulta costituito da ospedali direttamente gestiti dalle Aziende ASL, il 14% da Aziende Ospedaliere, ed il restante 18% dalle altre tipologie di ospedali pubblici.

Il S.S.N. dispone di oltre 237 mila posti letto per la degenza ordinaria, di cui il 17% nelle strutture private accreditate, e 28.793 posti letto, quasi totalmente pubblici, per il day hospital. A livello nazionale vi sono 4,7 posti letto ogni 1.000 abitanti, dei quali 4,1 sono dedicati all'attività per acuti. La presenza di apparecchiature tecnico-biomediche risulta in aumento nel settore pubblico, ma la disponibilità è fortemente variabile a livello regionale. Esistono circa 25 TAC¹⁷ ogni 1.000.000 di abitanti con valori superiori ai 25 in diverse regioni tra cui Calabria, Molise ed il Lazio.

L'area ospedaliera dedicata al Sistema Sanitario di emergenza ha assunto, negli ultimi anni, un notevole sviluppo all'interno delle varie strutture sanitarie, soprattutto a partire dal 1992. I dati raccolti dal sistema informativo sanitario del

Ministero della Salute, hanno messo in evidenza questa particolare crescita. Oltre il 45% degli ospedali pubblici risulta oggi essere dotato di un D.E.A., e oltre la metà del totale di un centro di rianimazione; infine l'attività di pronto soccorso risulta essere presente nel 80% delle strutture ospedaliere.

Dipartimenti di emergenza	Anno					
	1998	1999	2000	2001	2002	2003
<i>Valore assoluto</i>						
Dipartimenti di emergenza	235	279	288	293	312	320
di cui di 2° livello	78	100	114	109	116	121
<i>% sul totale degli ospedali</i>						
Dipartimenti di emergenza	27,8%	34,3%	36,7%	37,7%	41,3%	42,9%
di cui di 2° livello	9,2%	12,3%	14,5%	14,0%	15,4%	16,2%

Fonte: Ministero della Salute – Sistema Informativo Sanitario

Fig. 14: Quadro di crescita dal 1998 al 2003, riferito ai D.E.A. di I e II livello.

Dalla tabella precedente, si riscontra un aumento delle strutture di ricovero pubbliche dotate di D.E.A. Nel 1998 i Dipartimenti di Emergenza ed Accettazione erano 235, di cui 78 di secondo livello; nel 2001 il loro numero è salito fino a 293, dei quali 109 di secondo livello. In termini relativi, la percentuale di strutture pubbliche con D.E.A. è passata da 27,8% (9,2% per i D.E.A. di II livello) del 1998 a 37,7% (14,0% per i D.E.A. di II livello) nel 2001.

Il trend di crescita viene confermato nel triennio successivo. Nel 2003 il loro numero sale a 320 unità, di cui 121 di secondo livello. In termini relativi, la percentuale di strutture pubbliche con Dipartimento di Emergenza è passata da 29,4% (14,0% per i D.E.A. di II livello) del 2001 al 42,9% (16,2% per i D.E.A. di II livello) del 2003.

Per quanto riguarda i servizi di rianimazione, la crescita appare più significativa. Questi sono passati dai 389 del 2001 alle 404 unità del 2003. Sempre in termini relativi, la percentuale degli Ospedali dotati di questo servizio è cresciuta dal 29,7% al 31,5%.

Nel 2003 la rete dei servizi e dei presidi ospedalieri dedicati all'emergenza risulta essere costituita da 742 Ospedali, dei quali 199 pari al 26,8% comprendono il D.E.A. di I livello, 121 pari al 16,2% comprendono il D.E.A. di II livello e 427 pari al 57,4% hanno il Pronto Soccorso. Pertanto circa il 42,9% degli Ospedali pubblici predisposti nella modalità di risposta all'emergenza risulta essere dotato di un D.E.A.

Nel 2004 si assiste ad un'inversione di tendenza. Il numero totale scende a 306 unità, ma a causa di una forte diminuzione, a livello Nazionale, delle strutture pubbliche di cura, la percentuale relativa delle strutture con D.E.A. continua a crescere, passando da 42,9% del 2003 a 45,5% del 2004.

RICOVERI E CODICI DI EMERGENZA; STATISTICHE E PERCENTUALI.

In Italia si stima che un cittadino su due ogni anno si rivolge a strutture sanitarie con attività di pronto soccorso e si prevede per il futuro un aumento. Già adesso il sovraffollamento nelle aree di attesa dei Pronto Soccorsi rappresenta una realtà costante soprattutto nei grossi centri urbani; ed attese di alcune ore, per gli utenti codificati come codici verdi e bianchi, non sono eccezionali. La realtà italiana risulta tuttavia ancora lontana dalle oltre sei ore di attesa media registrate nei Dipartimenti delle grandi Città degli U.S.A., nei quali si misurano picchi di 16-18 ore con percentuali del 5-15% di pazienti che si allontanano ancor prima di essere visitati¹⁸.

Ovviamente la maggioranza dei pazienti che si presentano in un'area di pronto soccorso non risultano essere portatori di una vera urgenza; il sovraffollamento causato dalle urgenze differibili può comportare ritardi inaccettabili per quel numero ridotto di pazienti (come codici rossi e gialli) che necessitano realmente di un tempestivo intervento.

L'introduzione della funzione di Triage, operata alla porta dell'ambito di emergenza da Infermieri professionali, non è la sola risposta a questo problema. Questa funzione, può comunque garantire una adeguata efficienza nell'attribuzione della priorità di intervento a fronte di un sovraccarico di lavoro causato in primo luogo da una eccessiva domanda e in secondo luogo dal sotto dimensionamento della struttura. Va precisato che di per se il Triage, non è in grado di conseguire un risparmio effettivo sulla quantità totale dei tempi di attesa. Esso può solo operare una redistribuzione ottimale a favore di chi è grave e a svantaggio di chi non avrà comunque danno da un tempo maggiore di attesa¹⁹.

In questa sezione illustreremo dati numerici riferiti agli ingressi a partire dal 1997 fino ad oggi. La valutazione degli ingressi, relativi all'attività di pronto soccorso svolta nelle strutture di ricovero pubbliche, costituisce a livello qualitativo un valore statistico particolarmente utile per dimensionare la portata di questo fenomeno.

La seguente tabella riassume i dati, forniti sugli accessi nazionali alle aree di emergenza, raccolti tra il 1998 ed il 2003.

Esito dell'accesso	1998	1999	2000	2001	2002	2003
ricoverati	5.823.947	5.592.312	5.379.410	5.037.414	4.577.003	4.366.554
non ricov.	16.954.680	18.056.570	18.272.674	18.581.973	18.162.738	18.323.103
deceduti	29.890	29.448	23.001	21.769	20.745	21.139
totale	22.808.445	23.678.330	23.675.085	23.641.156	22.760.486	22.710.796
ricoveri (%)	25,5%	23,6%	22,7%	21,3%	20,1%	19,2%
n. di accessi per 1.000 ab.	396	411	410	409	399	396

Fig. 15: Fonte: Sistema Informativo Sanitario. Ministero della Salute.

Questi dati mostrano come il flusso degli ingressi, tra il 1998 ed il 1999 siano sensibilmente aumentati (da 22.808.445 a 23.678.330) per poi rimanere abbastanza stabili fino al 2001 (23.641.156). Quest'ultimo indicatore si presenta altamente variabile a livello territoriale: a fronte di una percentuale di ricovero pari al 12% registrato nel Piemonte, esistono valori superiori al 30% nelle regioni Abruzzo, Molise, Puglia, Basilicata e Calabria.

Un andamento analogo può essere riscontrato per l'indicatore "Numero di accessi per 1.000 abitanti" che passa da 396/1000 del 1998 a 409/1000 del 2001. La percentuale dei ricoveri, in seguito ad accesso al pronto soccorso, mostra invece un trend decrescente: nel 1998 era pari a 25,5%, nel 2001 a 21,3%. Tra il 2001 ed il 2003, gli accessi risultano sensibilmente diminuiti (da 23.678.330 a 22.710.796). Analogamente si riscontra per l'indicatore "Numero di accessi per 1.000 abitanti" che passa da 409/1000 del 2001 a 396/1000 nel 2003. La percentuale di ricoveri, in seguito ad accesso al pronto soccorso, conferma il trend decrescente che registra nel 2001 un valore pari al 21,3% e nel 2003 al 19,2%.

La media approssimativa dei valori raccolti tra il 1997 ed il 2003 risulta di 4 accessi ogni 10 abitanti; di questi all'incirca il 20% viene in seguito ricoverato. Dai dati raccolti sulle attività delle strutture di ricovero con pronto soccorso, relative al 2004, risulta confermato il valore di circa 4 accessi ogni 10 abitanti; mentre si abbassa la percentuale di ricovero al 18,4%. Quest'ultimo indicatore si presenta altamente variabile a livello territoriale.

I dati sopra riportati evidenziano come il Sistema Sanitario Nazionale debba individuare metodi e strategie per la riduzione dell'iperafflusso ai servizi di pronto soccorso, anche attraverso una rimodulazione di tutte le attività territoriali o in aggiunta allo sviluppo ed utilizzo di metodologie terapeutiche innovative come la telemedicina ed il teleconsulto.

Questi valori evidenziano un iperafflusso ai servizi di Pronto Soccorso che indirizza gli interventi sanitari verso bisogni minori e sostanzialmente non urgenti, ed impedisce di utilizzare le risorse disponibili per le attività più appropriate e per una rapida ed efficace risposta all'emergenza. A tal proposito la Conferenza Stato Regioni nella seduta del 25 ottobre 2001 ha emanato le "Linee guida sul Triage intraospedaliero per gli utenti che accedono direttamente in pronto soccorso". Il termine Triage deriva dal verbo francese "trier" e significa scegliere, classificare e indica quindi il metodo di valutazione e selezione immediata usato per assegnare il grado di priorità.

Categorie operative nella progettazione dell'emergenza sanitaria

Nel Marzo del 2001 una commissione scientifica appositamente costituita e presieduta dall'ex Ministro della Salute Umberto Veronesi e dall'architetto Renzo Piano, ha divulgato uno studio sperimentale relativo ad un sistema distributivo spaziale e organizzativo, da sottoporre all'attenzione dell'ambito sanitario in funzione delle finalità che devono caratterizzare l'Ospedale contemporaneo per acuti ad elevato contenuto tecnologico ed assistenziale. Il lavoro della commissione a portato, partendo dall'individuazione metaprogettuale, tipologico-distributiva e funzionale ad una matrice di imprinting architettonico e alla definizione di un decalogo costituito da dieci principi informativi, quali linee guida particolarmente significative alla progettazione, quali:

- 1 umanizzazione
- 2 urbanità
- 3 socialità
- 4 organizzazione
- 5 interattività
- 6 appropriatezza
- 7 affidabilità
- 8 innovazione
- 9 ricerca
- 10 formazione

Tra i principi elencati precedentemente, la "commissione Veronesi" individua nei principi dell'umanizzazione e della socialità due requisiti fondamentali per rispettare il soddisfacimento dei diritti e delle necessità cognitive, percettive e di ergonomia del malato. Vengono in seguito approfonditi con particolare attenzione temi legati alla sicurezza, alla privacy personale, al confort e alla piacevolezza degli spazi. Argomenti che manifestano una assoluta centralità della figura del paziente nella sua complessità sotto il profilo psico-fisico.

Altro tema largamente affrontato dal gruppo di ricerca sarà l'urbanità, intesa come rapporto tra l'Ospedale, i suoi spazi esterni ed il territorio che lo circonda. Viene rilevata la necessità di favorire delle connessioni relazionali e spaziali tra il contesto urbano e la struttura sanitaria. Questo ultimo diviene un principio ordinatore dell'urbanità circostante, fruibile dalla collettività, in alcune sue parti quali, ad esempio, il parco e gli spazi pubblici che lo circondano.

Vengono infine affrontati aspetti legati all'organizzazione funzionale e alla gestionale di elevata efficienza ed efficacia. Fondamentale in questo senso è la gestione regolata attraverso i percorsi la cui efficacia si riflette nel lavoro del personale sanitario, di quello di servizio, ed in fine nella funzione relazionale.

L'aspetto tecnologico viene affrontato attraverso il tema dell'interattività che un Ospedale dovrebbe avere con il resto delle strutture sanitarie del territorio (medici di famiglia, ASL, ecc.), al fine di ottimizzare le prestazioni erogate. Un tema questo che ha come obbiettivo principale il miglioramento della qualità globale del servizio diagnostico e terapeutico, realizzabile tramite sistemi informatici, internet, intranet, video-conferenze e pratiche di telemedicina.

I contenuti espressi nel decalogo(2) "Veronesi-Piano" risultano in larga parte ampiamente trasponibili al progetto di un nuovo D.E.A., inteso come struttura sanitaria per acuti ad elevato contenuto tecnologico ed assistenziale. Questa correlazione ci ha consentito di intersecare i diversi risultati ottenuti nella fase analitica, attraverso l'utilizzo del questionario come strumento d'indagine, con gli argomenti ampiamente trattati mediante il suddetto decalogo. Per mezzo del confronto sono stati individuati, un insieme appropriato di categorie operative specifiche nella progettazione delle strutture sanitarie dedicate all'emergenza.

Sono quindi state individuate quattro categorie operative di assoluto interesse alla qualità del progetto contemporaneo di un D.E.A., e che rappresentano rispettivamente quattro relazioni fondamentali con il progetto stesso; le categorie operative sono:

- la relazione urbana;
- la relazione funzionale;
- le relazioni temporali;
- la relazione sociale.

RELAZIONE URBANA

La valenza urbana di una struttura ospedaliera è attuale un tema di grande interesse per ogni amministrazione territoriale.

Questo interesse è maturato inizialmente con la formazione dei primi ospedali a padiglione ed in primis con l'annosa questione sulla ricostruzione dell'Hotel de Deux di Parigi. A così avuto inizio una ricerca mano a mano più approfondita sulle possibili relazioni urbane esistenti tra una struttura sanitaria ed il territorio individuato per la sua costruzione, anche in relazione alla convenienza post-realizzazione che la struttura ospedaliera e la città potevano trarre grazie ad una ottimale integrazione tra i due sistemi.

In origine tale relazione urbana era nulla. La struttura sanitaria in generale possedeva il carattere esclusivo di recinto impermeabile e specialistico. Storicamente, già agli inizi del quattrocento gli edifici ospedalieri, come nel caso dei primi Lazzaretti, venivano realizzati in luoghi periferici della città per proteggere i sani dai malati, e tale valenza fu mantenuta come consuetudine organizzativa a base del servizio sanitario per un lungo periodo.

Attualmente, gli impianti ospedalieri rappresentano dei sistemi che tendono ad aprirsi al territorio circostante, si inseriscono all'interno di periferie urbane o in spazi inediti, come un valore aggiunto, un servizio di notevole valenza sociale, in grado di "fecondare" lo spazio urbano limitrofo, stimolando lo sviluppo di nuove infrastrutture, reti di comunicazioni, impianti tecnologici, nuove residenze e la bonifica di ampi spazi verdi progettati a parco.

A livello amministrativo, la costruzione di una nuova struttura ospedaliera, costituisce una importante occasione per affrontare il ridisegno e la rifunzionalizzazione di ampie aree periferiche urbane, spesso inedificate da risanare.

Questo deve avvenire attraverso una corretta valutazione analitica sulle relazioni urbane esistenti tra il territorio da studiare ed il nuovo intervento di edilizia sanitaria che si intende realizzare. Nel caso più specifico, riguardante la realizzazione di un nuovo D.E.A., alcuni aspetti relazionali acquisiscono rispetto ad altri una maggiore importanza. Uno di questi aspetti è a ragione l'aspetto funzionale. Questo caratterizza il livello di accessibilità e fruibilità della struttura in relazione al flusso veicolare dei mezzi di soccorso, di quelli privati e della flessibilità di garantire la realizzazione di flussi di trasporto alternativi.

Questi aspetti determinano in prima istanza la scelta del luogo territoriale più appropriato in cui costruire un nuovo edificio Ospedaliero che abbia nel D.E.A. la propria struttura di eccellenza. La sintesi di queste scelte deve essere verificata anche attraverso considerazioni non solo funzionali ma legate alla valutazione dei benefici che un territorio può trarre dalla presenza di un nuovo servizio sanitario.

In sintesi, definiamo quattro possibili relazioni urbane che, in ordine di importanza, possono esprimere l'appropriatezza di un Ospedale per acuti, in cui abbia sede il D.E.A. come struttura di eccellenza, in rapporto al territorio e alla Città con la quale interagisce e si integra.

La Relazione Urbana tra questi sistemi può essere espressa attraverso la:

- Relazione con il contesto funzionale e distributivo, determinato dal sistema di collegamenti e percorsi che sussistono/potrebbero sussistere tra la città ed il territorio esistente/scelto per il nuovo intervento anche in relazione alla massima accessibilità visibilità e fruibilità dell'edificio stesso.

- Relazione con il contesto ambientale in cui va ad inserirsi il nuovo intervento, sotto l'aspetto delle connessioni spaziali (la tendenza contemporanea predilige uno sviluppo orizzontale), della appropriatezza dell'immagine e delle relative tecniche costruttive.

- Relazione urbana di integrazione sociale tra l'attività sanitaria e l'ambiente che lo circonda mediante la condivisione di spazi pubblici comuni, a favore di un'apertura relazionale con il contesto civile territoriale, a favore dell'aspetto psicologico di pazienti, operatori sanitari e dei cittadini sani che percepiscono la presenza di un D.E.A. come un servizio sanitario presente, sicuro e a favore del benessere collettivo.

- Valutazione costi/benefici rapportata alla capacità che il nuovo intervento può apportare al tessuto urbano in termini di nuove infrastrutture urbane ed impiantistiche.

RELAZIONI FUNZIONALI

Aderenza del progetto con i processi sanitari.

In una concezione unitaria e globale dei servizi offerti dal Sistema Sanitario, il passaggio attraverso uno dei quattro livelli di emergenza rappresenta solo una parte, anche se importante, dei momenti del percorso diagnostico e terapeutico del paziente. Il percorso clinico di una persona, in assenza di condizioni di emergenza ed urgenza, può avere inizio a seguito di una visita ambulatoriale da parte del proprio medico di famiglia o di un ente assistenziale autorizzato, ed in presenza di un malessere acuto, in base al livello di criticità, può passare mediante il triage di una accettazione ospedaliera o attraverso la camera calda per mezzo di ambulanza. Tale percorso può completarsi nel pronto soccorso del dipartimento di un ospedale o proseguire attraverso altre unità operative dello stesso sistema ospedaliero o di uno più specifico, in una logica di "continuum" assistenziale.

I pregi che possono essere raggiunti nella definizione di un servizio sanitario unitario nel suo sviluppo, sono molteplici e riguardano tanto il personale medico quanto i pazienti.

I primi, ottengono come risultato immediato la semplificazione organizzativa dei processi sanitari quotidiani, derivata sia dalla completa conoscenza della storia clinica del paziente grazie alla quale si evitano ridondanze procedurali, sia dalla definizione progettuale di un sistema funzionale più accessibile che porta alla diminuzione dei tempi di ricovero. A sua volta, la percezione nella chiarezza dei processi che il cittadino avverte, si traduce in una sensazione di sicurezza e fiducia nello stesso servizio.

Lo stato di tranquillità e la fiducia del paziente rappresentano, per l'operatore sanitario, dei valori aggiunti molto importanti che si sommano a quello della prestazione medica.

A monte di questi risultati, affinché possano essere raggiunti in maniera completa, devono essere impostate specifiche relazioni funzionali su scale di intervento differenti, sia a livello gestionale del S.S.N. sia all'atto della progettazione di ogni singola struttura sanitaria. Obiettivo nella

definizione di apposite relazioni funzionali è il raggiungimento della massima efficienza ed efficacia dei servizi sanitari erogati.

In particolare possiamo concretizzare il discorso in atto specificando due insiemi di relazioni funzionali, che rappresentano anche un modo per valutare sotto il profilo funzionale la qualità di una struttura sanitaria:

1. Garantire l'interattività delle strutture sanitarie presenti nel territorio sia a scala globale tra di esse, sia a scala interna tra le componenti operative che costituiscono le stesse strutture;
2. Garantire che ogni ambito sanitario di una struttura sia nelle dimensioni appropriato e proporzionato alle effettive necessità dell'utenza in rapporto ai servizi erogati e siano tali ambiti connessi tra loro secondo la logica della massima efficienza gestionale.

Il primo insieme di relazioni funzionali, implica che a livello comunicativo ed informativo il S.S.N. riesca, in quello che sembra già essere un intento in atto, a definire una complessa rete di comunicazione che funzioni a più livelli, tra tutti i servizi sanitari offerti alla persona, e che permetta alle varie componenti operative che costituiscono la struttura ospedaliera, di operare sinergicamente tra loro, sia a scala interna sia a scala globale.

In base al secondo insieme di relazioni funzionali, a livello organizzativo, la continuità del servizio assistenziale viene percepito unicamente se l'insieme dei Reparti operativi dell'ospedale, compreso il Dipartimento di Emergenza ed Accettazione, che il paziente attraversa lungo ogni possibile percorso clinico, saranno stati, sotto il profilo progettuale:

- dimensionati correttamente rispetto all'utenza da servire;
- studiati attentamente nei collegamenti distributivi interni di reparto;
- collegati tra loro in base a criteri procedurali gestionali di efficienza.

L'interattività che un ospedale dovrebbe mantenere con i diversi livelli di cura sanitari presenti nel territorio (medici di famiglia, ASL, ambulatori, ecc...), così come è stato auspicato nelle linee guida del D.M. del 12 dicembre 2000 dall'allora Ministro della Salute Umberto Veronesi, rappresenta concettualmente in grande scala una risposta importante alla necessità di rendere il lavoro speso dalle varie componenti ospedaliere come un unico servizio sanitario continuativo e quindi anche maggiormente controllato. Per questo obiettivo, ci si affida alla tecnologia informatica e telematica, quale valido strumento di collegamento, in grado di semplificare efficacemente il dialogo con tutte le strutture sanitarie presenti nel territorio, attra-

verso lo scambio di competenze ed informazioni che dovrebbe comprendere: medici di famiglia; presidi sanitari, poliambulatori specialistici, livelli di emergenza, ospedali, centri di riabilitazione, cure domiciliari, ecc.

Queste relazioni assumono una importanza maggiore quando i processi sanitari devono essere compiuti in termini di emergenza ed urgenza. L'area dipartimentale dedicata all'emergenza rappresenta in effetti, all'interno di un sistema assistenziale unitario, l'anello più delicato del sistema stesso.

In linea generale, possiamo individuare una serie di requisiti funzionali di qualità che dovrebbero essere presenti in ogni progettazione ospedaliera:

- collocazione dell'attività di pronto soccorso al livello della camera calda con preferenza del piano terra.
- collocazione allo stesso livello dell'attività del pronto soccorso delle principali UU.OO di riferimento come la diagnostica per immagini, la terapia intensiva o la rianimazione.
- collocare sistemi di collegamenti verticali dedicati nell'area del P.S., verso le UU.OO. appartenenti all'aggregato funzionale del D.E.A. che per ragioni logistiche risultano essere ubicate ad un livello superiore, massimo due.
- separazione durante la fase d'ingresso del flusso dei pazienti barellati dai pazienti deambulanti;
- separazione successiva al passaggio del triage del flusso dei pazienti in un'area a maggiore intensità di cura dedicata ai codici rossi/gialli ed una a minore intensità di cura dedicata ai codici bianco/verdi, evitando ogni intersezione;
- sovradimensionare la sala d'attesa pre-triage, in modo da predisporla alla maxi emergenza;
- dimensionare correttamente le sale di attesa ambulatoriali e dei barellati, fino ad un massimo del raddoppiamento dello spazio ottimale.
- lo spazio dedicato ai depositi deve essere appropriato nel numero e nelle dimensioni.
- curare con attenzione la logistica delle stazioni di controllo e coordinamento in funzione della sicurezza ed efficacia del servizio.
- attrezzare i reparti di un numero idoneo di servizi igienici suddiviso per operatori sanitari ed utenti.
- Prevedere il triage in aderenza con un locale visita in cui sia possibile effettuare il triage avanzato. La postazione del triage deve permettere di ospitare almeno tre operatori.
- Le postazioni per le shock room devono essere dirette e vicine rispetto alla posizione della camera calda, e non dovranno essere distanti dall'OBI e dalle Sale Operatorie dedicate.

RELAZIONI TEMPORALI

L'ambito medico ha assunto col passare del tempo la tendenza sempre maggiore a svilupparsi sia sotto il profilo terapeutico e diagnostico, sia sotto quello dell'evoluzione tecnologica. Questo fattore temporale, comporta come diretta conseguenza nella definizione di un tema progettuale sanitario, la necessità a mantenersi aggiornati su un insieme notevole di informazioni che in parte vengono raccolte durante una prima fase analitica e riguardano, come già detto, esigenze spaziali e distributive che devono risultare in aderenza con i processi sanitari attuali, in base ai quali viene definito il progetto stesso, ed in parte comprendono la conoscenza di possibili sviluppi futuri che permettono al progettista di studiare l'adattabilità del progetto a sviluppi futuri per i principali ambiti sanitari, compreso quello dedicato alle emergenze ed urgenze che ha nel D.E.A., la sua massima espressione.

Queste considerazioni, hanno permesso di studiare e di definire tutta una serie di relazioni temporali che devono essere ampiamente considerate nella progettazione architettonica di ogni struttura sanitaria, a maggior ragione in un D.E.A., in cui il peso costituito dal suo contenuto tecnologico risulta rilevante rispetto all'intero impianto di un Ospedale.

Le scelte progettuali devono, a ragione, tenere conto della possibilità che la struttura diventi in breve tempo obsoleta rispetto alle nuove esigenze ed agli usi in essere; e dall'altro lato il progetto deve essere concepito per garantire ottimi livelli di manutenibilità, facilitando qualunque opera di manutenzione che dovrà accompagnare nel tempo la nuova struttura, affinché si possa mantenere efficiente e funzionante attraverso il minore disturbo possibile rispetto alle attività sanitarie in atto.

Quanto detto, può essere argomentato più dettagliatamente, attraverso la descrizione di due relazioni temporali particolarmente conosciute nella manualistica legata alla progettazione ospedaliera, come:

- Flessibilità
- Manutenibilità.

Flessibilità.

Il progetto di architettura di un edificio sanitario, deve infatti essere concepito nelle indicazioni legate alla scelta delle strutture e della logistica dei suoi impianti in condizione da non risultare obsoleta nel tempo agli usi medici. Per questo motivo, già in fase metaprogettuale, il divenire deve essere impostato mediante studi ed accorgimenti tipologici e spaziali, che consentano all'edificio di un ospedale di avere sempre un adeguato incremento del livello di flessibilità, che rappresenta nient'altro che l'attitudine

dell'edificio ad adattarsi nel tempo ad una serie di modifiche, in funzione del progredire della scienza medica, dell'innovazione tecnologica e delle istanze sociali, nel minor tempo possibile e a costi sostenibili.

Manutenibilità

L'approccio alla manutenibilità di un edificio ospedaliero, come noto agli operatori del settore, deve tenere conto di una serie di problematiche proprie dell'ambiente sanitario, caratterizzato da aspetti gestionali ed organizzativi peculiari e differenti da ogni altra realtà del settore terziario od industriale. La normativa UNI 9910, definisce il termine manutenibilità come "l'attitudine di un'entità in assegnate condizioni di utilizzazione a essere mantenuta o riportata in uno stato nel quale essa può svolgere le funzione richiesta, quando la manutenzione eseguita nelle condizioni date, con procedure e mezzi prescritti". Secondo la citata Norma UNI, la manutenibilità è quindi una caratteristica di progetto di un particolare sistema o di una unità operativa, e scaturisce dall'integrazione di qualificare la caratteristica stassa attraverso i seguenti tre punti:

- 1) organizzazione delle attività manutentive;
- 2) frequenza e tempi delle attività manutentive necessari pre garantire le prestazioni stabilite in fase progettuale;
- 3) costo delle attività manutentive;

Lo studio progettuale di un edificio ospedaliero, deve essere volto al miglioramento della manutenibilità, aumentando la facilità con cui possono essere eseguiti i diversi interventi di manutenzione, ordinari e straordinari. Questi interventi comprendono da un lato l'attenzione del progettista a garantire l'accessibilità e la visibilità dei componenti, l'ergonomia degli spazi operativi, la smontabilità, la trasportabilità e la modularità dei vari elementi, e dall'altro lato durante la fase operativa si rende necessario individuare delle soluzioni in grado di sovrapporre con il minimo disturbo possibile l'attività sanitaria in corso. In particolare ogni soluzione organizzativa nella gestione manutentiva dell'edificio di un D.E.A., deve confrontarsi con i seguenti aspetti:

- continuità 24 ore su 24 ore dell'attività prettamente sanitaria;
- difficoltà nell'individuare delle priorità di intervento;
- carenza di personale a conoscenza della realtà ospedaliera;
- presenza di una realtà in continuità evoluzione;
- vasta gamma di tipologie impiantistiche, che richiedono professionalità specialistiche per la loro manutenzione.

Il progetto deve quindi tenere conto delle indicazioni elencate in precedenza, nonché di tutte le norme e regole tecniche finalizzate a garantire il massimo risparmio possibile nella successiva fase gestionale.

E' evidente dunque che, la mutenibilità di un organismo ospedaliero, nelle sue specificità sanitarie, è determinata dalle attenzioni rivolte sia durante la fase di progettazione, che in base alla normativa italiana (legge Merloni) corrisponde con le quattro fasi del progetto preliminare, progetto definitivo, progetto esecutivo e affidamento dell'incarico; sia da fattori organizzativi ed operativi che attengono esclusivamente alla fase di esercizio e della gestione tecnica

RELAZIONI SOCIALI

“Può sembrare uno strano principio da affermare che il primo vero requisito di un ospedale sia quello di non far del male ai ricoverati”. Questa affermazione fu fatta da Florence Nightingale nel 1859, simboleggia l'emblema di un lungo processo di riforma sulla qualità del servizio ospedaliero che, a partire dalla Gran Bretagna, ha portato ad iniziare, sotto il profilo progettuale e gestionale, una stimolante ricerca sulle principali condizioni in grado di migliorare l'adeguatezza del servizio sanitario negli ambiti ospedalieri attraverso il miglioramento dell'immagine, del confort, e del coinvolgimento sociale dei pazienti tra loro e con il personale sanitario. Questo aspetto rappresenta una condizione necessaria per prendersi cura non solo dello stato fisico di salute del paziente, ma anche di quello psicologico. A tutt'oggi non ci sentiamo di poter tranquillamente affermare che tutto quello che serve a rendere più umano l'ambiente di cura ospedaliero sia stato pensato, studiato e fatto.

Il principio che ha determinato lo studio degli aspetti e degli elementi che rendono una struttura ospedaliera un luogo ospitale, (da cui l'origine stessa del nome), ma anche accogliente ed umano è stato definito nello scorso secolo dai maggiori esperti in tematiche ospedaliere, con il termine “Umanizzazione”. Questo principio in un D.E.A., acquisisce una valenza maggiore rispetto ad altri ambiti sanitari, soprattutto sotto il profilo psicologico che riguarda tanto il paziente quanto gli accompagnatori ed i visitatori, che nella maggior parte dei casi corrispondono con i parenti. Questi ultimi, infatti, durante le fasi di soccorso e di ricovero del proprio caro in regime di emergenza o di urgenza, si trovano proiettati in una nuova dimensione il cui ruolo è limitato alla sola attesa, potendo assistere impotenti unicamente alle prime fasi del ricovero preospedaliero.

L'attesa dell'accompagnatore avverrà all'interno

di apposite sale ad essa dedicate munite di una serie di servizi necessari a chi attende per lungo tempo (erogatori di bevande e snack, linea telefonica, linea wi five) e potrà essere allietata dalla possibilità di ricevere di tanto in tanto alcune informazioni sullo stato di salute del proprio assistito, affidandosi nel frattempo alla fede e alla buona sorte.

Rassicurazioni e conforto psicologico, sono alla base di una buona accoglienza ospedaliera e possono giungere da un lato attraverso il colloquio con il personale medico preposto, e dall'altro attraverso l'immagine ed il grado di accoglienza della stessa struttura ospedaliera.

L'aspetto psicologico ha acquisito una importanza crescente nella progettazione degli spazi sanitari, facendo maturare la convinzione che occorre concepire degli spazi e degli arredi dotati di caratteristiche coerenti con i bisogni e i valori dell'utente. L'utente, inteso in senso lato, per il quale viene studiato e progettato un D.E.A. di I e II livello è in primo luogo il paziente, cioè l'utente in quel momento debole fisicamente e quindi anche nell'umore, la cui condizione emotiva è aggravata dall'allontanamento con i rapporti familiari e sociali in cui è abitualmente portato a rivolgersi. In secondo luogo dobbiamo considerare gli accompagnatori ed i visitatori; in fine altri soggetti per i quali si rende necessario, in fase di progettazione, un attento studio legato all'umanizzazione e all'immagine degli spazi di lavoro, sono il personale medico e quello paramedico. Questi infatti sono spesso sottoposti a turni ed orari imprevedibili, che trovano nel termine opposto all'umanizzazione una definizione più appropriata.

Il loro lavoro può essere allietato sotto il profilo psico-fisico, anche attraverso l'individuazione di una serie di spazi dedicati al relax o al riposo, ad esempio in seguito ad una notte di lavoro dedicata ad una o più improvvise emergenze o urgenze, a cui spesso fa seguito il turno diurno già in programmazione. Inoltre, uno studio appropriato nel dimensionamento degli spazi di lavoro, accompagnati ad una progettazione attenta ai particolari architettonici e al confort, si riflette indirettamente a beneficio del paziente garantendo la possibilità di dedicare a loro un servizio migliore, reso possibile da una organizzazione degli spazi più efficace.

L'umanizzazione di un Dipartimento di Emergenza ed Accettazione, passa quindi attraverso la creazione di una serie di ambiti spaziali adeguati nelle dimensioni, nell'immagine, nel confort e nell'arredo, a volte dedicate esclusivamente ad una singola utenza altre volte studiate per facilitare i rapporti sociali dei pazienti fra loro o con il personale medico.

Il Pronto soccorso, inteso come principale porta d'accesso all'ospedale, ha nell'ambito spaziale

del suo ingresso l'occasione per garantire al D.E.A. determinati requisiti in termini di umanizzazione e coinvolgimento sociale.

La qualità dell'accoglienza in effetti è un importante elemento preso in esame per conferire agli spazi dedicati un certo grado di umanizzazione. Il Pronto soccorso è un'area dove la qualità dell'accoglienza ha una grande incidenza, produce effetti immediati e migliora l'immagine del servizio con soddisfazione non solo da parte dei clienti, ma anche da parte degli operatori stessi. Pazienti e accompagnatori sono particolarmente sensibili ad ogni elemento che attenui la drammaticità dell'evento. Dagli arredi ai colori, dai percorsi al microclima, ogni dettaglio può avere un impatto positivo. Si considerano in particolare: Attese; Facilities; Arredi e colori. Le attese devono essere di dimensioni idonee, illuminate naturalmente, poste lungo i percorsi differenziati, isolate visivamente e acusticamente. Cabine del telefono isolate, distributori di generi di conforto, organizzazione a isole, sono di grande efficacia nel rendere l'attesa inevitabile meno gravosa. Lo studio dei colori conferma in modo inequivocabile che l'impatto dei diversi colori sulla psiche umana è notevole. La qualità degli arredi e la presenza di piante e giardini rappresentano un fattore determinante per la qualità dell'accoglienza. In sintesi possiamo definire che la qualità dell'accoglienza di un pronto soccorso può essere ottenuta attraverso lo studio dei seguenti punti:

- Immagine architettonica;
- Appropriatezza degli spazi;
- Comfort e dettagli
- Chiarezza dei processi;
- Atteggimento degli operatori.

Il lavoro del personale medico è notevolmente condizionato dalle condizioni al contorno dello spazio in cui si trova a lavorare. Dando per scontato che l'ambiente architettonico risulti funzionale alle procedure mediche, l'elemento umanizzatore che può fare la differenza tra un ambiente confortevole di lavoro ed uno poco umano, è anche in questo caso legata ai seguenti punti:

- Immagine architettonica;
- Appropriatezza degli spazi;
- Comfort e dettagli
- Spazi di relax.

La saletta relax è lo spazio comune per il personale in cui è possibile recarsi per leggere, ascoltare della musica, bere una bibita e fare conversazione con i colleghi. Questo spazio può essere individuato in un'area baricentrica all'attività del D.E.A., e la sua presenza può risultare psicologicamente gradevole e positiva anche per il lavoro dello stesso personale.

Strategie di progetto dalla scala territoriale a quella edilizia nella definizione di un modello ospedaliero per l'emergenza

Gli obiettivi strategici nella promozione di un nuovo progetto di architettura ospedaliera in cui abbia sede il D.E.A. di I o II livello, necessitano da un lato di un'attenta analisi urbanistica e territoriale su fattori localizzativi d'opportunità che determinano il rapporto tra struttura sanitaria e territorio; e dall'altro riguardano l'individuazione del layout funzionale di progetto più idoneo a garanzia di quei processi operativi che contraddistinguono la specifica struttura sanitaria, nonché l'interattività funzionale dei collegamenti definiti con l'intero sistema ospedaliero con cui il D.E.A. si confronta.

Il rinnovato interesse per l'edilizia ospedaliera e le conseguenti nuove ricerche sul significato, sui principi e sui contenuti generali e particolari dell'ospedale, hanno portato ad un'evoluzione significativa del modello di progetto per una struttura ospedaliera che viene verificata su scala territoriale e su scala edilizia, nelle forme di intendere il rapporto tra ospedale e contesto di inserimento.

Su scala edilizia, la nuova struttura si confronta nella ricerca di un linguaggio architettonico evoluto e adeguato, sia dal punto di vista funzionale e organizzativo secondo le rinnovate e diversificate richieste dell'utenza, sia dal punto di vista tecnologico in merito all'evoluzione strumentale della diagnostica e della cura.

Su scala territoriale, l'ospedale rappresenta un nuovo sistema complesso di funzioni e relazioni sociali che offre servizi alla collettività e che partecipa alla trasformazione della Città.

Lo stadio successivo all'ubicazione del D.E.A., sarà la definizione del layout funzionale proprio al dipartimento stesso. L'articolazione delle funzioni e delle UU.OO. che dovranno essere individuate e collegate tra loro attraverso percorsi funzionali logici, dovrà derivare dalle indicazioni presenti nella linea guida n.1/1996.

Sotto il profilo progettuale il segno più evidente all'insegna del cambiamento è stato la pubblicazione del D.M. del 12 dicembre 2000, che ha definito le "Linee guida per l'Ospedale del Terzo Millennio" conosciuto anche come "Progetto Veronesi-Piano"²⁰. L'elaborazione progettuale allegata a tale decreto ha riaperto, soprattutto tra i non addetti ai lavori, il dibattito sulle caratteristiche che deve avere una struttura ospedaliera moderna. Il nuovo modello configura una netta separazione tra le funzioni di diagnosi e terapia, dedicate all'emergenza e gli spazi della degenza, prefigurando una struttura contenuta nel numero di piani e che sembra nascere dall'assemblaggio di più edifici altamente specializzati e dedicati a singole aree funzionali.

SVILUPPO DEL LAYOUT FUNZIONALE A SCALA TERRITORIALE



Fig. 16: Aspetti analizzativi per la localizzazione della nuova struttura sanitaria.

La localizzazione di una nuovo edificio sanitario, da inserire all'interno di una rete di strutture esistenti, nonché il suo dimensionamento rispetto al territorio di riferimento, dipendono generalmente del livello assistenziale e dalla tipologia delle prestazioni ivi previste.

Questo processo di localizzazione prevede fondamentalmente lo sviluppo di un layout funzionale che comprenda l'intero ambito territoriale di pertinenza al sistema assistenziale gestito da una determinata rete di strutture sanitarie. In questo processo risulta particolarmente rilevante sia la presenza e il livello dei servizi di emergenza (P.S.; D.E.A. di I e II livello), sia le caratteristiche e il peso attribuito ai servizi interni esterni previsti come: poliambulatori; diagnostica; Day Hospital; Day Surgery; ecc..

Spesso, il quesito determinato dalla più corretta localizzazione della struttura sanitaria e dal rapporto con il territorio, è stato ricondotto unicamente all'analisi dei dati statistici rapportata ai così detti "bacini di utenza" delle funzioni sanitarie previste nonché alla verifica di alcuni aspetti connessi all'accessibilità dell'area individuata mediante l'analisi dei collegamenti viari, tempi di percorrenza, volumi di traffico nelle diverse ore del giorno, ecc. In realtà queste valutazioni devono commisurarsi anche con la conoscenza più specifica delle realtà territoriali.

Sintetizzando, possiamo considerare rilevanti nella valutazione della localizzazione di una nuova struttura sanitaria legata ad uno dei livelli di emergenza, le seguenti verifiche:

- Rilevazione dei bisogni di salute del bacino di utenza sia sotto il profilo demografico, sia sulla base degli aspetti sociali/culturali, produttivi ed economici;
- analisi delle principali caratteristiche determinanti l'accessibilità;
- verifica delle caratteristiche naturali e antropiche del territorio fisico di riferimento.

La metodologia ideale nella localizzazione di una struttura sanitaria dedicata all'emergenza non potrà mai avere una soluzione univoca, ma possiamo credere che debba comunque essere verificata sulla base dei tre punti che sono stati illustrati in precedenza e che contemplano l'insieme più significativo dei valori da considerare. Lo studio che antecede la progettazione specifica dell'edificio sanitario, è rappresentato quindi da un processo localizzativo rappresentato da una vasta raccolta di valori analitici ed informazioni e proseguirà attraverso il loro successivo confronto.

Tale studio dovrà, in primo luogo fare riferimento agli indirizzi programmatori regionali, ed infine sarà finalizzato al perseguimento di una serie di obiettivi tra i quali si ritiene possano avere un valore significativo:

- la ricognizione dei flussi attuali e dei flussi potenziali di utenza;
- la definizione di un piano dei collegamenti e la verifica dei livelli di accessibilità;
- l'ubicazione della struttura sanitaria sulla base dei vincoli dettati dal contesto territoriale e dell'analisi dei piani regolatori.

Questo approccio metodologico può articolarsi in due sezioni analitiche che raggruppano indagini urbanistiche sviluppate su due differenti scale di lettura: contesto territoriale e contesto locale.

Le analisi del contesto territoriale sono rivolte all'individuazione, all'interno di uno dei possibili ambiti di localizzazione individuati, di un'area che presenti le caratteristiche adatte per l'inserimento del nuovo edificio ospedaliero.

Le analisi del contesto locale sono rivolte invece, alla verifica dell'effettiva idoneità prestazionale dell'area individuata durante la prima fase di analisi svolta su scala territoriale.

Le indagini dovranno condurre alla localizzazione di un'area specifica che abbia verificati i seguenti requisiti necessari:

- disponibilità, conformazione, caratteristiche orografiche e dimensioni dell'area;
- posizione ottimale rispetto a flussi e bacino d'utenza;
- accessibilità buona sia da rete stradale sia da rete ferroviaria.

Questa seconda parte analitica, viene dunque condotta con l'obiettivo di verificare la rispondenza ai requisiti prefissati in base ad una scala di lettura più ravvicinata, quella locale in cui vengono analizzati aspetti legati all'accessibilità all'area, vengono vagliati i dati e le indicazioni presenti nei PRG così come i vincoli ambientali ed i dati catastali (proprietà, superfici, particelle, ecc..) terminando con la visione dello stato attuale dell'area anche attraverso foto aeree e visite sul posto.

SVILUPPO DEL LAYOUT FUNZIONALE A SCALA EDILE

Le caratteristiche relative alle dimensioni e alla configurazione dell'area prescelta per la realizzazione di una nuova struttura sanitaria che comprenda il D.E.A., sono direttamente rapportabili sia alla tipologia e alle dimensioni generali della struttura stessa sia al modello funzionale organizzativo previsto per il presidio.

L'orientamento attuale della progettazione ospedaliera nella scelta dell'area, è caratterizzata da una ricerca di soluzioni tipologiche diversificate, che tende alla coniugazione delle complessità delle funzioni e delle tecnologie sanitarie con le caratteristiche ambientali, culturali e figurative proprie del luogo.

In particolare la progettazione di strutture ospedaliere si è recentemente indirizzata verso la sostituzione di modelli tipologici/organizzativi di stampo tradizionale come i padiglioni, il monoblocco a sviluppo verticale o la piastra, con nuovi impianti planovolumetrici a prevalente sviluppo orizzontale.

Si consideri che i nuovi ospedali di media grandezza, concepiti secondo la proposta metaprogettuale "Veronesi-Piano" per l'ospedale del futuro (ospedali di dimensioni pari a 400 posti letto), necessitano di uno spazio territoriale di circa 10/15 ettari e divengono occasione di riqualificazione sia di aree periferiche, industriali o di servizio dismesse, sia di aree ospedaliere esistenti e non vincolate.

La fase di progetto sviluppata a scala edile inizierà con la definizione del layout funzionale del nuovo impianto ospedaliero, e dovrà comprendere lo studio dell'intera area. Infatti, oltre alla superficie da destinare all'edificazione, alla necessità di prevedere una riserva di aree libere per eventuali esigenze di ampliabilità e di adeguamento futuro del presidio stesso, dovranno essere considerate tutte quelle aree da destinare alle così dette "sistemazioni esterne", composte da parcheggi, spazi verdi, percorsi pedonali, viabilità interna di accesso e di distribuzione, che rappresentano ambiti esterni logisticamente importanti soprattutto in relazione al servizio di pronto soccorso del D.E.A.

Un requisito fondamentale nello studio di una nuova struttura sanitaria, è rappresentato dalla possibilità di destinare alla struttura stessa, delle aree per garantire ampliamenti futuri. La superficie ottimale di riserva per queste aree, valutata in termini di rapporto tra la superficie utile complessiva della nuova struttura e la superficie dell'area di riserva, può essere considerata come minimo pari a circa uno su uno. Fortunatamente gran parte degli interventi realizzati in aree urbane presentano valori sostanzialmente più alti di circa due su uno o poco più.

Sotto il profilo dell'organizzazione funzionale e

relazionale esistente tra i diversi spazi e i servizi presenti all'interno dell'ambito ospedaliero, l'Ospedale risulta solitamente diviso in quattro macro ambiti: i servizi di diagnosi e cura; le degenze; l'area di emergenza ed urgenza; ed infine i servizi generali e amministrativi. I macro ambiti sono costituite da differenti servizi erogati dall'ospedale come, ad esempio, la radiodiagnostica, il centro trasfusionale, il blocco operatorio, la farmacia, la mensa, ecc.. Questi sistemi devono relazionarsi in base a determinate priorità legate ai flussi di pazienti e visitatori, del personale, dei materiali e di informazioni. Il corretto funzionamento dell'organismo ospedaliero non può infatti prescindere dalla corretta trasposizione in chiave architettonica e ingegneristico dei flussi relazionali secondo una matrice di priorità esistenti.

Naturalmente nessuna matrice può essere considerata perfetta e ripetibile in ogni progettazione ospedaliera. La matrice dovrà di volta in volta adattarsi alle esigenze che ogni singolo progetto richiederà in termini di spazi ed organizzazione. Ogni sub-sistema, a sua volta, può essere scomposto in funzioni e spazi e viene rappresentato come diagramma di relazioni senza riferimenti dimensionali, che devono, di volta in volta, essere definiti dal progettista per ottimizzare il proprio progetto rispetto al contesto. Nel trasporre tutte le informazioni dei diagrammi in un progetto edilizio, è necessario rispettare quei pochi vincoli dimensionali ed impiantistici che la legge italiana indica come standard minimi.

L'evoluzione esigenziale alla base della progettazione ospedaliera ha fortemente modificato quelli che erano i parametri di riferimento rispetto alla valutazione economica di un progetto. Fino a pochi anni fa il parametro di riferimento era il costo a posto letto. Negli ultimi anni, lo spazio dedicato alla degenza in una struttura ospedaliera si è fortemente contratto a favore degli spazi di diagnosi e cura; la riduzione dei posti letto non ha però significato la diminuzione delle prestazioni erogate, in quanto la durata media delle degenze sta diminuendo in modo significativo, mentre parimente aumentando i servizi sanitari che possono essere erogati senza sottoporre il paziente al ricovero notturno nel nosocomio.

Il "Nuovo Modello di Ospedale" proposto dalla commissione "Veronesi-Piano", ha definito una soluzione organizzativa-funzionale studiata per un Ospedale per acuti ad elevato contenuto tecnologico. Il layout funzionale studiato nella proposta ed esposto a titolo esemplificativo, definisce una soluzione a sviluppo orizzontale, che rappresenta un valido riferimento di progetto per ospedali di circa 400 posti letto.

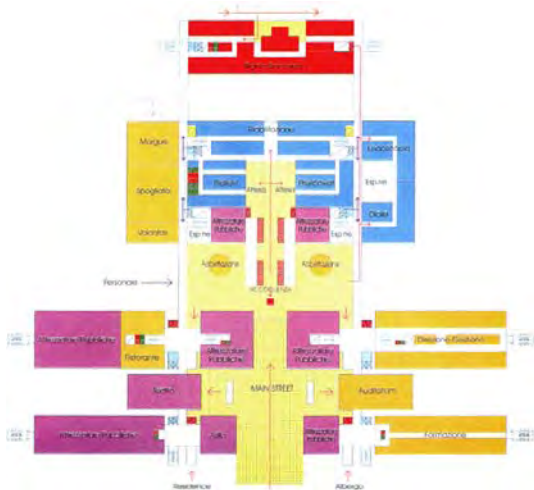


Fig. 16: Pianta Piano Terra (Cfr. Ministero Sanità, Nuovo Modello di Ospedale, Roma, 21 Marzo 2001).

Il modello presenta uno sviluppo prevalentemente orizzontale (tipologia a piastra), che consente una migliore flessibilità funzionale-organizzativa, impiantistica e planimetrica, nonché una maggiore gestione separata dei percorsi e degli accessi. La dimensione prevista, per l'area per un'ospedale di media grandezza immersa nel verde, è di circa 10-15 ha, senza localizzazione specifica, ma con la preferenza per aree urbane periferiche e degradate, al fine di riqualificare l'ambiente stesso e dare una nuova immagine al territorio. L'ospedale dovrà risultare sicuro, funzionale, altamente tecnologico e dovrà offrire servizi di qualità finalizzati alla specifica cura del paziente, riducendo il tempo medio di degenza.

E' stato studiato il sistema dei percorsi e degli accessi esterni in modo da differenziare i flussi all'interno dell'Ospedale al fine di migliorare la qualità finale del servizio erogato. Vengono così differenziati non solo i percorsi degli operatori sanitari da quelli dei degenti, ma anche quelli relativi ai visitatori dalle urgenze e dai pazienti ambulatoriali.

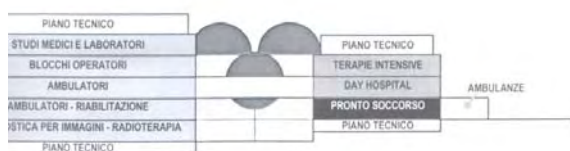


Fig. 17: Sezione verticale (Cfr. Ministero della Sanità, Nuovo Modello di Ospedale, Roma, 21 Marzo 2001).

L'ingresso principale, caratterizzato dalla prevalenza delle funzioni pubbliche, culturali, di accoglienza e orientamento, è collocato al piano terra. In questo livello sono ubicati la hall principale, la Main street, i diversi servizi generali e di pubblica utilità, oltre alla funzione di Pronto Soccorso con Camera Calda collegata all'area di riabilitazione ed il blocco operatorio.

Caratteri distributivi ed architettonici del Dipartimento di Emergenza ed Accettazione

L'attività di pronto soccorso svolta nel D.E.A., richiede sotto il profilo logistico e dimensionale, un adeguato studio architettonico degli spazi e dei percorsi articolati in modo da permettere agli operatori sanitari il massimo grado di flessibilità nella gestione delle differenti situazioni che quotidianamente possono presentarsi in queste strutture. L'ambito architettonico deve, in effetti, risultare adeguato sia sotto il profilo quantitativo dei ricoveri e dei processi sanitari che vengono messi in atto, sia sotto quello qualitativo legato all'immagine, al dettaglio costruttivo e al confort degli utenti.

La mission degli attuali servizi sanitari di emergenza è rappresentata primariamente dalla gestione dei pazienti critici, in via secondaria, dalla gestione dei problemi minori e da un appropriato filtro dei ricoveri. Viene considerato anche auspicabile il gradimento degli utenti ed il contenimento dei tempi di attesa.

Il perseguimento di questi obiettivi, nell'ambito della profonda evoluzione culturale e scientifica che ha interessato l'emergenza sanitaria in questi ultimi decenni e di una domanda di prestazioni in vertiginosa crescita, ha prodotto nel sistema radicali mutamenti a livello organizzativo e, conseguentemente, strutturale. Sono state infatti attivate nuove funzioni quale quella di Triage, finalizzata a pre-identificare i pazienti a rischio in modo da adeguarne tempi e modalità di attesa, sono state definite in maniera precisa le modalità di gestione dei problemi critici codificandole in specifiche linee guida, è stata riorganizzata su basi razionali l'attività di osservazione tradizionale generando la nuova specifica funzione di Osservazione Breve ed Intensiva. Il progressivo aumento dell'afflusso di pazienti e l'allungamento dei tempi di attesa prima di essere ricoverati o dimessi, ha richiesto la gestione contemporanea di più pazienti in diverse fasi di trattamento da parte di un numero limitato di figure sanitarie, rendendo obsoleto il sistema operativo tradizionale basato sull'unità funzionale medico - infermiere - ambulatorio, ed obbligando ad una rivisitazione radicale delle stesse strutture architettoniche. I tradizionali ambulatori isolati, chiusi da pareti rigide ed opache con poltrona e scrivania sono stati sostituiti da aree di lavoro fornite di più box aperti, separati da tende e/o superfici trasparenti, controllabili a vista da guardiole centrali sede di lavoro e sorveglianza del personale medico ed infermieristico. Il mantenimento in queste condizioni di sufficienti livelli di confort e privacy rappresenta ovviamente un ulteriore problema architettonico di ardua risoluzione.

I continui spostamenti dei pazienti, imposti da

esigenze diagnostiche sempre più sofisticate, hanno portato alla sostituzione dei letti fissi e pesanti con leggere barelle su ruote ed all'utilizzo di una segnaletica orizzontale complessa che precisa non solo i percorsi, ma anche i punti di sbarellamento ed le posizioni precise di stazionamento delle barelle stesse.

L'affollamento delle aree d'attesa ha inoltre reso necessaria l'attivazione di una rete complessa di percorsi all'interno e fra le diverse aree di lavoro riservati al personale sanitario.

L'imprevedibilità, sia sotto l'aspetto qualitativo che quantitativo, dell'afflusso e la eventualità di dover far fronte a maxiemergenze, impone altresì la possibilità di riconversione rapida di un'area di lavoro all'esercizio di funzioni diverse dalle originarie; anche questa evenienza va quindi prevista a livello di progettazione ed allestimento.

In questa sezione vengono descritte un insieme di caratteristiche architettoniche generali proprie delle aree e degli ambiti che sono coinvolti nella gestione delle attività di emergenza ed urgenza assistenziale proprie di un D.E.A.

L'attività di pronto soccorso si colloca al centro della logistica dipartimentale, attorno alla quale avviene l'organizzazione ed il coordinamento di tutte le restanti Unità Operative che completano l'aggregato funzionale ed organizzativo del D.E.A. Gli ambiti descritti, sono in parte disciplinati sotto il profilo dimensionale e dei contenuti impiantistici dalla normativa sui "requisiti minimi strutturali ed organizzativi", così definiti dal D.P.R. del 14 gennaio 1997. Il dimensionamento di questi ambiti sanitari deve essere valutato in modo proporzionale sia rispetto agli accessi di P.S. stimati in base al bacino d'utenza o di avvenimenti eccezionali quali le maxiemergenze sia in relazione al modello tipologico ed organizzativo del complesso ospedaliero.

Sulla base di quanto detto, illustreremo un insieme di ambiti la cui presenza, all'interno di un D.E.A., diviene basilare per lo svolgimento delle attività assistenziali in emergenza ed urgenza:

- A) ambiti esterni;
- B) camera calda;
- C) atrio d'ingresso - spazio triage;
- D) accoglienza - attesa pre-triage;
- E) locale attesa post-triage;
- F) ambulatori visita/trattamento;
- G) locali per la gestione dell'emergenza;
- H) osservazione breve;
- I) locale infermieri;
- L) spazio registrazione/segreteria-archivio;
- M) depositi: materiale pulito; materiale sporco; barelle e sedie a rotelle;
- N) servizi igienici: personale; utenti;
- O) studi medici;
- P) distaccamento direzione sanitaria.

AMBITI ESTERNI

L'ambito esterno di un D.E.A., funzionale alle attività sanitarie di pronto soccorso, è uno spazio che deve essere studiato sotto il profilo logistico ed organizzativo, per garantire i massimi livelli di accessibilità all'area da parte dei mezzi sanitari di soccorso e di quelli privati, ma anche per conferire un'immagine gradevole e salubre attraverso i suoi spazi verdi. Questo ambito è costituito sia da un sistema di percorsi differenziati a servizio dell'accessibilità alle aree mediche e da spazi di parcheggio per mezzi sanitari e utenze del P.S., sia dall'insieme delle aree verdi che circondano l'edificato ospedaliero e da spazi "facoltativi", come l'elisoccorso, o la predisposizione di ampie aree da predisporre per l'allestimento di un impianto a sostegno di una maxi-emergenza.

Questi ultimi saranno previsti solo in virtù delle scelte logistiche direzionali che ne giustifichino la spesa economica, in relazione all'organizzazione globale del Sistema Sanitario. Definiamo all'esterno del D.E.A. i seguenti ambiti:

- 1) Percorsi di accesso;
- 2) Spazi di verde fruibile;
- 3) Area per l'elisoccorso;
- 4) Area per la maxiemergenza;
- 5) Parcheggi dedicati all'area di emergenza;
- 6) La Camera Calda.

Percorsi di accesso

I percorsi di accesso, funzionali al raggiungimento del Pronto Soccorso all'interno di un'area ospedaliera, sono rappresentati dal sistema viario riservato sia alla mobilità automobilistica dei mezzi sanitari e di quelli privati, sia alla mobilità pedonale. Questo ambito deve rispondere a requisiti di massima visibilità dell'ingresso viario ed accessibilità dei percorsi. Il sistema dei percorsi deve garantire una comunicazione viaria chiara, diretta, di facile percorrenza ed essere situata nelle immediate vicinanze della strada principale su cui si affaccia l'Ospedale. La segnaletica stradale e l'indicazione del suo accesso deve risultare ben indicata anche a distanza ed essere ben visibile, anche con insegne luminose. Sotto il profilo funzionale il percorso pedonale dovrà risultare separato da quello automobilistico. Sotto quello dimensionale tutti i percorsi pedonali, a servizio degli utenti, devono avere una larghezza mai inferiore a 180cm; in modo da garantire il passaggio, ad almeno tre persone contemporaneamente o a due carrozzine che si incrociano.

Il dimensionamento di questi percorsi deve inoltre garantire il rispetto delle quantità e qualità minime necessarie per il funzionamento della struttura, ma anche il rispetto delle normative vigenti in materia di protezione antincendio e di eliminazione delle barriere architettoniche. A tal

riguardo i percorsi pedonali possono essere integrati con loges tattili per non vedenti e mappe tattili poste all'ingresso esterno dell'area ospedaliera. Altro requisito di qualità è che la via pedonale sia isolata e che pertanto non vada ad intersecare gli altri percorsi pedonali presenti all'interno dell'ospedale.

Il percorso viario, che collega l'ingresso carraio con la camera calda del P.S. e si completa all'uscita dell'area ospedaliera, deve avvenire con circolazione a "senso unico". Questo dovrà risultare separato in percorsi dedicati ai soli mezzi sanitari e percorsi dedicati agli altri mezzi automobilistici. I percorsi degli autoveicoli devono essere tali da non consentire lungo il tragitto alla camera calda la presenza di veicoli parcheggiati o l'attraversamento della via d'accesso da parte di pedoni ed altri mezzi non autorizzati. Requisito di qualità è che la via d'accesso al D.E.A. per i veicoli sia protetta e isolata. Il senso unico di marcia non deve essere inferiore a 300cm con pendenze inferiori al 10%; raggio di svolta 13m; resistenza al carico non inferiore a 20 tonnellate.

Spazi di verde fruibile

La presenza degli spazi verdi in una struttura ospedaliera viene considerata un valore aggiunto all'immagine della struttura stessa. L'utilizzo del verde per la sistemazione delle aree di parcheggio risponde alle esigenze di schermare, ombreggiare, proteggere e, in generale, assicurare una sistemazione paesaggistica-ambientale adeguata ed efficace, in modo da creare un filtro ottimale tra città e l'ospedale. Il parco dell'ospedale può costituirsi nell'area periferica come un parco aperto sia agli utenti e al personale medico della struttura sanitaria, sia ai cittadini.

Area per l'elisoccorso

Il ruolo dell'elisoccorso si è affermato negli ultimi anni soprattutto nel "Sistema Inclusivo" per il trasferimento del paziente critico con trauma maggiore o nel trasferimento di organi e/o equipe chirurgiche per favorire le procedure chirurgiche di espianto e trapianto.

La presenza del servizio di elisoccorso richiede l'ubicazione di una base eliportuale che deve tenere conto non solo della dislocazione degli ospedali afferenti al sistema dell'emergenza ma anche dell'orografia, della meteorologia, del cono dei venti, dei nodi stradali e degli agglomerati urbani e industriali. I tempi massimi del soccorso con vettori terrestri, sono stati definiti dalla normativa ministeriale, la quale prevede nelle aree extraurbane un tempo massimo di 20'. Lo stesso parametro di distanza percorribile, può essere utilizzato quale riferimento di appropriatezza per il trasporto con l'elicottero, di pazienti

acuti che necessitano del trasferimento da un ospedale di rete ad un'altro per livelli di cure superiori.

Il servizio di elisoccorso può essere attivato nelle seguenti modalità:

1. Elisuperfici in elevazione
2. Elisuperfici al suolo

1. Elisuperfici in elevazione.

Per "elisuperficie in elevazione" si intende un'area idonea alla partenza e all'approdo esclusivo di elicotteri, posta su una vera e propria struttura sopraelevata (piattaforma), avente per legge una elevazione minima di tre metri rispetto al livello del suolo, collocata tipicamente a sbalzo sul tetto della struttura ospedaliera, con accesso diretto tramite ascensore al reparto di pronto soccorso e/o alle sale operatorie.

2. Elisuperfici al suolo.

L'elisuperficie al suolo, rappresenta un'area idonea alla partenza e all'approdo esclusivo di elicotteri posizionata al livello del suolo.

Storicamente questa soluzione ha rappresentato la maggiore tendenza per il servizio di elisoccorso. Sotto il profilo realizzativo bastava costruire l'eliporto sotto forma di "piazzole", ovvero semplici solette in calcestruzzo armato a livello suolo. Questa preferenza, seppur dettata da ragioni economiche, comporta a seguito tutta una serie di svantaggi, anche di tipo economico: infatti, spesso la lontananza del punto di atterraggio dall'ospedale richiede un trasferimento tramite ambulanza dedicata, completa di relativo personale specializzato.

Area di organizzazione della maxiemergenza²¹

In epoca recente, le strutture sanitarie più importanti per il settore del Sistema Sanitario di Emergenza hanno dovuto in breve tempo adeguarsi alla necessità sempre più incombente di prevedere all'interno delle proprie aree dedicate alle emergenze sanitarie (P.S., D.E.A. di I e II livello) delle zone organizzate con attrezzature e dispositivi specifici per assistere a particolari eventi catastrofici, comunemente definite maxiemergenze, soprattutto in relazione a:

- importanti eventi epidemici ad improvvisa insorgenza come ad esempio la SARS, gravi pandemie influenzale o atti di bioterrorismo;
- potenziali maxi-emergenze traumatologiche collegate a problemi di ordine pubblico, attentati terroristici o situazioni accidentali.

In tali condizioni, gli ospedali sono chiamati, mediante i propri servizi di emergenza, ad affrontare concretamente la stesura di specifici piani di contingenza e di relative simulazioni.

Ogni funzione di pronto soccorso è, in queste particolari circostanze, ovviamente sottoposta a

particolarissimo stress. Risulta necessario in queste occasioni prevedere, nelle immediate vicinanze del D.E.A., delle aree all'esterno predisposte impiantisticamente mediante sistemi di adduzione per l'acqua e l'energia elettrica e attraverso il necessario supporto logistico per la costituzione di eventuali strutture "campali" di triage e di primo trattamento. In questo modo sarà possibile trattare un numero allargato di pazienti. Alcune funzioni diagnostiche e di primo intervento dovranno in questi casi estemporaneamente essere gestite "in raddoppio"; altre invece si attiveranno specificamente per l'occasione; per altre infine il ricorso risulterà di fatto infrequente o comunque organizzativamente non rilevante.

Parcheggi dedicati all'area di emergenza

In una struttura sanitaria, le aree da destinare ai parcheggi (pubblici e privati) devono essere quantificate e distribuite secondo alcuni criteri che devono avvalersi di considerazioni quali la dimensione e la tipologia della struttura stessa:

- vicinanza a parcheggi pubblici esterni all'area ospedaliera;
- vicinanza a efficienti collegamenti con i mezzi di trasporto pubblico;
- separazione dei parcheggi per il personale;
- separazione funzionale delle aree di parcheggio in base alle attività presenti nel presidio, tra cui quelli dedicati all'area di emergenza;
- controllo della distanza dei parcheggi agli ingressi del presidio;
- controllo dell'impermeabilizzazione del suolo, di adeguato sistema di smaltimento delle acque meteoriche e schermatura con vegetazione;
- rispetto delle quote di parcheggio per portatori di handicap.

I parcheggi destinati all'area di emergenza, sono in parte dedicati allo stazionamento dei soli mezzi di soccorso come ambulanze, auto mediche ed altri mezzi sanitari, ed in parte possono essere riservati ai soli automezzi privati. Queste aree variano anche in funzione del tipo e del numero di veicoli in dotazione presso il presidio sanitario. In linea puramente indicativa, tale ambito deve essere collocato in prossimità della camera calda, sulla porzione che risulterà essere raggiungibile in fase di uscita. Inoltre i parcheggi dovranno essere studiati per consentire il movimento facile dei mezzi stazionati dal parcheggio verso l'uscita.

In linea indicativa riportiamo di seguito una serie di riferimenti dimensionali per i parcheggi pubblici definiti in ambito sanitario:

- In base alle N.T.A. del P.R.G. della Città di Roma, la superficie dedicata a parcheggi pubblici in ambito sanitario deve essere nella misura minima di 10mq per ogni posto letto;
- Gli standard nazionali Inglesi definiscono qua-

le soglie massime consentite per la costituzione di parcheggi negli ospedali quella di uno spazio ogni 4 dipendenti sanitari più uno spazio ogni tre visitatori quotidiani(29);

- Gli standard minimi per i servizi pubblici di livello locale (D.M. n.1144 del 1968), indicano la soglia minima di 2,5mq di parcheggio ogni abitante di quartiere.

In particolare l'area di emergenza di una struttura sanitaria potrà disporre di parcheggi riservati agli utenti e ubicati in prossimità dei percorsi pedonali. Un riferimento normativo americano propone per il parcheggio dedicato all'area di emergenza, un numero di posti auto non inferiori a dieci con soste limitate a poche ore.

Camera Calda

La camera calda è il luogo in cui inizia il percorso assistenziale intraospedaliero dei pazienti che vi accedono attraverso mezzi sanitari o privati. E' un'area piana, protetta, riscaldata, collegata con il percorso viario per le emergenze sanitarie che consente il passaggio dei pazienti dai veicoli autorizzati, in genere ambulanze e autoveicoli privati, all'area dedicata prettamente all'attività di pronto soccorso.

La tipologia standard della camera calda è a "tunnel", di forma rettangolare ove i lati lunghi sono paralleli al verso di percorrenza degli veicoli e i lati corti, agli estremi del locale, funzionano come ingresso ed uscita dei mezzi mediante opportune porte scorrevoli ad azionamento automatico. Devono inoltre essere previste porte apribili a spinta verso l'esterno nel numero e nella dimensione determinata dai calcoli relativi all'esodo di fuga secondo l'attuale normativa di prevenzione incendi. In via indicativa si suggerisce una larghezza di 120cm per la porta ad un solo battente, e di almeno 180cm per porte a due battenti.

Le caratteristiche tecniche principali che caratterizzano funzionalmente la camera calda sono le seguenti:

- numero di corsie a senso unico in entrata ed in uscita;
- numero di stalli distinti per i mezzi sanitari e per quelli privati;
- caratteristiche dello spazio di manovra viario a dell'ingresso e dell'uscita della camera calda (dimensioni, pendenze, raggi di curvatura);
- caratteristiche e dotazione impiantistica.

Nel caso più comune il numero di corsie coincide con quello degli stalli, e lo spazio di manovra in arrivo e in uscita dalla camera calda dovrà risultare il più possibile rettilineo, privo di intersezioni e pendenze (indicativamente sarà buona regola mantenere in piano, entro una distan-

za di 10m, lo spazio antistante l'entrata e quello retrostante l'uscita). L'ingresso dovrà soddisfare adeguati requisiti di accessibilità e risultare ampiamente visibile, soprattutto dai non addetti. In linea generale la camera calda deve garantire la possibilità di accogliere contemporaneamente almeno tre ambulanze negli ospedali di rete e cinque ambulanze negli ospedali sede di Trauma Center. Viste le moderne strategie di soccorso extraospedaliero con la medicalizzazione dell'assistenza preospedaliera, appare necessario prevedere un'area di sosta tecnica ambulanze per almeno quattro mezzi di soccorso, immediatamente attigua alla via di uscita dalla camera calda, in questa area gli autisti dei mezzi di soccorso dopo aver consegnato il paziente, attendono a bordo del veicolo che il personale sanitario completi le procedure tecniche. All'interno di quest'area deve essere presente un sistema idrico per permettere procedure di decontaminazione in emergenza in caso di calamità di tipo chimico-biologico e/o attribuibili ad azioni di terrorismo, utile nelle situazioni in cui l'ingresso dei pazienti in ospedale potrebbe rendere inagibile il Pronto Soccorso e contaminare la stessa Struttura Ospedaliera.

Attiguo alla camera calda, dovrà inoltre essere previsto uno spazio multifunzionale deputato alla primissima accoglienza dei pazienti ad opera dei barellieri, nonché alla loro sosta, alla vigilanza di Pubblica Sicurezza (PS) e alle attività di Triage e post-Triage.

AMBITI DELL'INGRESSO E LA FUNZIONE DEL TRIAGE

L'atrio d'ingresso di un D.E.A. è una soglia di passaggio attraversata da una complessa varietà di persone (pazienti, personale, visitatori, fornitori, ecc...). In questo ambito vengono svolti i compiti di accettazione e di filtro dei pazienti attraverso la funzione del Triage. Lo studio progettuale di questa area condiziona in maniera significativa il layout funzionale dei collegamenti verso le successive aree sanitarie e quindi anche quello delle procedure mediche.

Una prima scelta progettuale, che può essere fatta sugli ingressi, è quella che prevede la distinzione o meno dell'ingresso per i pazienti non deambulanti (coloro che generalmente vi giungono attraverso la camera calda in barella o in sedia a rotelle) da quelli deambulanti, in modo da facilitare senza possibilità di incrocio il flusso dei pazienti barellati che spesso si incontrano in condizioni di urgenza. In genere questa distinzione non viene adottata; nella maggior parte dei casi gli ingressi avvengono in modo comune attraverso l'accesso della camera calda, e solo in seguito a livello del Triage, queste utenze possono essere separate. Nella peggiore delle ipotesi, i pazienti barellati e quelli deambulanti entrano e attendono in locali comuni.

Prevedere una distinzione del flusso dei pazienti fin dall'entrata può permettere una gestione più controllata per gli operatori sanitari. Il deambulante eseguirà l'ingresso solo o accompagnato e in seguito sarà registrato e successivamente potrà attendere di essere codificato al Triage assieme agli accompagnatori in apposite aree di attesa pre-Triage. Diversamente, il paziente non deambulante eseguirà l'ingresso attraverso la camera calda con l'aiuto del personale infermieristico o del volontariato, che garantiscono il passaggio del paziente dal veicolo alla barella o alla sedia a rotelle, e in seguito sarà accompagnato per la registrazione e in base alla gravità dell'infortunio sarà destinato o verso aree di attesa pre-triage dedicate ai non deambulanti, o in alternativa proseguirà direttamente verso le aree di cura interne al dipartimento.

Il Triage rappresenta una procedura fondamentale nell'emergenza territoriale. Per Legge la funzione di Triage è prevista in tutti i P.S. con un numero di accessi superiore ai 25000 unità. Il triage rappresenta il primo contatto di tipo sanitario che il soggetto deambulante ha con l'organizzazione sanitaria, mentre il paziente barellato ha ricevuto le prime cure sui mezzi di soccorso.

A livello indicativo proponiamo il seguente dimensionamento sulla base di 25.000 ingressi anno per due tipologie di Triage: per pazienti barellati e per pazienti deambulanti.

- Triage ambulant: 30 mq + 10mq di filtro
- Triage barellati: 20 mq

L'organizzazione del Triage deve salvaguardare sia le esigenze dei pazienti non autosufficienti, sia le esigenze dei pazienti autonomi che deambulant; si richiama quindi l'attenzione su aspetti organizzativi e funzionali legati non solo alla "privacy" ma anche alla necessaria riservatezza. Inoltre ragioni anche di tipo organizzativo indicano l'allestimento sia del Triage Ambulanti che del Triage per Pazienti Barellati come uno standard minimo di qualità.

Il collegamento logistico esistente tra gli ingressi e la funzione del Triage, è fondamentale nello studio spaziale e funzionale per il Dipartimento. Come vedremo, tutti gli ambiti funzionali del D.E.A. sono in qualche modo correlati tra loro nello studio architettonico che sta a base dei principali processi assistenziali. Alcune di queste aree si trovano in un rapporto funzionale più stretto, tale da rappresentare all'interno di uno spazio l'integrazione di varie funzioni. E' il caso dell'atrio di ingresso che unisce la funzione dell'accoglienza con quella del Triage e con quello per le attese che saranno oggetto del successivo paragrafo.

Accoglienza - attesa pre-triage

L'accoglienza dei pazienti al pronto soccorso di un ospedale rappresenta un passaggio delicato attraverso il quale può essere misurata la qualità percepita dall'utenza in termini di immagine e confort. Pazienti e accompagnatori sono particolarmente sensibili ad ogni elemento che attenui la drammaticità dell'evento. Dagli arredi ai colori, dai percorsi al microclima, ogni dettaglio può avere un impatto positivo in diverse categorie di utenti, ciascuna portatrice di proprie specifiche esigenze. Gli spazi interni, l'immagine percepita quale sintesi dei diversi elementi che si interfacciano con l'utente, compreso il comportamento del personale medico e paramedico espresso in fase di accoglienza, rappresentano i termini attraverso i quali viene giudicata l'organizzazione di quel determinato servizio ospedaliero.

Pertanto per garantire il confort e la piacevolezza dell'accoglienza di un D.E.A., dovranno essere progettati in maniera adeguata:

- le attese
- facilities
- gli arredi e la scelta dei colori.

L'attesa pre-Triage rappresenta il primo spazio di accoglienza attraverso il quale pazienti ed accompagnatori ricevono le prime attenzioni entrando nel Dipartimento, anche se solamente in attesa di essere valutati attraverso il servizio di Triage. Mentre il paziente proseguirà verso il Triage e successivamente verso le sale di attesa post-Triage relative al proprio profilo clinico, gli accompagnatori dovranno diversamente restare in questa sala in attesa di notizie che in base al tipo di organizzazione presente sarà possibile ottenere attraverso l'uso sempre più diffuso di maxischermi informativi o più semplicemente attraverso il personale medico.

Sotto il profilo architettonico, questi ambienti devono essere di dimensioni idonee, illuminate naturalmente, poste lungo i percorsi differenziati, isolate visivamente e acusticamente.

Sotto il profilo dimensionale, in questo ambiente, si calcola che giungano e stazionino per alcune ore un numero di persone per anno pari al doppio del numero degli accessi, in quanto ogni persona che viene trattata al Triage ha con sé mediamente almeno un accompagnatore. Indicativamente una sala di attesa pre-Triage dimensionata per i primi 25.000 accessi dovrà avere una capienza di 80-100mq

I servizi di supporto quali la pubblica sicurezza, l'assistenza sociale, l'assistenza psicologica dovrebbero essere collocate in prossimità delle attese. Cabine del telefono isolate, distributori di generi di conforto, organizzazione a isole, sono di grande efficacia nel rendere l'attesa, inevitabile, meno gravosa.

Lo studio dei colori e delle luci contribuiscono ovviamente al processo di umanizzazione degli ambienti, a conferma del notevole impatto che i diversi colori hanno nella psiche umana.

Infine la qualità degli arredi rappresenta un fattore determinante per la qualità stessa dell'accoglienza. Pertanto, così come indistintamente nei luoghi di lavoro, anche negli ospedali risulta più appropriato parlare di "architettura degli interni" e non di "arredamento degli interni", ovvero un'attività progettuale più complessa che coinvolge aspetti architettonici, impiantistici e strutturale. Gli elementi di arredo, mediando il rapporto con gli spazi ospedalieri, influenza l'esperienza diretta degli utenti e degli operatori e, nel caso del paziente, assume un peso fondamentale per la soluzione dei problemi legati all'impatto con un ambiente ignoto in condizioni di percettibilità talvolta alterate o compromesse.

Attesa post-Triage

Già il D.P.R. del 14 gennaio 1997, prevedeva la presenza di un locale attesa per pazienti deambulanti ed un locale attesa riservato a pazienti in barella. In questo locale "pazienti barellati" potrebbe essere prevista una stazione telematica (computer) per effettuare il servizio di Triage ai barellati, in modo da semplificare il Triage e la relativa registrazione ai pazienti deambulanti, che ne rappresentano la maggioranza.

Seguendo il percorso assistenziale del paziente, che ha concluso la procedura di controllo e valutazione al Triage, attigua a questa area deve essere prevista una o più sale d'attesa riservate a specifiche visite ambulatoriali in relazione anche alla criticità del paziente che ne determinerà la tempistica d'attesa. Queste aree devono essere ampie, in quanto devono servire i pazienti ambulatori, autosufficienti già sottoposti a Triage. In questo luogo i pazienti che attendono la visita medica hanno disturbi che sono in potenziale evoluzione. Per queste ragioni, si raccomanda che i locali d'attesa relative alle attività di pronto soccorso siano realizzati in modo da poter essere monitorati, ad esempio attraverso una guardiola infermieri collocata a cavallo di più sale d'attesa.

Infatti, per le grandi strutture, è auspicabile un infermiere specificamente addetto a sorvegliare la sala d'attesa, assicurare i pazienti non ancora visitati, vigilare sulla potenziale evoluzione in aggravamento dei disturbi precedentemente segnalati in sede di Triage. Un requisito di qualità per questo ambito è rappresentato dalla possibilità che da queste sale d'attesa siano rapidamente accessibili i servizi igienici, sia funzionante un punto d'acqua potabile, vi sia una cabina telefonica ed infine siano presenti distributori vari di bevande e snack. Atti-

guo al locale d'attesa appare utile prevedere anche uno spazio adeguato per gli assistenti sociali (circa 14mq) che può risultare utile sia per i bisogni della popolazione ammalata non autosufficiente e per la comunicazione dei lutti o delle gravi malattie, sia per le necessità sociali degli accompagnatori.

L'ampiezza delle sale d'attesa trova giustificazione anche a fronte del progetto di utilizzare questo spazio per note di informazione e per l'educazione sanitaria fatte ad esempio attraverso videoproiezioni.

A seguire, forniamo alcuni valori di riferimento per il dimensionamento dei locali di attesa e delle zone funzionali a questi, per un bacino di utenza di 25.000 accessi all'anno:

- attesa post-Triage deambulanti composta da tre settori (codice colore) di 25-30 mq ciascuno
- attesa post-Triage deambulanti composta da ambiente unico di 50 mq con tende di separazione
- attesa post-Triage non deambulanti e spazio manovrabilità barelle, ambiente unico di 25 mq con tende di separazione
- box assistenti sociali da 14 mq
- area acqua/telefoni, bevande/snack da 2+2mq
- gruppo servizi igienici (uomini, donne), 20 mq

Infine, l'utilizzo di adeguati elementi di arredo, la corretta illuminazione e la possibilità di definire attraverso il progetto architettonico, degli affacci verso un cortile esterno o anche interno (giardino d'inverno) facendo affluire luminosità naturale, rappresentano degli ingredienti progettuali estremamente significativi per i pazienti, e contribuiscono ad alleviare il loro stato d'ansia.

AMBITI DI CURA

Gli spazi per gli interventi sanitari veri e propri sono previsti sulla base dei percorsi diagnostico-terapeutici, e quindi sulla base di specifiche necessità dei pazienti. Un tempo, la prima fase dell'attività sanitaria di Emergenza-Urgenza era circoscritta all'ambulatorio di Pronto Soccorso.

La qualificazione, anche con intervento medico, dell'attività sanitaria extraospedaliera e la qualificazione degli interventi intraospedalieri in emergenza-urgenza con l'istituzione del D.E.A., hanno sistematizzato ed ampliato gli interventi sanitari che vengono espletati. Pertanto, gli interventi sanitari medesimi anche in emergenza - urgenza sono forniti attraverso una modalità di gestione della casistica in regime di ambulatorietà e in regime di degenza. Coerentemente gli spazi per la gestione di detta casistica sono sia di tipo ambulatoriale che di degenza e si distinguono in:

- Box-Ambulatorio di Pronto Soccorso;
- Area di Osservazione Breve.

Box-Ambulatorio di Pronto Soccorso

In linea indicativa, illustriamo una serie di riferimenti dimensionali riferiti ai Box-ambulatoriali di un Pronto Soccorso di base, dimensionato per 25.000 accessi all'anno, a rapido turn-over in cui siano presenti:

- n.1 box emergenze "codici rossi"; da 40 a 100 mq (se presente Rx con bagno e spogliatoio);
- n.3 box polivalenti per "codici gialli e verdi";
- n.1 box ambulatorio chirurgico-traumatologico;
- area differenziata per "codici bianchi" - spazi per pazienti le cui necessità di intervento sanitario d'Urgenza si esauriscono in pochi minuti.

Nelle ipotesi di dimensionamento devono comunque essere garantiti: il rispetto dei requisiti minimi di legge; lo svolgimento adeguato delle attività; il raggiungimento dell'obiettivo prefissato per la singola area funzionale, in relazione alle tipologie di prestazione da erogare, al volume di attività e allo specifico contesto esigenziale. A seguire: dimensioni di riferimento per i locali box-ambulatori e le aree funzionali all'ambito ambulatoriale di una attività di pronto soccorso:

- Box-ambulatori emergenze (cod. rossi)

n° 1	da 40-100 mq
------	--------------
- Box- ambulatori polivalenti (cod. gialli/verdi)

n° 3	da 30 mq
------	----------
- Box-ambulatorio chirurgico-traumatologico

n° 1	da 30 mq
------	----------
- Gruppo servizi igienici pazienti

n° 1	da 9 mq
------	---------
- Studio medico

n° 1	da 12 mq
------	----------
- Guardiolo infermieri

n° 1	da 16 mq
------	----------
- Servizi igienici infermieri con spogliatoio

n° 1	da 18 mq
------	----------
- Deposito pulito

n° 1	da 12 mq
------	----------
- Deposito sporco

n° 1	da 9 mq
------	---------
- Area differenziata per i "codici bianchi"

n°1	da 50 mq
-----	----------
- Farmacia e deposito

n° 1	da 9 mq
------	---------
- Studio del primario

n° 1	da 12 mq
------	----------
- Studio del caposala

n° 1	da 9 mq
------	---------
- Bagno decontaminazione e vuotatoio

n° 1	da 9mq
------	--------
- Locale salme

n° 1	da 9 mq
------	---------
- Saletta colloqui

n° 1	da 12 mq
------	----------
- Sala spogliatoio medici con servizi igienici

n° 1	da 12 mq
------	----------

I cinque spazi per visita ambulatoriale, con i relativi spazi tecnici e di servizio, rappresentano il "modulo" di un P.S. per affrontare un bacino di utenza pari a 25.000 accessi all'anno.

Con un numero di accessi superiore a 35.000 accessi per anno sono necessari almeno 2 box - ambulatorio Emergenze, attrezzati per i codici rossi.

Oltre ai 35.000 accessi anno se ne ritiene necessario uno in più, ogni 15.000 accessi. Si considera la necessità di un Box - ambulatorio polivalente aggiuntivo ogni 4000 accessi. Le caratteristiche strutturali dei Box d'emergenza dedicati alla stabilizzazione dei pazienti più gravi, risultano essere dimensionamenti in modo da prevedere il lavoro contemporaneo sul paziente di 3 medici e 4 infermieri, anche con la tecnologia portatile carrellata per la diagnostica d'emergenza. Deve essere presente alloggiamento per strutture fisse pendenti dall'alto (lampada scialitica, monitoraggio). Questa attività comporta quindi un'area di almeno 30 mq.

Osservazione Breve Intensiva (OBI)

La OBI è definita come "l'insieme di attività relative all'osservazione dei pazienti che accedono in forma non programmata alle strutture di ricovero" ed è caratterizzata da un'alta intensità di cure intesa come impegno del personale, accertamenti diagnostici e strategie terapeutiche. Il campo di applicazione prevalente, riguarda quadri a complessità moderata che necessitano di un iter clinico, diagnostico e terapeutico di norma compreso tra le 6 ore e le 24 ore.

L'attività di osservazione breve, può essere espletata nell'area del P.S. e Medicina d'Urgenza o in altre UU.OO. come ad esempio la Pediatria, l'Ostetricia la Ginecologia, qualora effettuino attività di accettazione in emergenza-urgenza. L'obiettivo è rappresentato dalla possibilità di evitare ricoveri non necessari o dimissioni improprie dal P.S. e migliorare la qualità e la sicurezza dell'assistenza e delle cure.

La gestione ambulatoriale della casistica prevede il permanere per diverse ore del paziente ancora in regime di ambulatorietà presso il P.S. Pertanto sarà costituito da uno spazio operativo attiguo ed in continuità con i Box di primo intervento sopra descritti. Si tratta di un'area in cui avviene l'osservazione ambulatoriale dei pazienti, comprensiva, ove necessario, anche di monitoraggio/telemetria dei parametri vitali.

Tale area, che è una zona diversamente strutturata del D.E.A., nella maggiore parte delle realtà ove è stata organizzata è stata definita "Osservazione Breve Intensiva". La parola "intensiva" per quanto utilizzata anche nel presente testo è riferita a meccanismi organizzativi e gestionali e non ai requisiti strutturali, tecnologici e impiantistici propri delle "Terapie intensive". A seguire, viene illustrata indicativamente il dimensionamento ed il numero degli spazi necessari ad un'area O.B.I. di P.S.:

box barella - letto con trave testaletto, gas medicali e telemetria	n° 6	da 48 mq
ambulatorio visita	n° 1	da 30 mq
Gruppo servizi igienici	n° 1	da 9 mq
area medica (colloquio)	n° 1	da 12 mq

Anche quest'area rivolta all'osservazione deve essere fornita delle tecnologie di monitoraggio e dei gas medicali (con ossigeno, vuoto e aria compressa) e servizi igienici attigui. Per una struttura sanitaria che abbia un bacino di utenza pari a 25.000 accessi/anno, si indica la previsione di uno spazio minimo di 6 postazioni paziente, più uno ogni 6000 accessi in più.

L'OBI può anche essere strutturata per estendere l'osservazione del paziente per un periodo superiore alle 24 ore. In questo caso sarà prevista all'interno dell'area del D.E.A. la realizzazione di un'area di degenza breve intensiva. Anche l'Atto di Intesa Stato Regioni che ha istituito le Linee Guida n.1/1996 per l'emergenza sanitaria, dà facoltà ai Piani Sanitari Regionali di attivare strutture di degenza nell'area del P.S. gestite sotto la responsabilità del Primario del P.S. stesso. La Società Italiana di Medicina d'Emergenza e Urgenza ritiene necessario che le strutture di emergenza (D.E.A. e P.S.) siano dotate di una loro propria area di degenza.

A seguire, si illustra il dimensionamento relativo all'area di degenza della Medicina d'Urgenza:

Degenza (2 PL con servizio igienico, postazioni con telemetria)	n° 10	da 13 mq x PL
guardiola infermieri	n° 1	da 16 mq
studio medici	n° 1	da 12 mq
studio capo sala	n° 1	da 12 mq
ambulatorio	n° 1	da 12 mq

Gas medicali: ogni postazione (ossigeno, vuoto, aria compressa)

Alloggiamenti per strumentazione informatica e di collegamento con i vari servizi (Laboratorio analisi, radiologia).

SERVIZI DIAGNOSTICI

Tra i principi "sacri" dell'organizzazione ospedaliera come ci è stata insegnata dalla letteratura ospedaliera, quello della centralizzazione dei servizi diagnostici è sembrato per lungo tempo quello più granitico ed indiscutibile. Si diceva, solo pochi anni fa, che "tale centralizzazione è una strada ben sperimentata dalla quale non ci si può allontanare: i servizi di accertamento diagnostico, strumentale o laboratoristico che abbiano raggiunto certe caratteristiche di autonomia e di specializzazione, devono assumere il compito di provvedere all'esecuzione di tutti gli esami che rientrano nella loro competenza specialistica, in favore della totalità dei pazienti, sia ricoverati sia ambulatoriali."

Questa regola generale a favore della centralizzazione dei servizi diagnostici, trovava le sue basi logiche in alcune considerazioni che, in astratto, restano tuttora incontestabili:

- nella necessità di garantire la migliore utilizzazione e l'affinamento delle competenze specialistiche tecnico-professionali;

- nell'esigenza di realizzare un'economia di scala nell'impianto e gestione concentrata delle apparecchiature, evitandone la dispersione;
- nella esigenza di assicurare un'indispensabile chiarezza organizzativa per l'esatta identificazione all'interno dell'ospedale delle funzioni di ogni settore assistenziale, impedendo sovrapposizioni e confusioni di competenze.

Il profondo mutamento "ambientale" causato dall'introduzione del finanziamento a prestazione ha tuttavia, in parte, scalfito questa solidità, focalizzando l'organizzazione sul "prodotto" e non più sulla titolarità e sul "possessione dei mezzi di produzione"; sulle tempistiche di erogazione, sui costi, sull'impatto in definitiva di qualsiasi scelta lungo l'intera filiera del processo assistenziale piuttosto che sull'attività della singola "casella" operativa interessata.

Entrando nel vivo del tema del percorso diagnostico per l'urgenza (D.E.A.), può essere opportuno esaminare i principali vincoli organizzativi (generati da esigenze a volte tra loro contraddittorie) da porre alla base della scelta se perseguire, in ogni caso, una logica di centralizzazione della diagnostica urgente presso i rispettivi Servizi o se, invece, collocarne sezioni "decentrate" in più immediata contiguità fisica e/o funzionale con l'area dedicata all'attività di pronto soccorso.

Le caratteristiche del paziente condizionano vistosamente una scelta anziché l'altra: mobilità ed autonomia dell'utenza o, al contrario, l'esigenza prevalente di un trasporto assistito verso le apparecchiature di diagnostica per immagini o un blocco operatorio possono far pendere la bilancia o meno verso il decentramento. Per il D.E.A. il generico basso livello di autonomia del paziente favorirebbe di per sé un sostanziale decentramento della diagnostica all'interno del settore, a meno che le caratteristiche costruttive ed il layout dell'ospedale nel suo complesso non permettano, comunque, di mantenere centralizzate le principali attività grazie alla stretta contiguità di queste con le strutture richiedenti le prestazioni. Nel caso invece di una ridotta o nulla mobilità del paziente, le scelte edilizie appaiono fortemente condizionanti: l'incidenza economica (ed i tempi) del trasporto interno degli ammalati, fortemente legata alla struttura fisica dell'ospedale ed alle percorrenze orizzontali e verticali esistenti, favorisce o rende invece superfluo il collocamento decentrato di alcune importanti funzioni diagnostiche e terapeutiche.

Anche l'ambito clinico di applicazione di una particolare tecnologia diagnostica costituisce elemento decisionale non trascurabile: sotto questo profilo si tenderà a preferire, in sostanza, la centralizzazione di quelle funzioni e quel-

le tecnologie al cui ricorso sono interessate la totalità o la maggioranza delle unità organizzative dell'ospedale.

Le caratteristiche intrinseche alle tecnologie biomediche in oggetto, espresse sia in termini di costi di primo impianto ed ammortamento sia di gestione corrente (staff, consumi, manutenzioni etc...) e sia di qualità della produzione clinica sono pure decisive: in linea generale, anche per questo criterio appare intuitivo che nella tecnologia "pesante" prevalga una logica centralizzante, ed invece per quella "leggera" sia ammissibile una periferizzazione "controllata".

Sotto il profilo organizzativo, le caratteristiche del processo di lavoro sono importanti fattori discriminanti: sarà cioè logico centralizzare funzioni caratterizzate da elevati volumi di prodotto erogato e da sostanziale stabilità del processo di erogazione e dei requisiti di servizio, e consentire, per contro, un certo grado di periferizzazione di quelle funzioni i cui volumi di attività siano marginali ed invece maggiore la variabilità del processo stesso.

Ed infine, la massima attenzione dovrà essere data alla criticità nei tempi di erogazione delle prestazioni, essendo ovviamente consentita una centralizzazione spinta per tutta l'attività di routine, ma al contrario essendo preferibile un certo grado di decentramento e di prossimità per le attività erogate in urgenza ed emergenza. Calando questi criteri, nello specifico dei servizi di pronto soccorso ospedaliero, possono essere formulate le seguenti considerazioni:

- Le caratteristiche del paziente "urgente" suggerirebbero come regola generale di collocare attorno a lui tutte quelle funzioni di diagnostica e di cura che possano essere richieste con assoluta immediatezza (radiodiagnostica, laboratorio di analisi, sale operatorie etc...).
- Questa scelta risulta di fatto, nella maggior parte degli ospedali di difficile realizzazione, fisicamente impossibile, oltre che economicamente non conveniente. Laddove infatti nella progettazione dell'ospedale i principali servizi centralizzati fossero stati previsti in contiguità funzionale con l'area di emergenza ed urgenza, non sarebbe di fatto necessaria alcuna periferizzazione e duplicazione. Ma nel più frequente caso contrario andranno compiute, caso per caso, le necessarie valutazioni.
- In questa ultima ipotesi, se le procedure diagnostiche da "duplicare" in periferia nell'area di urgenza si caratterizzassero di per sé per elevati volumi di attività di base, il decentramento sarebbe di per sé la scelta più logica.
- Se invece così non fosse, si potrebbero comunque valutare scelte organizzative che, facendo funzionalmente incrementare tali volumi, li rendessero comunque ritornare convenienti

sul piano gestionale, tecnico e qualitativo; ciò è percorribile:

- ad esempio, concentrando in una sezione radiologica complessa, che comprenda servizi tradizionali per l'ecografia, la TAC e la RMN, pur decentrata presso il D.E.A., anche tutta l'attività di urgenza interna dell'ospedale nelle ore notturne e nei festivi;
- ad esempio, prevedendo per un blocco operatorio pluri-sala di chirurgia d'urgenza, attivo sull'intero arco delle 24 ore, un limitato grado di "programmazione" dell'attività operatoria per le cosiddette "urgenze differibili", così da contribuire alla saturazione dell' "impianto" evitando al massimo consentito dalle esigenze di sicurezza lo "stand-by".

Sotto il profilo dimensionale, le dimensioni medie dei locali di diagnostica oscillano intorno a 14-20mq, se finalizzate solo all'esame, e 18-24mq se comprendono anche la visita medica. La collocazione ideale per questo servizio, oltre a quanto detto sulla vicinanza con i principali servizi di emergenza sanitaria, richiede un'atmosfera calma e riposante, priva di rumori

per non eccitare il paziente (potrebbe alterare la misurazione dell'esame) e locali adiacenti per il preventivo riposo del paziente.

Si consiglia la presenza di un locale per medici e per infermieri ogni quattro sale di diagnostica, con i relativi spazi di servizio.

Ogni locale di diagnostica sarà dotato di uno spogliatoio, preferibilmente a cavaliere tra il disimpegno o un locale sanitario (locale medico o infermieri) ed il locale stesso di diagnosi.

Saranno presenti inoltre:

- locale di preparazione e visita medica;
- il settore destinato all'accettazione/archivio e all'attesa, articolato in due aree distinte per pazienti esterni ed interni;
- riposo e controllo post-esame;
- locali del personale: locale infermiere, sala riunioni e locale del medico;
- laboratori polyvalenti;
- depositi vari e servizi igienici (pazienti e personale sanitario).
- accettazione (può essere inglobata nell'area del Triage).

Bibliografia

TESTI A CARATTERE GENERALE ED INTRODUTTIVO

ARBIZZANI E., *Manutenzione e gestione degli edifici complessi: requisiti strumentazioni e tecnologie*, Hoepli, Milano 1991.

CAMPIOLI A., *Il contesto del progetto. Il costruire contemporaneo tra sperimentalismo high-tech e diffusione delle tecnologie industriali*. Franco Angeli, Milano 1993.

DELLA FAVE A., MORSICANO S. (a cura di), *L'umanizzazione dell'ospedale: riflessioni ed esperienze*, Franco Angeli, Milano 2004.

TESTI DI STORIA, PROGETTAZIONE E SVILUPPO DEGLI OSPEDALI

AA.VV., *Aspetti di programmazione architettonici e distributivi dell'ospedale del 2000*, Tecnica ospedaliera, Milano 1988.

AA.VV., *L'organizzazione dell'ospedale*, Mc Graw-Hill, Milano 1988.

AA.VV., *Miscellaneous spaces in a district general hospital*, NHS Estates 1991.

AA.VV., RAVAGLIA M. (coordinatore), *Standard strutturali, tecnologici, organizzativi e di personale delle Strutture di Pronto Soccorso e Medicina d'Urgenza*, SIMEU, Ravenna 2005.

ADDANTE L., *Linee guida per l'emergenza territoriale ed ospedaliera*, Edizioni Internazionali, Roma 2005.

BERARDI C., *Evoluzione delle unità di degenza. Dalle antiche corsie alle moderne megastrutture americane*, Tecnica ospedaliera, Milano 1987.

CATANANTI C., CAMBIERI A., *Igiene e Tecnica Ospedaliera*, Il pensiero scientifico, Roma 1990.

COLOZZI C., *L'ospedale tra istanze di efficienza e di umanizzazione*, Franco Angeli, Milano 1989.

COX A. E GROVES P., *Ospedali e strutture sanitarie*, Dario Flacovio Editore, Palermo 1995.

SACCHI E., *Stato dell'impiantistica di climatizzazione in sale operatorie ad alto rischio di infezioni*, Minerva ortopedica e traumatologica, vol. 49, n.4, pag. 91-118, edizioni Minerva Medica, Torino 1998.

DALL'OLIO L., *L'Architettura degli edifici per la sanità*,. Officina Edizioni, Roma 2000.

FONDI D., *Architettura per la Sanità: forma, funzione, tecnologia*, Edizioni Kappa, Roma 2002.

GIOFRÉ F. TERRANOVA F., *Ospedale & Territorio - Hospital & Land*, Alinea, Firenze 2004.

ISPESL, *Linee Guida per la definizione degli standard di sicurezza e di igiene ambientale dei reparti operatorii*, Ispesl, Roma 2003.

MARTINAZZOLI G., *Gli impianti ospedalieri: guida alla progettazione integrata*. La Nuova Italia Scientifica, Roma 1995.

JAMES P., NOAKES T., *Hospital architecture*, Longman, New York 1994.

PALUMBO R., *Acciaio e sanità*, Roma 1992.

ROSSI PRODI F., STOCCHETTI A., *L'architettura dell'ospedale*, Alinea Editrice, Firenze 1990.

RENZO P., *Nuovo Modello di Ospedale*, Ministero della Sanità, Roma 2001.

SALVADÈ M., *Architettura Ospedaliera*, Città Studi, Milano 1991.

TORRICELLI M.C., *Edilizia Sanitaria, in Manuale di progettazione edilizia*, vol. 1, HOELPI, Milano 1992.

RIFERIMENTI NORMATIVI GENERICI

L.109/1994, Legge quadro lavori pubblici.

D.P.R. 554/1999, Regolamento di attuazione Legge quadro sui lavori pubblici.

Legge n.13 del 9 Gennaio 1989. Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche Barriere negli edifici privati.

D.M. n.236 del 14 Giugno 1989. Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica.

D.P.R. n.503 del 24 Luglio 1996. Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

D.M. del 30 Novembre 1983 Termini e definizioni generali di Prevenzione Incendi.

D.M. del 18 Settembre 2002 - Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private.

RIFERIMENTI SPECIFICI ALLA RETE DELLE EMERGENZE URGENZE ED ACCETTAZIONE IN ITALIA

Regio Decreto 30 Settembre 1938 n. 1631 (Art. 2 , Art. 11). Norme generali per l'ordinamento dei servizi sanitari e del personale sanitario degli ospedali. (superato dalla 132/68, Abolita dal D.L. 502/92)

Decreto del Capo del Governo 20 Luglio 1939 (Art. 7 Elementi funzionali). Approvazioni delle istruzioni per le costruzioni ospedaliere. (Abolito dalla Legge 492/93)

Decreto del Presidente della Repubblica 27 Marzo 1969 n. 128 (Nello specifico: Art.13 Servizio di pronto soccorso, Art.14 Servizio di pronto accettazione). Ordinamento interno dei servizi ospedalieri.

Decreto Ministeriale 5 Agosto 1977 (Art. 20 Servizi di diagnosi e cura, Art. 21 pronto soccorso)

Determinazione dei requisiti tecnici sulle case di cura private.

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 Giugno 1986 (Art. 22 Servizi di diagnosi e cura).

Atto di indirizzo e coordinamento dell'attività amministrativa delle Regioni in materia di requisiti delle case di cura private.

Decreto del Presidente della Repubblica 27 Marzo 1992 (Art. 6 Il sistema di accettazione e di emergenza sanitaria, Art. 7 Le funzioni di pronto soccorso, Art. 8 Le funzioni del dipartimento di emergenza). Atto di indirizzo e coordinamento delle regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza.

Decreto Legislativo 30 dicembre 1992 n. 502 e successive modifiche e integrazioni (Art. 4 Aziende ospedaliere e presidi ospedalieri). Riordino della disciplina in materia sanitaria a norma dell'art. 1 della legge 23 Ottobre 1992, n. 421.

Decreto del Presidente della Repubblica 1 Marzo 1994 (4.B Strutture e attività di emergenza). Approvazione del piano sanitario nazionale per il triennio 1994/96.

Atto di intesa tra Stato e regioni di approvazione delle linee guida sul sistema di emergenza sanitaria in applicazione del decreto del Presidente della Repubblica 27 Marzo 1992. Linee Guida Ministero della Sanità n.1/1996.

Decreto del Presidente della Repubblica 14 Gennaio 1997. Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni e province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di requisiti strutturali, tecnologici ed organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private.

Ministero della Sanità. Piano Sanitario Nazionale 1998-2001; Piano Sanitario Nazionale 2003-2005.

¹ Progetto elaborato attraverso una consulenza scientifica promossa e coordinata nel 2002 dal Laboratorio di Scienza e Tecnica per l'Edilizia e la Progettazione (S.T.E.P.) attivo presso il Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio (D.I.E.T.) dell'Università degli Studi di Pavia, a favore del Servizio Tecnico Patrimoniale del Policlinico San Matteo di Pavia

² Ippocrate, nacque nel 460 a.C. a Kos in Grecia e morì a Larissa nel 377 a.C. circa. Viene considerato il padre della medicina. Introdusse il concetto innovativo che la malattia e la salute di una persona dipendessero da specifiche circostanze umane della persona stessa e non da superiori interventi divini; fu il primo a studiare l'anatomia e la patologia tramite la dissezione sui cadaveri. Acquisì grande fama nell'antichità debellando la grande peste di Atene del 429 a.C.

³ Galeno, (Pergamo 130-200d.C.) i cui insegnamenti ebbero larghissimo seguito per tutto il medioevo e nel rinascimento, esercitò per lungo tempo la professione a Roma sotto Marco Aurelio e riprese gli insegnamenti ippocratici che erano stati in gran parte abbandonati nei secoli precedenti.

⁴ La Ca' Granda, poi Ospedale Maggiore di Milano rappresentò per innovazione tecnologica ed architettonica, un modello di Ospedale unico nel XV secolo. Nacque per volere di Francesco Sforza, Signore di Milano, e fu realiz-

zato sotto il coordinamento del Filarete, architetto e scultore, che diresse i lavori dal 1456 al 1465.

⁵ Dominique Jean Larrey, nacque a Baden, Francia, l'8 luglio 1766, si spense nel 1842 dopo aver lasciato un contributo fondamentale nella storia della medicina e, in particolare, del primo soccorso. La sua invenzione più celebre fu certamente l'ambulanza volante per il pronto recupero dei feriti in guerra, impegnati nelle campagne di Napoleone; il termine "volante" fu dato in quanto i carri usati venivano schierati accanto alle formazioni dell'artiglieria volante.

⁶ Reggio decreto n. 1631 del 30 settembre 1938. "Norme generali per l'ordinamento dei servizi sanitari e del personale sanitario degli ospedali". (superato dalla legge 132/68, Abolita dal D.Lgs. 502/92)

⁷ Viene istituito con legge n.833 del 23 dicembre 1978.

La nuova legge definisce l'istituzione del Servizio Sanitario Nazionale "il complesso delle funzioni, delle strutture, dei servizi e delle attività destinate alla promozione, al mantenimento e al recupero della salute fisica e psichica di tutta la popolazione, senza distinzione di condizioni individuali o sociale secondo modalità che assicurino l'eguaglianza dei cittadini nei confronti del servizio".

⁸ Decreto del Presidente della Repubblica 27 Marzo 1992. "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni per la determinazione dei livelli di assistenza sanitaria di emergenza". E' il decreto attraverso il quale vengono approvate un insieme di linee di indirizzo e coordinamento delle attività delle regioni e delle province autonome di Trento e di Bolzano, in materia di emergenza sanitaria.

⁹ Decreto del Ministero della Sanità. Gazzetta Ufficiale n.114 Serie Generale del 17 maggio del 1996. "Atto di intesa tra Stato e regioni di approvazione delle linee guida sul sistema di emergenza sanitaria in applicazione del decreto del Presidente della Repubblica 27 marzo 1992".

¹⁰ Decreto del Presidente della Repubblica 14 gennaio 1997. "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento alle Regioni e Province Autonome in materia di requisiti strutturali, tecnologici e organizzativi minimi per l'esercizio delle attività sanitarie da parte delle strutture pubbliche e private".

Publicato nella G.U. del 20 febbraio '97, supplemento ordinario n.42.

¹¹ Nel 2003, con l'attivazione delle Centrali Operative di Potenza, Foggia e Taranto il territorio nazionale ha raggiunto una copertura totale.

¹² Il livello di allarme è lo stato di attivazione delle risorse aggiuntive rispetto a quelle ordinarie.

¹³ Per postazione si intende l'insieme formato da un mezzo di soccorso e dalle risorse umane che lo rendono operativo in una localizzazione determinata.

¹⁴ Il ruolo dell'elisoccorso si è affermato nel "Sistema Inclusivo" per il paziente con trauma maggiore, nel trasferimento di pazienti critici, nel trasferimento di organi e/o equipe chirurgiche per le procedure di espianto e trapianto.

¹⁵ Il codice di priorità o codice colore non è una etichetta immodificabile, ma vi è sempre la possibilità della variazione del codice assegnato secondo l'evoluzione clinica.

¹⁶ I principali Istituti che forniscono dati statistici di rilievo sulla sanità, sono: ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica); Eurostat; OCSE Health Data 2003; Sistema Informativo Sanitario (Ministero della Salute); Sistema Informativo Trapianti (Ministero della Salute); Direzione Generale Prevenzione (Ministero della Salute); Osmed, rapporto nazionale 2003 sull'uso dei farmaci in Italia.

¹⁷ La tomografia assiale computerizzata, o TAC, è un esame diagnostico che combina i tradizionali raggi X con la tecnologia del computer. Ciò consente di ottenere l'immagine radiologica tridimensionale di una sezione trasversale del corpo.

¹⁸ Cfr. Bindman A.B.: Consequences of queuing for care at a Public Hospital Emergency Department. J.A.M.A., 266:1091, 1991

¹⁹ Cfr. Porter J.E.: Nurse triage in accidents and emergency departments. Letter. B.M.J., 304 : 1378, 1992.

²⁰ La proposta di un Nuovo Modello di Ospedale nasce dall'inadeguatezza della maggior parte del patrimonio pubblico sanitario italiano, ormai obsoleto e inadatto a soddisfare le attuali esigenze assistenziali, e dalla volontà di unificare e redigere delle linee guida che possano rispecchiare i moderni requisiti prestazionali richiesti alle Strutture Sanitarie. Cfr. Metaprogetto D.M.12/12/2000

²¹ Situazione in cui vi è una sproporzione tra le risorse in campo e quelle necessarie per far fronte all'improvvisa e drammatica situazione emergenziale.

TERRITORIO E SOSTENIBILITÀ: METODI E STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER L'INSEDIAMENTO DI STRUTTURE PRODUTTIVE

Stefano Gambarana

Università degli Studi di Pavia – Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio
XX Ciclo

Tutor: Prof. Marco Morandotti

ABSTRACT: *The studies led during the research job have highlighted as the interventions of settlement of productive structures, seldom, have developed themselves leading an unitary and total evaluation, turned to prevent the induced effects on the territory.*

In fact has discovered a general widening absence concerning the ambient and territorial impacts produced from them, above all according to a vision systemic and altogether supplemented, turned to estimate the cumulative effects.

Therefore, the development of a territorial sustainability evaluation procedure for such interventions has appeared an interesting and necessary initiative to undertake.

The doctorate research purpose has been to define an evaluation tool able to quantify the degree of sustainability of the interventions of settlement of productive infrastructures and support so the decisions in the draft of plans and programs.

Through the definition of such evaluation tool, has wanted to show the real technical possibility of realization of a method able to estimate the territorial transformations in function of the them sustainability.

Gli studi condotti hanno evidenziato come temi che nel contesto internazionale dei Paesi industrializzati sono affrontati da anni, in Italia abbiano trovato un tentativo di regolamentazione solo recentemente. Infatti, il recepimento da parte della legislazione italiana della norma dell'Unione Europea inerente alla Valutazione Ambientale Strategica (Direttiva 2001/42/CE) è avvenuto solo nella recente stesura del Codice dell'Ambiente (D.lgs. 152/2006).

La mancanza di metodologie consolidate nell'affrontare queste tematiche lascia aperti ampi campi di indagine e riflessione sul settore, anche per ciò che riguarda la possibile individuazione di strumenti che permettano valutazioni quanto più oggettive degli interventi di modificazione del territorio.

La realizzazione di pratiche di valutazione il quanto più oggettive possibili, legate soprattutto a prassi consolidate, garantirebbe un'omogeneità di giudizio riguardo agli interventi sul territorio, rendendoli in qualche modo misurabili e per questo confrontabili. Tutto ciò, con l'intento di permettere ai diversi operatori territoriali di optare per la soluzione migliore, quella cioè che pur garantendo la maggior efficienza funzionale (rapporto economico costo-benefici) risulti comunque essere sostenibile dal punto di vista ambientale.

Il lavoro di ricerca condotto ha tentato di indivi-

duare dei criteri di valutazione che permettano di stimare i potenziali impatti, anche di strutture o complessi di strutture industriali che non ricadano negli elenchi delle normative cogenti.

Si ritiene infatti che, anche infrastrutture produttive che non presentino particolari rischi ambientali legati alle lavorazioni specifiche o ad un uso di suolo di tipo estensivo, incidano comunque in modo determinante sul cambiamento delle valenze territoriali e che quindi la loro collocazione all'interno del territorio stesso debba comunque essere valutata.

Si è quindi giunti alla definizione di uno strumento operativo che si propone di supportare le operazioni di scelta per l'identificazione delle collocazioni più adatte per l'inserimento delle strutture produttive, indipendentemente dalla loro tipologia.

Tale strumento, fondandosi sull'utilizzo di indicatori sintetici, dovrebbe essere in grado di esprimere in maniera oggettiva la sostenibilità ambientale delle scelte progettuali riguardo all'individuazione delle aree o dei settori di territorio da dedicare alle attività produttive. Permette, inoltre, un'agevole comparazione tra le diverse ipotesi progettuali o i diversi scenari di sviluppo del territorio che potrebbero prefigurarsi. L'intento è stato quello di creare un ausilio per una corretta pianificazione territoriale per l'insediamento dei comparti industriali ed artigianali, rendendo comparabili, diverse possibilità progettuali.

Questo strumento analizza le condizioni dell'area presa in esame e del suo intorno al fine di definire orientamenti sulle scelte di pianificazione, ove naturalmente non siano applicabili normative esistenti di carattere cogente. Se cioè l'area oggetto di indagine non è soggetta a vincoli restrittivi di vario genere, lo strumento è in grado di permettere una migliore lettura del territorio al fine di favorire le scelte degli operatori di settore.

La possibilità di comparazione tra i diversi scenari possibili è garantita dalla scelta di indicatori, studiati per essere applicati a situazioni diverse e individuati in maniera rigorosa, in modo da minimizzare la soggettività dell'interpretazione nell'attribuzione del valore da assegnare di volta in volta ai singoli indicatori.

La sostenibilità territoriale

Uso sostenibile del territorio significa un uso efficiente dello stesso attraverso obiettivi di sviluppo urbano che, minimizzino il consumo di aree naturali ed agricole e accrescano lo sviluppo del territorio attraverso il recupero e la rivalutazione.¹

In molte contesti si assiste, invece, a trasformazioni socio-economiche che incrementano l'abbandono di aree già utilizzate e contaminate.

Una città sostenibile ottimizza l'efficienza del proprio territorio proteggendo le aree verdi non edificate che abbiano un alto valore di biodiversità dallo sviluppo indiscriminato e contribuisce, inoltre, al recupero delle aree contaminate o dismesse.

Ulteriore attributo di sostenibilità urbana è costituito dalla capacità della città di mantenere attorno ad essa degli spazi costituiti da un buon valore ambientale.

La restituzione di un'immagine positiva sotto il profilo della gestione del territorio, attraverso la corretta tutela e conservazione del patrimonio presente (sia esso di tipo storico, agricolo, paesaggistico o naturalistico), produce ritorni positivi anche in chiave economica per le attività in esso operanti.

Una gestione sostenibile del territorio deve muovere, innanzi tutto, dalla conoscenza delle risorse ambientali che il territorio stesso offre. Questa si attua attraverso un'opportuna fase di indagine e rappresentazione su carte tematiche di quanto rilevato del patrimonio naturale presente sul territorio stesso.

Il concetto di sostenibilità originariamente coniato relativamente alle problematiche ecologiche e biologiche va esteso alle trasformazioni degli spazi antropizzati, in cui l'uomo riconosce una componente fondamentale della propria cultura. L'ambiente naturale è stato modificato dagli esseri umani che lo hanno trasformato nel proprio territorio rendendolo così depositario di memoria.

La memoria incorporata nel territorio è parte della nostra <<memoria artificiale>> (Leroi-Gourhan, 1964-65) e costituisce uno dei <<documenti>> (Le Goff, 1978) fondamentali su cui si basa la memoria storica. È in questo lavoro sulla memoria che l'ambiente e il territorio si trasformano nel paesaggio dell'immaginario collettivo e diventano parte integrante della <<memoria collettiva>> (Le Goff, 1979), la quale è indispensabile alla società umana nell'incessante ridefinizione della propria identità culturale.²

Una parte fondamentale del patrimonio culturale da tramandare alle generazioni future è quindi l'insieme dei beni storici, ambientali e del paesaggio.³

Tale patrimonio, non solo va tutelato e conservato, ma le eventuali modificazioni a cui potrebbe essere soggetto dovrebbero tendere ad aumentarne il valore complessivo. Quello che diventa essenziale attraverso gli interventi messi in atto è la valorizzazione estetica del paesaggio. Quindi le azioni derivanti dalle esigenze economiche dovrebbero conseguentemente conformarsi ad esigenze di tipo culturali finalizzate alla sostenibilità degli interventi.

I segni del paesaggio devono essere tutelati attraverso l'opportuna instaurazione di vincoli.

Il processo storico di trasformazione del territorio, sotto le spinte economiche, è però inevitabile e conduce alla cancellazione di alcune delle tracce del passato. Risulta quindi importante che il saldo tra ciò che viene aggiunto e ciò che viene perso sia positivo, in modo che il patrimonio culturale e i valori di civiltà, che attraverso il paesaggio riusciamo ad esprimere, risultino accresciuti.

L'aggettivo ambientale utilizzato nel definire la sostenibilità, inizialmente usato per indicare gli aspetti esclusivamente ecologici, può quindi essere esteso per comprendere anche i fattori culturali.

La relazione tra stato del territorio e sviluppo economico dello stesso è molto stretta, essi sono infatti complementari. Il territorio, in tutte le sue componenti ambientali viene ormai riconosciuto come uno dei principali fattori che determinano o meno lo sviluppo economico di determinate aree geografiche. La qualità delle

componenti ambientali di un determinato territorio, che sono il supporto base per esseri umani ed ecosistemi, determina il grado di attrazione per la localizzazione degli investimenti. Le risorse territoriali non possono però essere sfruttate oltre la loro capacità di rigenerazione, cosa che comporterebbe il loro definitivo degrado ed esaurimento, con conseguente compromissione delle attività.

Dovrebbe in questo senso avvenire un mutamento nella gestione delle politiche territoriali in cui, <<internalizzando>> i concetti di rispetto per l'ambiente e di sviluppo sostenibile, ci trovi ad influire prima sulle scelte relative alle azioni da intraprendere che non ad agire solo successivamente sugli effetti da esse prodotte.

Attraverso il Quinto programma d'azione per l'ambiente⁴ l'Unione Europea si è posta, tra gli altri, i seguenti obiettivi:

- La gestione sostenibile delle risorse naturali, tra cui il suolo;
- La gestione più efficace della mobilità, in termini di localizzazioni e modalità;
- Adozione di misure per migliorare la qualità dell'ambiente nelle aree urbane;
- Miglioramento della salute e della sicurezza pubblica, con attenzione speciale alla valutazione e gestione dei rischi ambientali.

Gli obiettivi del <<Quinto programma>> devono essere perseguiti agendo sui fattori responsabili del degrado territoriale ed ambientale, evitando di proseguire sulla strada dell'affrontare gli effetti, risultata inefficace. Individuati i cinque settori chiave dell'economia, responsabili delle pressioni più ingenti su ambiente e territorio (industria, energia, trasporti, agricoltura e turismo), l'Unione Europea mira alla loro responsabilizzazione quali maggiori produttori di impatti, costringendoli all'adozione di pratiche sostenibili sotto il profilo ambientale.

Le pressioni esercitate sull'ambiente e sul territorio sono determinate in maniera significativa dall'utilizzazione del suolo. Con esse il grado di vulnerabilità di una determinata area geografica determina la qualità dell'ambiente. Qualità dell'ambiente, risorse naturali, pressioni e vulnerabilità dipendono in modo rilevante dal contesto cui si riferiscono, variando considerevolmente a seconda della loro localizzazione.

Nel giugno del 1997 la Commissione Europea elabora una <<Prospettiva Europea di Sviluppo Territoriale (PEST)>> che propone, tra gli altri, i seguenti principi fondamentali:

- Pianificazione e sviluppo territoriale possono contribuire in modo decisivo al conseguimento delle finalità della coesione economica e sociale;

- Contribuire all'attuazione delle politiche comunitarie che esercitano un impatto sul territorio;

- Conseguire uno sviluppo sostenibile ed equilibrato del territorio comunitario.

Questi principi fondamentali rispecchiano i seguenti obiettivi politici:

- Un sistema di città maggiormente equilibrato, policentrico, capace di rinnovare la relazione esistente tra ambiente urbano e ambiente rurale;
- Parità di accesso ad infrastrutture e conoscenze;
- Gestione prudente e sviluppo del patrimonio naturale e culturale.

Diventa quindi essenziale la pianificazione territoriale, quale strumento per far collimare con le politiche di sviluppo economico di una determinata area la sua capacità di assorbire gli effetti prodotti dai diversi tipi di intervento.

La pianificazione con valenza ambientale

La maggior parte delle trasformazioni ambientali negative che il territorio ha subito, sono il risultato di scelte errate o dell'assenza di pianificazione e programmazione delle attività umane. La pianificazione ha lo scopo di regolamentare le attività cui si riferisce in funzione di obiettivi, strategie e condizioni.

La realtà italiana ha più volte dimostrato come la pianificazione e la programmazione a livello nazionale e locale siano venute da una storica debolezza, diversamente da quanto avviene in altri paesi quali, ad esempio, Francia, Olanda e Germania.

Questa debolezza si concretizza nel ridurre il quadro di riferimento programmatico, di progettazione e pianificazione del territorio, ad un'operazione di tipo formalistico.

Le attività di pianificazione hanno raramente trattato il territorio non urbanizzato come risorsa ecologica, considerandolo quasi esclusivamente come supporto per l'edificazione. Inoltre uno sviluppo edilizio ed infrastrutturale, condotto sovente in maniera non razionale, ha disseminato il territorio di porzioni di città e di ramificazioni di assi viari, causando il conseguente depauperamento delle risorse ambientali, che non è stato né valutato né evitato.

Per una pianificazione del territorio in un'ottica di valorizzazione della valenza ambientale, il tener conto delle informazioni relative alla struttura e qualità del tessuto agricolo ed ecologico diventa essenziale. Unicamente dall'analisi di

queste conoscenze si potranno efficacemente valutare gli impatti determinati dallo sviluppo urbano ed infrastrutturale sul contesto ambientale. La pianificazione del territorio non urbanizzato si potrà così porre l'obiettivo di valorizzare il patrimonio naturale.

Essenziale diventa anche la stima degli effetti che una città dispersa produce sul territorio.

Una progettazione ambientale include nel proprio iter lo studio degli impatti. Se ciò non avvenisse, se si procedesse cioè ad una valutazione della sostenibilità del progetto di pianificazione ad una fase già avanzata o ancor peggio al termine del processo, sarebbe impossibile individuare la soluzione sostenibile.

Questo modo di procedere ottimizza sia i costi della progettazione che le spese per opere di mitigazione o per interventi di compensazione, riconducendo gli stessi all'interno del progetto e non relegandoli ad essere una sorta di rimedio da applicare al termine del procedimento, conseguentemente a scelte progettuali discutibili sotto il profilo della sostenibilità.

Il progettista, che per suo compito ha quello di trovare la soluzione ottimale a problemi complessi, scartando quelle meno soddisfacenti rispetto agli obiettivi posti, sarà, attraverso questo tipo di approccio, facilitato a favorire l'ottimizzazione delle scelte ambientalmente sostenibili.

Le alternative sono il frutto della capacità del progettista di trovare nuove soluzioni a problemi nuovi, innovando così la gamma dei possibili interventi.

Progettazione tecnica e valutazione ambientale non solo vanno di pari passo, ma sono inestricabilmente appartenenti a quel procedimento logico unitario che è il metodo della progettazione ambientale.⁵

La pianificazione ambientale del territorio può configurarsi come una progettazione ambientale del territorio stesso.

Assumere come prioritario il rispetto del requisito della sostenibilità delle scelte di pianificazione, significa tener conto e ottimizzare i complessi aspetti, economici, sociali, ambientali ed istituzionali che lo compongono.

Il privilegiare uno dei sopraccitati aspetti, a discapito degli altri, produrrebbe inevitabilmente degli scompensi che non farebbero altro che allontanare da scelte di sostenibilità.

Il piano che voglia dirsi redatto secondo criteri di pianificazione ambientale deve essere in grado di integrare, secondo principi di equità sociale: l'aspetto economico, che contempla gli scenari di interventi e opere utili allo sviluppo dell'economia locale; il quadro delle risorse e

dei rischi ambientali, presentando una gradazione dei vincoli da rispettare e ponendo delle limitazioni alle azioni economiche; politiche di miglioramento delle condizioni ambientali attraverso la bonifica e la messa in sicurezza delle aree degradate; lo sviluppo di tecnologie eco-compatibili.

L'iter di formazione del piano deve essere affiancato dal processo di valutazione ambientale delle scelte che si verranno ad esprimere attraverso il piano. La valutazione deve affiancare le operazioni di stesura del piano, per guidarne le scelte operative secondo le logiche di sostenibilità. Una valutazione che si configuri solo come elemento finale di giudizio delle decisioni di piano si pone come uno strumento non utilizzato al meglio delle proprie potenzialità, incapace di orientare e guidare una pianificazione ambientale che possa dirsi sostenibile.

Inoltre, possiamo aggiungere che una pianificazione, che voglia porsi in termini di sostenibilità ed essere definita ambientale, non può prescindere dall'inglobare nelle scelte operative di piano politiche di sviluppo tese all'incremento dei livelli di sostenibilità economica, sociale ed ambientale. Ciò si configura, nelle operazioni di formazione del piano, attraverso la definizione di interventi e di vincoli capaci di disegnare uno scenario sostenibile di trasformazione del territorio.

Una pianificazione ambientale è frutto ed espressione di politiche ecologiche attive, non esclusivamente vincolistiche, che trova nella partecipazione delle comunità locali il suo punto di forza e quel grado di completezza che funge da riferimento per le operazioni di valutazione ambientale del piano.

Una corretta progettazione del territorio, oltre che partire da una precisa analisi e presa di considerazione delle valenze della risorsa che ci si accinge ad utilizzare, dovrebbe innanzi tutto interrogarsi sul significato di sostenibilità ecologica di sviluppo urbano ed infrastrutturale e solo successivamente valutare gli impatti delle azioni di sviluppo.

Qualsiasi piano o programma comporta delle azioni che producono effetti di vario genere sul territorio, indipendentemente dalla scala di riferimento in cui essi siano redatti. Per valutarne in modo appropriato gli effetti bisogna che le analisi siano effettuate ad un opportuno livello di definizione spaziale. Tale livello è quello della pianificazione locale, con il quale si vuole fare riferimento ai piani provinciali, comunali e sub comunali.

Nel perseguire l'obiettivo di una pianificazione ambientalmente orientata le Province rivestono un ruolo cruciale per l'attuazione di politiche di valorizzazione e tutela del patrimonio di risorse insite in un determinato territorio.

I Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP) rivestono un ruolo di primaria importanza per la valutazione del patrimonio storico, agricolo, paesaggistico e naturalistico di un territorio. Inoltre, operando ad una scala di rappresentazione di 1/25.000, i PTCP permettono di fornire un quadro generale e allo stesso tempo sufficientemente dettagliato utile per studiare e definire le strategie di sviluppo territoriale, sia esso di tipo edilizio od infrastrutturale. Essi forniscono, altresì, una visione omogenea e sistemica delle unità di paesaggio del territorio e delle loro qualità.

Una pianificazione ambientale deve orientarsi, a tutti i livelli (regionale, provinciale, comunale), secondo precise linee strategiche di azione.

Innanzitutto deve essere perseguita la tutela e la valorizzazione del patrimonio di naturalità..

Le zone in cui sopravvive una natura che non risenta direttamente degli influssi generati dall'uomo sono altamente ridotte, mentre gli ecosistemi si distribuiscono anche nelle aree antropizzate, intrecciandosi con le attività umane e condividendo con esse spazi e risorse.

La protezione della natura non deve essere, quindi, limitata unicamente alle aree dei grandi parchi naturali nazionali o regionali, ma deve articolarsi attraverso la tutela dell'agroecotessuto, al fine di garantire una naturalità diffusa.

Non meno importante è la salvaguardia del patrimonio storico e paesaggistico che forma la componente culturale dell'ambiente. Un primo passo, della pianificazione ambientale è relativo all'imposizione di vincoli per tutelare quelle valenze che si considerano irrinunciabili. La progettazione però non può limitarsi a questa fase, che potremmo definire statica, ma deve essere in grado di proporre interventi di riqualificazione, restauro, recupero ed innovazione in grado di aumentare il valore culturale del territorio.

La tutela del territorio deve estendersi anche alla prevenzione dei rischi geologici delle aree oggetto di pianificazione, i quali producono danni alla salute umana e un depauperamento delle risorse presenti nelle zone colpite.

I fenomeni attribuibili al dissesto idrogeologico, pur essendo dovuti a dinamiche naturali, vengono accentuati nelle loro manifestazioni dal diffuso degrado del territorio provocato da un suo utilizzo che negli anni si è dimostrato, per

molto versi, dissennato. Un'edificazione disordinata ed un'irrazionale gestione idraulica dei corsi d'acqua hanno prodotto un diffuso rischio idrogeologico, fornendo una concreta dimostrazione di uso non sostenibile del territorio che è poi diventato eredità insostenibile per le generazioni che si sono succedute.

La non corretta gestione del territorio si traduce nel lungo periodo in notevoli costi: risorse economiche che, spese per rifondere i danni provocati dai dissesti o per la messa in sicurezza di situazioni idrogeologiche a rischio, avrebbero potuto essere allocate in modalità differenti.

Anche la salute umana deve essere tutelata; ciò si traduce nel garantire l'elevata qualità di salubrità e vivibilità degli ambienti urbani, che vengono progettati in modo da soddisfare anche questi due requisiti oltre a quello dell'efficienza economica. Questo tipo di progettazione muove dalle seguenti quantificazioni: degli impatti che il normale <<funzionamento>> dei centri abitati produce sulla popolazione, della qualità dell'ambiente edificato e della stima delle condizioni di rischio che la compresenza di attività incompatibili può generare in determinate zone (ivi compresa la gestione dei rifiuti che le attività umane producono).

Un ambiente urbano di qualità elevata è quello in cui, applicando i principi di equità, vengono evitate situazioni di disuguaglianza sociale, marginalità e segregazione.

Le diverse attività che prendono vita nei centri urbani sono messe in comunicazione dalla rete di infrastrutture che collega le diverse ubicazioni in cui esse hanno luogo.

La rete cinematica riveste il ruolo principe nello svolgimento di tale funzione. L'efficienza economica di una città passa anche attraverso l'efficienza funzionale, tecnica ed energetica della rete stradale in cui sostanzialmente sono integrate la maggior parte di tutte le altre reti infrastrutturali (acquedotti, fognature, telecomunicazioni, gas, elettricità).

Una città non dispersa sul territorio ottimizzando la funzionalità delle proprie reti ottimizza la propria efficienza economica. Una città diffusa, invece, oltre a produrre diseconomie di carattere funzionale ed energetiche, genera uno spreco della risorsa territorio. L'inefficienza dimostrata anche in questo frangente dalla città diffusa evidenzia, ancora una volta, quanto essa sia distante da una pianificazione che voglia dirsi razionale ed ambientale.

La pianificazione ambientale, quindi, deve mirare ad attuare scelte che, ottimizzando l'utilizzo della risorsa territorio, siano orientate a garantire un suo utilizzo funzionale e conseguente-

mente economicamente efficiente.

Incoraggiando la popolazione a vivere in prossimità del posto di lavoro ed evitando uno sviluppo a bassa densità della cosiddetta <<proliferazione urbana>> è possibile ridurre la necessità di mobilità e di occupazione del territorio. Migliorando, poi, il costo delle varie modalità di trasporto e perfezionando le politiche destinate a migliorare la qualità della vita nelle aree urbane si può limitare il desiderio di pendolarismo su lunghe distanze ed incentivare modelli di vita che non dipendano fortemente dai trasporti. Per contro, però, vivere in zone ad alta densità di popolazione comporta vivere in uno spazio più ristretto, con più congestione e stress urbano, a meno che non si disponga di un'infrastruttura urbana e di trasporti pubblici efficienti. Garantire un giusto equilibrio tra zone rurali e urbane non è pertanto solo un tema riguardante i trasporti, ma un aspetto della politica rurale e urbana che la pianificazione non può ignorare.

Le disposizioni locali riguardo alla pianificazione urbana ricadono anche sull'ubicazione delle attività economiche, sullo sviluppo di nuove infrastrutture e sul conseguente flusso di trasporti. Nel passato le decisioni in questo campo spesso non hanno tenuto in debito conto gli effetti dei nuovi sviluppi sull'ambiente naturale, sulla congestione e impatti di altro genere; situazione oggi non più ammissibile.

Lo sviluppo dell'edilizia residenziale, delle imprese e delle nuove infrastrutture di trasporto incidono sulla relazione tra ambiente urbano e rurale. Bisogna provvedere affinché sia garantita alle varie iniziative la capacità di non mettere direttamente in pericolo l'equilibrio tra economie urbane e rurali; cioè, si tratta di limitare un'espansione delle aree edificate urbane che frammenti le comunità e distrugga la particolarità del paesaggio rurale. La politica rurale, deve al contempo garantire strategie che contribuiscano fattivamente alla vitalità delle zone rurali. Politiche rurali ed urbane devono, in tal senso, essere caratterizzate da una maggiore coerenza reciproca.

Nel processo di pianificazione devono essere individuate le strategie e gli interventi atti a contrastare la perdita di risorse o gli eventuali impatti causati dalle azioni di piano.

L'opera di contrasto degli effetti negativi prodotti da azioni di piano avviene attraverso la selezione di opportuni sistemi di mitigazione volti ad attenuare tali negatività.

L'individuazione di aree in cui attuare le misure di compensazione, che invece servono a controbilanciare l'impoverimento delle risorse di un

territorio, può seguire due strade: l'una attraverso interventi di tipo locale, l'altra attraverso contro-azioni di tipo globali.

Gli interventi di tipo locale sono rappresentati da tutte quelle risposte che in campo ambientale vengono date all'impoverimento di risorse prodotto dalle azioni nello stesso contesto in cui questi si manifestano; attraverso per esempio interventi di rinaturalizzazione di aree contigue a quelle compromesse.

Gli interventi di tipo globale prevedono di attuare risposte su larga scala e non direttamente localizzate nelle aree di pressione delle azioni specifiche; attraverso per esempio l'adozione di tasse locali con cui finanziare progetti di miglioramento dell'ambiente a livello generale o di tutela su ecosistemi di pregio, che possono trovarsi in contesti anche non contigui.

I due differenti approcci sono determinati dal tipo di strategia che si vuole adottare nel condurre un approccio sostenibile alla gestione del territorio.

Interventi di tipo globale presuppongono l'esistenza di una stretta interazione tra i diversi soggetti che alle diverse scale operano per la progettazione, pianificazione e gestione del territorio. Solo questa cooperazione infatti può garantire che la scelta di non adottare una risposta ad un impatto a livello locale possa concretizzarsi in una effettiva contromisura a livello globale, che sul lungo periodo possa dimostrarsi migliore nel perseguire l'obiettivo dell'efficienza nella sostenibilità ambientale e territoriale.

La pianificazione ambientale deve avvalersi di strumenti che consentano la redazione di mappe di compatibilità ambientale, riferite ai criteri chiave della sostenibilità, sovrapponibili alle proposte di piano al fine di verificarne l'ottimizzazione delle scelte di ubicazione delle diverse attività insediabili sul territorio.

La pianificazione territoriale può quindi essere ritenuta il punto chiave per garantire uno sviluppo equilibrato e sostenibile. Nella sua attuazione è necessario siano analizzati i seguenti fattori:

- Limiti derivati dalle caratteristiche fisiche ed ambientali dell'area in oggetto;
- Vincoli imposti al contesto da normative specifiche;
- Miglioramento potenziale possibile del contesto;
- Problematiche ambientali esistenti;
- Politiche sovra locali con ricadute sul contesto.

Intendere la pianificazione territoriale come fine a se stessa è errato, essa rappresenta il miglio-

re strumento che permette di integrare politiche settoriali eterogenee e sovente concorrenti.

La necessità diventa quindi quella di permettere di poter agire sulle scelte di sviluppo spaziale a priori, orientandole verso criteri di sostenibilità che minimizzino le ricadute negative sul territorio.

Processo decisionale e metodi di valutazione

Le decisioni politiche, che si originano da necessità socio-economiche, sono determinanti nella evoluzione e nella trasformazione del territorio che, per quanto descritto nelle parti precedenti, non può esimersi dall'essere condotta secondo criteri di sostenibilità.

Punto di incontro tra ricerca scientifica e azione politica riguardo tali criteri sono gli <<indicatori di sostenibilità>>. Solo tramite gli indicatori sono coerentemente valutabili e monitorabili nel tempo gli effetti delle decisioni di governo sul territorio. L'assenza di questa valutazione, cioè di un'analisi oggettiva delle evoluzioni dei fenomeni, limita e vanifica le azioni politiche intraprese per la corretta utilizzazione e valorizzazione del territorio.

Tema primario della ricerca in campo di sostenibilità diventa quindi la definizione di indicatori capaci di interpretare e monitorare le trasformazioni del territorio, in modo da poter orientare le scelte politiche verso un suo corretto utilizzo.

È necessaria una più attiva integrazione delle politiche a tutti i livelli, in modo che esse risultino complementari. Questa integrazione dovrebbe avviarsi dall'inizio del processo e lo sviluppo sostenibile dovrebbe diventare uno dei principi fondanti di tutti i settori di attività dell'Unione Europea.

Una filosofia comune nell'elaborazione delle politiche non è però, di per sé, sufficiente. Un migliore coordinamento risulta non essere sufficiente se la politica non ricorrerà pienamente agli strumenti e alle idee corretti.

Uno dei principi chiave da cui partire presuppone che i costi e gli effetti di tutte le politiche debbano essere vagliati in maniera più sistematica. L'analisi dovrebbe tentare di valutare sia gli impatti diretti nel settore destinatario dell'intervento, che gli impatti indiretti su altri settori. La condivisione delle esperienze, da parte dei decisori politici ai diversi livelli, è importante affinché le ripercussioni individuate siano considerate in modo integrato. Questo permette il crearsi di condizioni per politiche che presentino benefici per tutti, aumentando la coerenza

del processo di definizione delle politiche e delle strategie.

Inevitabilmente si renderà necessario ricercare un compromesso tra aspetti economici, ambientali e sociali.

Infine, è essenziale procedere ad un'accurata valutazione dei costi e degli effetti delle varie soluzioni e della rispettiva ripartizione, in modo da garantire che i suddetti compromessi siano raggiunti nell'interesse della pluralità dei cittadini.

Elaborazione di una politica corretta significa anche valutare i vari strumenti disponibili per realizzare gli obiettivi prefissati.

Si tratta pertanto di mettere a disposizione dei decisori la più completa gamma di metodi di valutazione possibile, sia dei costi che degli effetti di ciascuna opzione, siano essi positivi o negativi, per stimare le azioni intraprese per il raggiungimento degli obiettivi desiderati al minor costo. Ciò non significa scegliere l'opzione più economica o l'inattività ma significa invece condurre i programmi politici in maniera efficiente ed efficace. Maggiore è l'efficacia di una politica sotto il profilo dei costi e maggiori saranno le risorse che si potranno destinare ad altre priorità. In questo modo è possibile ricavare il massimo dalle risorse disponibili, evitando gli sprechi e le inefficienze.

Le politiche di sviluppo sostenibile rappresentano un campo di intervento che si incentra su una gestione a lungo termine. Per dare concretezza alle relative iniziative in materia di sviluppo sostenibile occorre individuare obiettivi concreti raggiungibili nel lungo periodo, contribuendo inoltre alla sensibilizzazione del pubblico che supporti tali politiche.

Gli obiettivi dovrebbero concretizzarsi nell'istituzione di traguardi chiari e preferibilmente quantificabili, attraverso l'ausilio di tappe intermedie che permettano di valutare i progressi delle azioni nel corso della loro applicazione e prima della loro conclusione.

Le decisioni riguardo le politiche da intraprendere devono essere assunte attraverso un'attenta valutazione dei diversi aspetti del problema, secondo un'ottica di multidisciplinarietà.

Il processo decisionale, che nel caso specifico si riferisce alle dinamiche territoriali, si svolge attraverso scelte politiche che tracciano percorsi da seguire per il raggiungimento di determinati obiettivi piuttosto che altri.

Queste scelte determinano azioni, la cui efficacia deve essere monitorata nel tempo per stimarne la coerenza nel conseguimento delle fi-

nalità prefissate.

Il decisore per orientare e valutare le proprie azioni deve poter contare su metodi che sappiano rappresentare ed esprimere, attraverso dei dati quanto più oggettivi, la realtà delle diverse situazioni in essere ed in divenire.

I metodi più efficaci sono quelli che, fondandosi su indicatori, riescono a restituire un quadro sintetico di situazioni talvolta molto complesse, mettendo in relazione i diversi aspetti del problema da analizzare.

Esistono diverse definizioni che descrivono e distinguono gli indicatori.

*Una prima grande distinzione è tra indicatori relativi a fenomeni misurabili e indicatori relativi a fenomeni non misurabili.*⁶

I primi si riferiscono a grandezze e fenomeni fisici, come per esempio le emissioni di anidride carbonica (CO₂) o la percentuale di superficie arborata di un determinato territorio, i secondi servono a descrivere realtà per cui non esistono strumenti di misura e sono pertanto difficilmente quantificabili, come per esempio il valore paesaggistico.

Tuttavia per questi ultimi si è quasi sempre in grado di stabilire delle scale di intensità relative al fenomeno analizzato, che permettono poi di assegnare un valore specifico a secondo della variabilità del fenomeno stesso, quantificandolo e riconducendo così il tutto nel campo dell'oggettività.

La letteratura specifica fornisce una distinzione tra indicatore ed indice: l'indicatore descrive lo stato di un fenomeno ed è pertanto un parametro di riferimento, l'indice nasce a seguito dell'aggregazione e pesatura di indicatori.



Fig. 1: Piramide dell'informazione. La piramide dell'informazione mostra il rapporto esistente tra dati grezzi ed indici. In particolare, essa evidenzia come un indice non rappresenti direttamente la realtà, bensì un modello empirico, secondo uno schema teorico e concettuale di rappresentazione della realtà stessa. Esso costituisce il legame tra i dati grezzi e gli enunciati teorici.

Tratta da: D. Meucci, Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Vercelli. Rapporto Ambientale, Provincia di Vercelli, Vercelli, 2005.

Gli indicatori a loro volta si distinguono in assoluti, se esprimono in modo assoluto il valore del fenomeno da rilevare cui si riferiscono, relativi se si riferiscono a rapporti tra indicatori di tipo assoluto.

Gli indicatori relativi, evidenziando i legami e interrelazioni tra i diversi fenomeni analizzati, permettono di verificare variazioni e tendenze nel tempo rendendo gli indicatori assoluti comparabili.

Un'ulteriore distinzione degli indicatori può essere fatta tra quelli di tipo analitico e quelli di tipo sintetico. I primi, in grado di analizzare gli effetti di una singola azione, vengono utilizzati per la valutazione di politiche circoscritte; i secondi, capaci di aggregare diversi aspetti di un problema, sono utilizzati nella valutazione di sistemi di azioni.

La politica inizia con lo sviluppo di strategie, e a questo stadio, gli indicatori possono essere sviluppati per misurare il progresso verso l'incontro degli obiettivi politici con le strategie. Quando le politiche vengono implementate, gli indicatori possono essere utilizzati per monitorare il successo delle strategie. Infine, gli indicatori possono essere utilizzati nella fase di valutazione per riesaminare il successo della strategia e come le nuove politiche possano essere sviluppate e gli indicatori stessi rivisti.⁷

La scelta degli indicatori viene effettuata sulla base del problema che si ha intenzione di analizzare. Le valutazioni a riguardo della sostenibilità vanno affrontate utilizzando indicatori dalla cui analisi si possano poi calibrare i processi decisionali, con l'intento di massimizzare i benefici e minimizzare i danni.

Agli indicatori deve essere associata una soglia limite di sostenibilità. Tale soglia viene attribuita in via preliminare dal decisore politico a seconda degli obiettivi che vengono prefissati in origine.

Senza indicatori e, in particolare, senza indicatori quantitativi, la valutazione ambientale si indebolisce fino al punto di risultare inefficace, se non inutile.⁸

Gli indicatori diventano così lo strumento per valutare le prestazioni di sostenibilità delle azioni che seguono le decisioni politiche, diventando una valida guida per il corretto agire.

L'utilizzo degli indicatori può avvenire in diverse strutture di valutazione. Una di esse è la sequenza Determinanti–Pressioni–Stato–Impatto–Risposte (DPSIR).⁹

Le componenti della sequenza possono essere così descritte:

- Determinanti, costituiscono le azioni generatrici di impatti;
- Pressioni, rappresentano i fattori di impatto prodotti dai determinanti e sono costituite o da emissioni di residui o da sottrazioni di risorse;
- Stato, indica la situazione di una componente prima che vengano intraprese delle azioni che possano causare impatti sulla componente stessa;
- Impatto, corrisponde alla variazione dello stato prodotta da una pressione;
- Risposta, azione volta ad attenuare le pressioni ed a mitigare gli impatti al fine di limitare la variazione dello stato, comprendono altresì a sanare e bonificare situazioni d'insostenibilità già in essere.

Le risposte permettono di poter perseguire con maggior efficacia la sostenibilità, riconducendo gli impatti entro le soglie di ammissibilità. Infatti le azioni determinanti, soprattutto quelle di ordine economico, sono per loro intrinseca natura foriere di pressioni e impatti che determinano variazioni dello stato. Solo tenendo conto delle risposte dall'origine del processo e mettendole a sistema con le altri componenti della sequenza, possiamo essere certi di conseguire con maggiore efficacia l'obiettivo della sostenibilità.

L'opportunità di mettere a sistema le componenti della sequenza DPSIR è garantita dalla possibilità di esprimere quantitativamente le singole componenti. Il modello DPSIR può quindi essere espresso attraverso un modello matematico rispondente alla seguente funzione generale:

$$R = f(D, P, S, I)^{10}$$

che esprime il seguente concetto: il tipo e il livello di risposta che un piano o un programma devono essere in grado di dare dipende dai determinanti (D), dalle pressioni generate (P), dallo stato della componente ambientale che si sta valutando (S) e dal tipo ed intensità degli impatti (I).

Alla sequenza DPSIR è opportuno aggiungere la considerazione di due ulteriori elementi: *prestazione e traguardo*.¹¹

La prestazione valuta il rapporto costo-benefici della risposta, analizza cioè i costi economici della risposta adottata rispetto alla sua efficacia nel raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità.

È necessario cioè che sia dimostrata l'efficienza economica delle azioni a fronte di una loro efficacia nel ridurre impatti e pressioni relative; serve cioè dimostrare che i benefici conseguiti

siano superiori ai costi sostenuti per ottenerli. L'efficacia quindi si valuta stimando i miglioramenti qualitativi apportati allo stato della componente ambientale che è oggetto di impatti: ciò significa che il saldo tra effetti positivi della risposta ed effetti negativi delle pressioni sia a saldo positivo o per lo meno nullo. L'efficacia sarà perciò tanto più elevata quanto più la risposta ridurrà gli impatti negativi della pressione.

L'efficienza economica permette di tradurre in termini monetari tale miglioramento di stato della componente, esprimendola attraverso il costo della risposta attuata per conseguirla. L'efficienza sarà perciò tanto più elevata quanto più il costo della risposta sarà limitato.

Il traguardo indica invece in termini quantitativi gli obiettivi che si vogliono raggiungere e l'arco temporale in cui questo deve avvenire.

Per procedere alla valutazione bisogna saper individuare ed associare ai componenti della sequenza DPSIR le corrispettive azioni.

Identificate le forze determinanti se ne devono considerare le relative pressioni. In questo bisogna tener conto che una singola azione può generare diversi fattori di impatto, producendo quelli che la letteratura specifica definisce impatti multipli.

Devono poi essere individuate le componenti su cui le pressioni agiranno, definendone in via preliminare lo stato e le modalità secondo cui si verificheranno gli impatti. In particolare con il termine di impatto ambientale viene indicato *il cambiamento di stato di una componente ambientale (biologica o culturale) a seguito di una determinata azione*.¹² L'intensità di un impatto su di una componente sarà tanto più grande quanto più grandi saranno la sensibilità della stessa e la pressione agente.

Indicate poi le risposte si dovrà stabilire come queste interverranno nella mitigazione degli impatti, al fine di assicurare la sostenibilità delle azioni intraprese.

Significativa è la collocazione spaziale e temporale delle componenti stesse, che garantisce una maggiore efficacia alla valutazione. La collocazione spaziale permette di analizzare il grado di sensibilità alla variazione di stato al variare del campo di azione, mentre la collocazione temporale è essenziale per la fase di monitoraggio.

Ciascuna componente della sequenza DPSIR deve poter essere quantificato attraverso opportuni indicatori e messa in relazione con le altre attraverso rapporti causa-effetto o azione-reazione.

Nella valutazione dell'efficacia delle risposte intervengono indicatori di tipo ambientale, mentre per la valutazione della loro efficienza economi-

ca compaiono i relativi valori monetari.

È necessario aggiungere che vi è coincidenza tra l'indicatore utilizzato per rilevare lo stato del sistema, l'impatto derivante dalla pressione specifica, la risposta di mitigazione o compensazione e per fissare il traguardo. La definizione quindi di buoni indicatori capaci di sapersi prestare a questa esigenza, cioè di misurare qualità di stato del sistema e efficacia delle azioni di piano, diventa quindi molto importante.

La stima di tali rapporti effettuata attraverso l'analisi della variazione dei valori dei singoli indicatori nel tempo permette di fatto la valutazione in chiave sostenibile delle azioni.

Le analisi valutative devono essere condotte lungo tutto il periodo di tempo in cui si svolgono le azioni con i relativi effetti e a cui seguono le corrispondenti reazioni. Essenziale diventa quindi l'opera di monitoraggio sulla variazione dei dati su cui sono effettuate le stime di sostenibilità degli interventi.

I dati devono essere facilmente reperibili e la loro disponibilità, sotto forma di serie storiche, deve essere garantita. La validazione dei dati, su cui fondare la valutazione, deve tener conto di eventuali effetti sugli elementi oggetto di analisi prodotti da eventi ed attività che possiamo definire esterne alle dinamiche che si stanno esaminando nel caso specifico, in modo da attenuarne o meglio eliminarne l'influsso e la relativa incidenza.

I monitoraggi relativi alla sostenibilità ambientale necessitano di essere effettuati sul lungo periodo.

La stima del bilancio non può prescindere dal contemplare, tra le diverse alternative da valutare, quella che viene definita <<alternativa zero>>, quella cioè riferita al non intraprendere alcun tipo di azione. Questo perché l'impatto non si produce istantaneamente, ma ha una evoluzione propria in un determinato spazio temporale. Diventa quindi molto importante valutare l'evolversi di una realtà confrontando quanto indotto dagli effetti prodotti da una determinata azione rispetto a quello che si verificherebbe se l'azione non fosse intrapresa.

Al procedimento di valutazione delle azioni deve seguire poi una verifica imparziale delle politiche condotte, al fine verificarne la capacità di conseguire gli obiettivi fissati in origine.

Gli indicatori

Si è prima accennato al fatto che i diversi fenomeni da valutare e a cui far seguire il processo decisionale devono essere rappresentati mediante l'utilizzo di indicatori e a come possono essere distinte le diverse tipologie di indicatori.

Indipendentemente dalla loro tipologia devono però essere connotati da comuni qualità che ne garantiscano l'efficacia nell'utilizzo.

*L'indicatore può essere definito come un parametro o un valore derivato da parametri che dispensa informazioni riguardo un fenomeno.*¹³

Il parametro è una proprietà che viene misurata od osservata.

L'indicatore può essere rappresentato come una funzione del tipo $y=f(x)$, in cui le <<x>> sono le variabili monitorabili, i parametri appunto, su cui agiscono le azioni e che permettono, attraverso il calcolo delle variazioni delle <<y>> a diversi orizzonti temporali, la stima delle tendenze degli impatti che le <<y>> rappresentano. Qualora le risposte non siano in grado di agire sulle <<x>>, modificandole verso risultati positivi, si dovrà dedurre che gli effetti <<y>> degli impatti sfuggono al controllo delle azioni.

Gli indicatori devono quantificare le componenti della sequenza DPSIR per permettere il procedimento di valutazione, che si svolge attraverso opportune comparazioni. La rappresentazione dei fenomeni deve avvenire nel modo quanto più corretto, l'indicatore deve cioè quantificare al meglio il fenomeno su cui si è posta l'attenzione. L'indicatore deve essere il più sensibile possibile per meglio rilevare e segnalare le variazioni del fenomeno. L'efficienza dell'indicatore dipende essenzialmente dalla precisione e dalla rapidità con cui vengono aggiornati i dati che l'indicatore analizza. Questo procedimento può essere condotto con tanta più efficacia quanto più si fa riferimento a dati già esistenti e i cui sistemi di rilevamento siano a basso costo e di agevole gestione. Sarà infatti il costo di monitoraggio che determinerà o meno l'utilizzo di un indicatore.

*Gli indici ambientali per la pianificazione non vengono impiegati <<una tantum>>, ma devono servire per il monitoraggio dei processi di modificazione, proprio allo scopo di valutare l'efficacia delle politiche di piano: la proponibilità di un indice ambientale per la pianificazione deve essere valutata sostanzialmente sul costo del suo utilizzo in sede di monitoraggio.*¹⁴

A differenza di quanto avviene nell'ambito scientifico, in cui è possibile sperimentare indici complessi e costosi se ciò è utile alla dimostrazione di una teoria, nell'ambito delle azioni di governo dell'amministrazione pubblica il grado di raffinatezza dello strumento tecnico e dell'informazione va calibrato relativamente al fatto che esso deve saper orientare le scelte nei processi decisionali.

Un indicatore, utilizzato per la pianificazione territoriale, deve essere assolutamente collegato ad una data base georeferenziata, da cui siano automaticamente ricavabili le informazioni che

esso elabora per la restituzione delle analisi specifiche. Al fine di consentire l'azione di monitoraggio sulle azioni di piano o di programma, il data base dovrà essere aggiornato con una determinata cadenza: il principio del contenimento dei costi, nell'utilizzo dell'indicatore, va quindi esteso anche alle modalità di assunzione dei dati per l'aggiornamento del data base utilizzato, che dovrà essere il meno oneroso possibile. Dal punto di vista dei costi, la raccolta delle informazioni via satellite (remote sensing) risulta essere più conveniente rispetto al rilievo fotogrammetrico e la sua relativa fotointerpretazione. Inoltre risulta essere, in prospettiva, quella destinata ad avere uno sviluppo maggiore.

A tal proposito si può citare come esempio il Corine Land Cover¹⁵, una fonte informativa relativa però alla sola copertura del suolo, che l'Agenzia Europea per l'Ambiente mette a disposizione tramite l'European Topic Centre on Land Cover.

La pratica di tecniche di valutazione a basso costo applicativo, basate su data base uniformati e periodicamente aggiornati è alla base della possibilità di dare un sempre maggiore contenuto ambientale alla pianificazione del territorio.

L'indicatore deve restituire informazioni sintetiche riguardo ad uno specifico problema da analizzare. Le informazioni sintetiche sono restituite elaborando, proprio attraverso l'indicatore, i dati più o meno vari, relativi ad un problema complesso.

La quantità di indicatori utile per la valutazione di un'azione deve essere stimata relativamente al tipo di azione che stiamo analizzando. Il loro numero deve essere sufficiente per rappresentare al meglio il fenomeno e allo stesso tempo non deve essere eccessivo, per evitare che il procedimento di valutazione perda di efficacia trovandosi a dover elaborare dati ridondati o poco significativi.

L'indicatore deve fondarsi sulle migliori conoscenze in campo scientifico al momento della sua definizione e può essere valutato secondo i seguenti tre criteri: *rilevanza politica, efficacia e misurabilità*.¹⁶

L'indicatore può essere rappresentato come una funzione in cui le variabili corrispondono ai dati che descrivono le variazioni di una delle componenti soggette a valutazione, derivate dalle azioni che la interesseranno. A tale scopo le variabili dovranno essere definite in modo da avere una sensibilità sufficiente per rilevare le variazioni causate dalle azioni.

Gli indicatori, suddivisi per campi tematici, vengono raccolti in gruppi definiti <<core sets indicators>>, insiemi base di indicatori di sostenibi-

lità che, definiti dalle Agenzie e dalle Autorità internazionali e nazionali, dovrebbero costituire un nucleo comune a cui dovrebbero appoggiarsi tutti i soggetti che si accingono a compiere valutazioni di sostenibilità.

Gli indicatori si pongono quindi come linguaggio comune per soggetti diversi che affrontano temi analoghi; soprattutto per ciò che concerne gli aspetti della sostenibilità che rappresenta una problematica globale la cui soluzione dipende, però, dalla molteplicità degli attori locali.

Ogni indicatore serve a rappresentare le azioni determinanti e le risposte, che si concretizzano in una precisa area di ubicazione.

Intorno all'area di ubicazione vi è generalmente un ambito di irraggiamento della pressione ambientale, più o meno esteso a seconda dell'intensità della pressione e del potenziale di diffusione (della permeabilità) del contesto ambientale. *L'area di ubicazione della forza determinante di irraggiamento della pressione costituisce <<l'impronta spaziale della pressione>>: ogni indicatore di pressione ambientale ha una propria impronta spaziale, che è parte inscindibile della definizione stessa dell'indicatore*.¹⁷

L'area di ubicazione può essere di tipo puntiforme, lineare o superficiale. L'individuazione di tale ambito di irraggiamento della pressione richiede l'uso di modelli matematici di diffusione e risulta essere un'operazione abbastanza complessa.

Gli indicatori se presi in termini di valore assoluto, sono scarsamente significativi. Si deve, pertanto, procedere ad una loro normalizzazione. La normalizzazione deve avvenire rispetto ad alcuni dati di base, come per esempio la superficie comunale o la superficie urbanizzata. Questo permette di valutare comparativamente scelte diverse riferite ad una medesima localizzazione e viceversa.

La normalizzazione di un parametro trasforma l'informazione in conoscenza e consente la comparabilità delle diverse situazioni, accrescendo in tal modo la capacità di valutare.¹⁸

Gli indicatori sintetici, utilizzati nelle sequenze DPSIR, si rivelano basilari per la programmazione sostenibile delle azioni di trasformazione del territorio.

Di ogni indicatore dovrebbero essere associate e descritte le specifiche peculiarità. La Commission on Sustainable Development¹⁹ individua la possibile struttura di una scheda che espliciti tali proprietà in modo da garantire, ai diversi fruitori dell'indicatore, specifiche e puntuali informazioni relative alle sue caratteristiche. I contenuti della scheda possono essere sche-

matizzati nella seguente tabella:

SCHEDA RELATIVA ALL'INDICATORE: <i>Codice dell'indicatore</i>		
INDICATORE	Nome	Denominazione dell'indicatore
	Definizione sintetica	Descrizione sintetica riguardo le proprietà dell'indicatore e i dati che analizza
	Unità di misura	Indicazioni riguardo l'unità di misura secondo cui viene stimato l'indicatore
	Posizionamento nel set di indicatori CSD	Indicazioni riguardo il settore di applicazione dell'indicatore
	Obiettivo	Descrizioni relative alle finalità che si vogliono perseguire attraverso l'uso dell'indicatore
PERTINENZA DI LINEA CONDOTTA	Rilevanza per la sostenibilità	Indicazioni riguardo l'importanza dei dati analizzati dall'indicatore rispetto al tema della sostenibilità
	Leggi e convenzioni internazionali	Indicazioni riguardo i riferimenti normativi da cui l'indicatore prende spunto o a cui è collegato
	Obiettivi internazionali e standards raccomandati	Indicazioni riguardo quale linea di condotta proposta dalla comunità scientifica internazionale l'indicatore deve rispondere
	Collegamento ad altri indicatori	Indicazioni degli eventuali legami che l'indicatore ha con altri
	Definizioni e concetti sottesi	Descrizione delle idee che sono alla base della definizione dell'indicatore
DESCRIZIONE METODOLOGICA	Metodi di misurazione	Descrive come e quando vengono rilevati e misurati i dati che intervengono nell'indicatore
	Limiti dell'indicatore	Indicazioni riguardo eventuali limitazioni nell'utilizzo dell'indicatore
	Stato della metodologia	Descrive lo stato di avanzamento della metodologia di applicazione dell'indicatore
	Definizioni alternative dell'indicatore	Indicazioni riguardo all'esistenza di indicatori simili o che si riferiscano a fenomeni analoghi
	Dati necessari per compilare l'indicatore	Indicazioni relative ai dati necessari per il calcolo dell'indicatore
VALUTAZIONE DEI DATI	Disponibilità e fonti nazionali ed internazionali dei dati	Indicazioni relative alla disponibilità e alle fonti cui far riferimento per il reperimento dei dati
	Dati di riferimento	Indicazioni riguardo all'esistenza di dati di riferimento per l'indicatore

Fig. 2: Scheda relativa alla descrizione delle proprietà di un indicatore.

Alcuni testi²⁰ riportano la distinzione tra indicatori descrittivi, che caratterizzano la situazione ambientale attraverso grandezze assolute e relative, e indicatori prestazionali, che definiscono operativamente gli obiettivi specifici e le operazioni di monitoraggio. Mentre gli indicatori descrittivi sono facilmente reperibili nei <<core sets indicators>> costruiti dalle varie agenzie internazionali, gli indicatori prestazionali devono essere specificatamente elaborati per misurare gli effetti ambientali delle azioni generate da quel piano particolare che si sta analizzando. Questo perché, generalmente, gli indicatori descrittivi non sono sufficientemente sensibili per registrare le variazioni di stato di una componente dovuta ad azioni di piano; ciò comporta che per ogni piano, caratterizzato da proprie azioni specifiche, debba essere costruito un appropriato insieme di indicatori prestazionali che ne valuti efficacemente gli effetti.

Le due differenti tipologie di indicatori possono essere monitorate da soggetti anche differenti. Il monitoraggio, attuato attraverso indicatori de-

scrittivi, può essere condotto da soggetti istituzionali che potrebbero, successivamente, utilizzare gli stessi dati in altri tipi di procedure; il monitoraggio, attuato invece tramite indicatori prestazionali, può essere affidato all'autorità che attua il piano specifico.

Riassumendo le proprietà generali di un indicatore potrebbero essere così espresse:

- **Attinenza:** pertinenza dell'indicatore all'analisi delle tematiche proposte;
- **Significatività:** capacità di rappresentare le tematiche nella misura più chiara ed efficace;
- **Popolabilità:** disponibilità di dati per il calcolo dell'indicatore;
- **Aggiornabilità:** possibilità di reperire dati disponibili utili all'indicatori in maniera rapida, costante, precisa e frequente;
- **Economia del rapporto costo-benefici:** possibilità di reperimento dei dati utili a costi contenuti;
- **Massimizzazione del livello di dettaglio significativo:** possibilità di rappresentazione attraverso georeferenziazione;
- **Comunicabilità:** comprensibilità da parte di tutti i soggetti, tecnici e non, attraverso comuni strumenti di informazione;
- **Sensitività alle azioni di piano:** registrare le variazioni di stato delle componenti ambientali;
- **Tempo di risposta sufficientemente breve:** restituzione in tempi accettabili delle variazioni prodotte dalle azioni di piano;
- **Impronta spaziale:** rappresentazione nello spazio delle dinamiche cui si riferisce.

Gli indicatori identificati necessari per il monitoraggio, dovrebbero essere accompagnati da un data base contenente le informazioni necessarie per il loro calcolo. I dati così raccolti dovrebbero essere georeferiti e appoggiarsi al Sistema Informativo Territoriale (SIT)²¹, amministrato dall'autorità responsabile dell'attuazione del piano cui gli indicatori fanno riferimento.

La più consolidata classificazione²² in uso nel campo della valutazione ambientale fa riferimento alla metodologia legata alla catena DPSIR, comprendendo indicatori di tipo descrittivo, di prestazione, di efficienza e di benessere totale.

Sotto l'aspetto della funzione si distinguono:

- indicatori di determinanti (cioè delle attività antropiche che hanno conseguenze ambientali: produzione industriale, agricoltura, energia, ecc.);
- indicatori di pressione (relativi al rilascio nell'ambiente e all'utilizzo delle risorse);
- indicatori di stato (relativi alla quantità e qualità delle risorse in termini fisici, biologici e

chimici);

- indicatori di impatto (che descrivono gli effetti dei cambiamenti intervenuti sulla disponibilità, sulla qualità e sulla salute delle risorse ambientali e umane),
- indicatori di risposta (relativi alle risposte e agli interventi, da soggetti pubblici e privati, per migliorare l'ambiente o ridurre gli impatti).

Dal punto di vista della tipologia gli indicatori si distinguono in:

- indicatori descrittivi, sono i tipici indicatori di base per la caratterizzazione della situazione ambientale;
- indicatori prestazionali, che misurano la distanza della situazione attuale rispetto agli obiettivi;
- indicatori di efficienza, che misurano l'efficienza di uso delle risorse;
- indicatori di benessere globale, costituiti da indicatori altamente aggregati di sostenibilità globale come l'impronta ecologica o l'Isew (Index of Sustainable Economic Welfare).

Finalità ed operatività dello strumento di valutazione

L'idea di definire uno strumento per la valutazione delle scelte operative, attuabili per l'insediamento di strutture produttive, è nata dalla volontà di poter fornire a progettisti, pianificatori e decisori politici, un'applicazione che potesse esprimere in modo univoco ed oggettivo il grado di sostenibilità territoriale di tali interventi.

All'interno di un territorio gli effetti prodotti dalle infrastrutture industriali, proporzionalmente e non indipendentemente dalle loro dimensioni, sono notevolmente significativi e rappresentano una delle principali fonti generatrice di pressioni di vario genere. Tra i diversi impatti generati si trovano effetti sia di tipo diretto, come per esempio il consumo di suolo, che indiretto, come per esempio l'aumento di traffico indotto sul contesto viabilistico.

L'eterogeneità degli effetti prodotti dalla presenza di impianti produttivi sul territorio impone, quindi, che questi possano essere messi a sistema, in modo che la complessità dell'insieme di impatti possa essere valutata attraverso una visione complessiva del problema.

Lo strumento progettato si propone la valutazione di tutte quelle ripercussioni che possono ricadere sul territorio conseguentemente all'insediamento di nuove strutture produttive. Serve quindi ad analizzare il rapporto di eventuali nuove realtà industriali e/o artigianali con il contesto, analizzato secondo quelle che sono le peculiarità del territorio, quindi con le tematiche

relative all'utilizzo del suolo, al sistema della mobilità, ecc.. Tali tematiche rappresentano i campi in cui è possibile ricondurre le principali componenti ricettrici degli impatti prodotti dall'infrastrutturazione industriale.

Il territorio, costituito dalla complessità delle sue diverse componenti (ambientali, storiche, architettoniche o culturali, ecc.), rappresenta una risorsa che va tutelata, ove d'obbligo, e gestita con coscienziosa prudenza, ove non sussistano i termini per l'imposizione di rigidi vincoli. La possibilità di poter valutare, attraverso un opportuno strumento, gli effetti e le ripercussioni prodotte su di un bene così prezioso, quale il territorio è, si pone come un più che valido ausilio alle scelte operative, secondo la logica della sostenibilità.

I diversi effetti, prodotti dall'insediamento di nuove strutture industriali all'interno di un determinato territorio, devono poter essere valutati in sede progettuale, per verificarne la compatibilità con gli obiettivi di sostenibilità ambientale che si vogliono perseguire. Tali obiettivi devono essere stabiliti come linee base, secondo cui orientare scelte strategiche ed azioni concrete di sviluppo. Nel caso specifico, le scelte adottate per lo sviluppo industriale di una determinata area, dovrebbero orientarsi ed adeguarsi a logiche atte a conseguire la sostenibilità territoriale. Non sempre, infatti, queste ultime vengono anteposte al profitto e alla convenienza economica e quindi, nella maggior parte dei casi, i benefici di determinate azioni ricadono unicamente su settori ristretti della popolazione, lasciando alla restante parte gli effetti delle negatività prodotte. Tra i concetti sottesi alla sostenibilità, vi è però quello dell'equità: principio per cui effetti negativi e positivi, derivanti da determinate azioni, debbano ricadere secondo regole di ampia condivisione nel tempo e nello spazio sulle comunità, evitando per quanto possibile disparità di condizioni.

Il punto di partenza sta proprio nella volontà da parte di un'amministrazione pubblica di definire a priori quali siano gli orientamenti di sostegno alla natura, all'ambiente e al territorio che essa vuole perseguire attraverso le proprie politiche. È proprio la determinazione delle finalità che si vogliono perseguire che condiziona l'attuazione delle azioni e determina la misura secondo cui esse debbono essere valutate.

Il decisore politico può e deve indirizzare le proprie scelte verso l'attuazione di azioni ambientalmente e territorialmente sostenibili.

Lo strumento di valutazione è quindi strutturato tenendo conto di quanto sopra espresso, cioè esso permette alle stime di sostenibilità di esse-

re attuate in funzione degli obiettivi, che le amministrazioni possono porsi, in funzione dei diversi contesti operativi.

È stata fatta questa scelta poiché ci si è posti come uno degli obiettivi la flessibilità operativa dello strumento, in modo che potesse essere applicato in maniera funzionale alle diverse realtà in cui ci si fosse trovati ad agire.

Non esistono, infatti, norme cogenti riguardo la sostenibilità ambientale e territoriale che possano essere applicate, quale misura di riferimento alla valutazione della sostenibilità delle azioni di realizzazione di infrastrutture produttive in un territorio.

Anzi, in funzione delle politiche di partecipazione e condivisione delle scelte e degli orientamenti, ogni comunità è chiamata a decidere riguardo ai traguardi da raggiungere in campo ambientale attraverso azioni sostenibili.

Lo strumento quindi prevede che si debbano fissare a priori dei termini di comparazione con cui confrontare le azioni da intraprendere; tali valori esplicitano e concretizzano gli obiettivi di sostenibilità che le politiche vogliono conseguire e si pongono quali termini di riferimento secondo cui valutare i risultati prodotti dalle azioni di insediamento di strutture produttive.

Inoltre, avendo ipotizzato di poter permettere l'utilizzo dello strumento in contesti territoriali differenti, la flessibilità ne caratterizza un punto di forza.

L'applicazione dello strumento presuppone che i parametri di valutazione siano scelti anteriormente all'elaborazione di qualsiasi progetto di pianificazione che riguardi comparti produttivi e che, quindi, le scelte progettuali e localizzative vengano operate confrontando i valori ottenuti dalla valutazione dei progetti con i termini di confronto fissati precedentemente, in funzione, come già ampiamente descritto di obiettivi di sostenibilità che gli operatori inderogabilmente si pongono all'origine dell'intero processo di pianificazione.

La valutazione ambientale e territoriale della sostenibilità delle scelte, nel caso specifico di infrastrutturazione industriale del territorio, deve essere un processo integrato alle dinamiche progettuali, in modo da poter garantire l'adozione di scelte sostenibili contestualmente alle fasi di sviluppo del progetto.

Ciò è consentito dal fatto di conoscere, anteriormente all'adozione di qualsiasi scelta progettuale, sia del metodo di valutazione con cui le azioni saranno analizzate che gli ambiti entro cui gli effetti delle azioni dovranno ricadere. Conoscendo cioè gli obiettivi da raggiungere, in termini di sostenibilità, e le modalità di valutazione, già in sede di progetto possono essere stimati interventi che soddisfino e rispettino i limiti di sostenibilità delle azioni, imposti dalle

scelte politiche.

Un siffatto modo di procedere si pone anche a garanzia dell'oggettività dei risultati, eliminando quei margini di discrezionalità in fase di valutazione.

Lo strumento, analizzando le scelte progettuali (localizzazione, prossimità con elementi sensibili, misure di compensazione e interventi di mitigazione adottati, ecc.), restituisce un giudizio riguardo al grado di corrispondenza degli effetti prodotti dal progetto rispetto agli obiettivi di sostenibilità prefissati, cioè permette di stimare se gli impatti prodotti dalle azioni definite in sede progettuale ricadano nel campo dell'ammissibilità secondo i criteri di sostenibilità imposti. Esso, quindi, permette di guidare le decisioni verso l'adozione delle soluzioni che meglio risponderanno alle finalità presupposte. Inoltre, consente di confrontare diverse soluzioni progettuali, sia per la diversità della localizzazione che per le scelte tecniche, per esempio, permettendo di decidere per l'attuazione di quella che, secondo criteri oggettivi ed univoci, sia foriera delle minori pressioni sul contesto ambientale e territoriale.

Il giudizio, riguardo il grado di sostenibilità degli interventi, è preso valutando le modificazioni cui il territorio andrebbe incontro conseguentemente ad interventi di infrastrutturazione di tipo industriale e si esprime analizzando se tali modifiche siano o meno accettabili nel rispetto degli obiettivi minimi imposti riguardo la sostenibilità territoriale.

Le modifiche sono espresse tramite la variazione di parametri numerici che servono a quantificare lo stato ed i cambiamenti cui la componente ambientale di riferimento va incontro, a seguito degli interventi di collocazione di aree produttive. Le modifiche espresse da tali valori sono tradotte in un punteggio in grado di evidenziare in modo confrontabile l'intensità di variazioni che si riferiscono a componenti differenti e che utilizzano quindi dati differenti. Infatti, nella logica sistemica secondo cui opera lo strumento, non sarebbe possibile approdare ad un valore di giudizio univoco se si confrontassero variazioni numeriche assolute che si riferiscono ad aspetti differenti del territorio e che quindi utilizzano dati o combinazioni non confrontabili.

La traduzione dei valori assoluti delle variazioni di ogni aspetto analizzato, in un ulteriore valore di una scala che esprime il grado di sostenibilità dell'intervento su quella specifica componente, consente, iterando tale procedimento per ogni valenza territoriale analizzata, di approdare ad un insieme di valori che, esprimendo il grado di sostenibilità delle azioni sulle diverse compo-

nenti, possono essere confrontati per esprimere il grado di sostenibilità complessivo del progetto.

Traducendo in un punteggio i valori, ottenuti per le trasformazioni di aspetti differenti del territorio, è possibile arrivare ad un dato confrontabile per le diverse componenti, poiché non direttamente dipendente dai dati di partenza, secondo cui sono valutati gli impatti su ogni singola componente. Tale valore esprime il grado di sostenibilità degli effetti prodotti sulla componente ambientale specificatamente analizzata, in relazione agli obiettivi minimi imposti antecedentemente all'attivazione del processo di valutazione. Successivamente, quindi, i gradi di sostenibilità, degli effetti di trasformazione delle diverse componenti territoriali, sono messi a sistema per restituire un giudizio complessivo della totalità dell'intervento sul territorio.

Questo giudizio, per quanto sopra descritto, non è di tipo assoluto; esso esprime la sostenibilità delle azioni di ubicazione di strutture produttive, in un determinato contesto territoriale, relativamente agli obiettivi di sostenibilità che gli operatori di quell'area si sono prefissati di raggiungere, per la tutela e la valorizzazione ambientale di quel contesto specifico.

I giudizi vengono espressi tramite la valutazione delle indicazioni fornite da opportuni indicatori che elaborano i dati territoriali, permettendo di leggere e comprendere le dinamiche territoriali in modo significativo. Gli indicatori elaborano i dati relativi al territorio forniti da opportuni sistemi informativi.

Gli indicatori definiti sono stati costruiti tenendo conto della significatività e dell'affidabilità che erano in grado di esprimere. Nella realizzazione degli indicatori si è anche tenuto conto dei dati territoriali che essi avrebbero dovuto utilizzare. Un indicatore, infatti, perde di significatività ed efficacia, quando si trova a dover operare con dati non attendibili o difficilmente recuperabili. Pertanto un ulteriore determinante nella scelta delle definizioni degli indicatori, è stata l'effettiva disponibilità e validità dei dati che essi sarebbero stati chiamati ad utilizzare.

Le stime riguardo le variazioni delle componenti territoriali, sensibili agli impatti prodotti dall'inserimento di strutture produttive nel territorio, sono quindi possibili ed oggettivamente valide solo se vengono analizzate le variazioni di specifiche e determinate proprietà del territorio stesso.

Tali proprietà sono espresse da opportuni indicatori, che devono poter contare sull'esistenza di dati utilizzabili per la definizione dello stato del territorio, delle sue eventuali trasformazioni e che siano oggettivi e verificati.

Per questo motivo i dati da utilizzare vengono derivati dagli strumenti di pianificazione a livello provinciale e comunale cogenti: PTCP e PGT o PRG.

Riferirsi a tali strumenti, permette di avere a disposizione dati definiti ed attendibili da utilizzare nell'applicazione studiata. Inoltre, i dettagli di scala garantiti da questi livelli di mappatura e pianificazione, garantiscono il grado ottimale di precisione e puntualità dei dati da utilizzare nello strumento.

Essi, infatti, esprimono con sufficiente precisione i vincoli di diverso genere che regolano la tutela del territorio e gli indirizzi delle strategie di sviluppo dello stesso.

Inoltre, le caratteristiche specifiche di questi piani territoriali, permettono di poter contare su un aggiornamento dei loro contenuti ad orizzonti temporali pressoché definiti, garantendo un supporto anche alle successive fasi di monitoraggio.

Il monitoraggio può essere definito come quell'attività che permette di osservare lo sviluppo dell'entità dei parametri di riferimento nel tempo e nello spazio.

Si può, infatti, presupporre che alcuni interventi possano essere distribuiti su di un arco temporale più o meno lungo, distribuendo in modo eterogeneo gli effetti, siano essi positivi o negativi. Questa eventualità è presa in considerazione dalla metodologia operativa dello strumento, che consente di attuare valutazioni con un sistema coerente e uniforme, a diversi orizzonti temporali, secondo le disposizioni riguardo le tempistiche di applicazione dettate dal piano di infrastrutturazione industriale.

Le valutazioni possono cioè essere eseguite fornendo stime sull'evoluzione delle trasformazioni territoriali, secondo le diverse dinamiche di attuazione del progetto.

Si può infatti pensare che già in fase progettuale, per esempio, si possa stimare che alcuni interventi di compensazione o di mitigazione degli impatti possano essere assunti solo successivamente, al completamento del comparto produttivo di cui si stanno valutando gli effetti. Così, una realtà che in un primo tempo potrebbe essere stimata quale non rispondente ai prefissati criteri di sostenibilità territoriale, potrebbe successivamente rientrare entro i parametri stabiliti.

La volontà ultima delle azioni operative sta quindi al decisore, cui è demandato il compito di assumere una posizione specifica, riguardo alle attività da intraprendere in relazione ai risultati ottenuti dal processo di valutazione. Egli è in grado di esprimere un giudizio di merito sulle tipologie e le tempistiche di intervento, in funzione di un'analisi oggettiva degli effetti prodotti

dal progetto. La decisione può condurre all'applicazione del progetto così come presentato o ad una sua parziale o totale revisione. Se la valutazione, come ci si auspica, viene utilizzata a supporto del processo progettuale, l'ultima opzione dovrebbe rivelarsi assai remota.

Vale la pena ribadire che gli obiettivi e le finalità di sostenibilità territoriale degli interventi, che esprimono la misura secondo cui vengono tesute le valutazioni e viene espresso il giudizio, vengono poste prima di ogni successiva valutazione degli interventi e si conservano immutate, durante tutto il processo di analisi e verifica nella totalità dell'arco temporale di attuazione del piano di intervento specifico, pena la nullità e l'inefficacia dell'intero processo di valutazione.

Alcune delle riflessioni per l'approntamento dello strumento di valutazione territoriale, si sono sviluppate nel tentativo di dar corso alle linee guida seguenti:

- Concentrazione ed integrazione delle attività produttive in aree ecologicamente attrezzate;
- Verifica degli effetti diretti ed indiretti sul paesaggio ai fini del corretto inserimento paesistico e ambientale degli interventi;
- Circostrizione degli insediamenti di frangia e limitazione della presenza delle attività produttive nell'ambito degli insediamenti residenziali;
- Riqualificazione e recupero infrastrutturale e dei servizi delle aree produttive esistenti;
- Compattamento morfologico orientato a preservare ampi spazi pertinenziali per verde di mitigazione, parcheggi ed altre opportunità di fruizione.
- Privilegio ad interventi di riqualificazione e riuso di aree già urbanizzate e dismesse con finalità produttive;
- Assenza di vincoli paesistici, ambientali, idrogeologici, monumentali e architettonici;
- Localizzazione in ambiti già destinati a completamenti dell'urbanizzato;
- Esistenza e previsione di condizioni di mobilità efficienti, con particolare riferimento ai servizi di raccordo ferroviari, alle infrastrutture per la movimentazione e la logistica delle merci connesse al ferro, alla intermodalità delle connessioni ed ai sistemi di trasporto pubblico per gli addetti;
- Esistenza e previsione di dotazioni di infrastrutture tecnologiche a supporto degli insediamenti e ai fini di un corretto bilancio ambientale;
- Presenza di un contesto economico caratterizzato da dinamiche di crescita, ovvero di riconversione ed integrazione.

Funzionalità e struttura dello strumento

Nella definizione dello strumento di valutazione territoriale per la stima dell'opportunità di ubicazione, in chiave sostenibile, di strutture produttive, si è partiti con lo stabilire quale metodo adottare, per stimare gli effetti prodotti sul territorio dalle azioni di insediamento di tali infrastrutture.

La modalità scelta è quella di applicare al sistema di valutazione la catena Determinanti – Pressioni – Stato – Impatti – Risposte (DPSIR)²³.

La scelta è stata determinata dal fatto che questo metodo, utilizzato nelle valutazioni ambientali, offre ampie garanzie di accuratezza e precisione nella conduzione delle valutazioni e nella validazione delle risultanze ottenibili. Lo schema operativo, fornito dalla catena DPSIR, inquadra in modo sintetico ed efficace le dinamiche che sono alla base delle trasformazioni territoriali, esprimendo, secondo un rapporto di tipo causa-effetto, il legame esistente tra le spinte che attivano le azioni di modificazione e gli impatti prodotti. La catena permette di valutare, secondo un percorso logico, i rapporti ed i legami esistenti tra stato del sistema territorio, pressioni a cui esso è sottoposto, impatti generati dalle pressioni, integrandoli con gli interventi per la loro mitigazione e compensazione.

Tale percorso si concretizza in un bilancio ottenibile dal raffronto degli elementi componenti la catena DPSIR, attraverso il quale è possibile stabilire la sostenibilità degli interventi che si intendono attuare con l'applicazione del progetto valutato.

Si sono individuati i <<Determinanti>> nelle spinte socio-economiche che promuovono lo sviluppo del territorio e la sua trasformazione, in funzione dell'insediamento di nuove strutture produttive. Lo sviluppo, teso a promuovere le attività economiche in un determinato contesto territoriale, deve essere considerato un fattore positivo, senza ombra di dubbio. Le negatività insorgono quando questi processi sono deregolamentati e si manifestano senza che vi sia una guida che li sappia orientare nella giusta direzione. Nel caso specifico, lo sviluppo industriale o artigianale di un territorio è un vantaggio per la popolazione che in questo territorio risiede, qualora le scelte non compromettano o incidano in maniera irreparabile sulle componenti ambientali di quel territorio. Si è visto come la salute di ambiente e territorio contribuiscano in maniera determinante alle condizioni di vita ed abitabilità della cittadinanza nel territorio stesso. Lo sviluppo, quindi, deve essere incanalato secondo le logiche della sostenibilità ambientale e territoriale, in modo che l'ambiente e il territorio

continuino a mantenere quelle qualità che consentono le migliori condizioni di vita per la popolazione residente. Un'azione diretta sui <<Determinanti>> dello sviluppo, mirata cioè a frenarne le spinte, risulta poco praticabile, in quanto le dinamiche sociali ed economiche sono il motore delle attività umane. Un'attenta gestione delle azioni, volta a limitare gli impatti generati dalle pressioni, permette, però, di regolare le trasformazioni del territorio limitandone gli effetti negativi.

Le <<Pressioni>> sono rappresentate da tutte quelle azioni conseguenti allo sviluppo di aree industriali che ricadono sul territorio stesso. Sono cioè rappresentate da tutte quelle trasformazioni che inducono mutamenti su ambiente e territorio, a seguito dell'applicazione di determinate strategie di sviluppo. Le <<Pressioni>> si esercitano sul contesto interessando le sue diverse componenti: sociale, economica ed ambientale. Lo strumento di valutazione affronta le pressioni cui è soggetto il territorio a fronte dell'insediamento di strutture produttive.

Lo strumento realizzato si pone come fine la valutazione del grado di sostenibilità delle variazioni indotte dalle <<Pressioni>> sulle componenti ambientali, con particolare riferimento agli effetti territoriali.

Nella definizione della struttura di funzionamento dello strumento si è proceduto, quindi, all'individuazione di tre campi di pressione specifici, in cui riassumere la differente tipologia degli effetti prodotti dalle azioni di infrastrutturazione industriale del territorio. Tali campi sono stati così individuati:

- Uso del territorio;
- Interferenza con il contesto;
- Infrastrutture e logistica.

L'analisi dell'<<Uso del territorio>> considera tutti quegli effetti che comprendono l'utilizzo di tale risorsa dal punto di vista quantitativo e qualitativo.

Pertanto viene valutata, sotto i diversi aspetti, l'incidenza dell'utilizzo del suolo per l'insediamento di strutture produttive, in relazione all'eventuale decremento di valenze e specificità territoriali di pregio. Vengono altresì considerate quelle iniziative che, dal punto di vista progettuale, possono essere definite <<virtuose>>, quelle cioè che integrano i nuovi progetti di infrastrutturazione industriale, con interventi di bonifica di siti contaminati o di recupero edilizio, contestuale alle aree produttive di impianti dismessi.

All'<<Uso del territorio>> si riferiscono quindi valutazioni riconducibili a quegli effetti che incidono sulla destinazione d'uso dei suoli, al loro

depauperamento e al generale utilizzo di una risorsa non rinnovabile quale esso rappresenta.

Lo studio dell'<<Interferenza con il contesto>> analizza quegli effetti prodotti dalla fisicità specifica dei fabbricati adibiti a funzioni produttive. Vengono pertanto stimate in che misura le dimensioni degli edifici e delle relative componenti tecnologiche interferiscano con il contesto ed il paesaggio, in maggior grado ove sussista la presenza di beni ambientali od architettonici.

Le strutture per attività produttive producono impatti negativi, non solo dal punto di vista percettivo, ma anche attraverso la produzione di vari tipi di inquinamento atmosferico ed acustico, congestionamento del traffico causato da mezzi di trasporto pesante, ecc.. Deve pertanto essere stimata la contiguità o la vicinanza delle aree produttive con zone residenziali, per l'evidente ricaduta di impatti negativi sulla popolazione, e con zone naturalistiche di pregio al fine di tutelare maggiormente la flora e la fauna ivi presenti.

L'<<Interferenza con il contesto>> viene stimata in funzione delle emergenze dei volumi dei fabbricati industriali e della loro distanza dagli elementi sensibili: zone residenziali o beni ambientali e architettonici di pregio.

L'analisi di <<Infrastruttura e logistica>> permette di stimare un ulteriore aspetto dell'opportunità localizzativa, secondo la logica della sostenibilità territoriale. Un comparto produttivo, infatti, è tanto più vitale quanto più si trova inserito in una rete infrastrutturale di comunicazione ed interscambio efficiente, che consenta una rapida diffusione e commercializzazione di merci e prodotti. La collocazione di un distretto industriale in aree lontane dai grandi nodi di comunicazione, o disagiata da raggiungere, può determinarne la scarsa competitività e la conseguente mancata attivazione. Il rischio è quello di utilizzare una risorsa non rinnovabile, il territorio appunto, per insediare delle attività che potrebbero rimanere inesprese, determinando quindi un uso irrazionale di tale risorsa che produrrebbe unicamente impatti negativi, senza alcun ritorno nemmeno sotto il profilo economico. Secondo questa ottica diventa quindi essenziale valutare la collocazione delle aree produttive in funzione della loro distanza dalla viabilità primaria e dalle strutture di interscambio modale per il trasporto delle merci.

Il fattore distanza non è l'unico di cui dover tener conto: deve essere altresì stimata la capacità di carico della viabilità che verrà interessata dai traffici indotti dalle nuove strutture produttive. Pensare cioè di convogliare nuovo traffico, peraltro pesante, su arterie stradali degradate,

senza adottare contestualmente interventi di riqualificazione delle stesse diventa una decisione non sostenibile e conseguentemente impraticabile.

Per ogni campo di pressione vengono individuati degli indicatori in grado di stimare gli effetti delle azioni di insediamento di comparti produttivi sul territorio: dodici per il primo e per il secondo campo e sei per il terzo, per un totale di trenta indicatori. Gli indicatori sono stati definiti in funzione delle componenti che si è stimato fossero soggette a pressioni da parte delle azioni di insediamento di strutture industriali. Inoltre sono stati realizzati in modo da poter utilizzare i dati territoriali desumibili dal PTCP ed dai PRG o PGT. La tipologia dei dati utilizzabili ha influenzato la definizione degli indicatori, almeno quanto le osservazioni riguardo le componenti sensibili alle trasformazioni territoriali.

Ogni indicatore si suddivide, a sua volta, in tre sotto-indicatori, che quantificano:

- lo stato della risorsa al tempo zero;
- la pressione e il relativo impatto determinato dal nuovo progetto;
- le risposte che vengono date per attenuare gli impatti, contestualmente all'attuazione del progetto.

Lo <<Stato della risorsa al tempo zero>> indica le qualità e le quantità della determinata componente territoriale prima dell'attuazione del progetto e quantifica quella particolare specificità territoriale presa in esame allo stato di fatto, prima che ogni azione venga intrapresa.

La <<Pressione e il relativo impatto>> quantifica gli effetti negativi prodotti sulla componente territoriale dalle azioni che la fase progettuale individua da intraprendersi.

Le <<Risposte>> quantificano gli interventi di mitigazione, compensazione o miglioramento del contesto ambientale in genere, che vengono adottati al fine di attenuare gli impatti negativi prodotti dagli interventi di progetto.

Gli interventi di mitigazione sono rappresentati da quelle azioni che servono ad isolare la fonte generatrice di impatto per attenuarne gli effetti sulla componente sensibile (esistenza di cortine alberate, aumento della distanza tra sorgente e ricettore di impatto, ecc.); sono interventi di compensazione quelle azioni volte ad integrare la perdita o la diminuzione, dovuta agli interventi di progetto, di una componente ritenuta importante ai fini territoriali (ampliamento di un'area protetta, interventi di rimboschimento, ecc.).

Il funzionamento di ogni indicatore, avviene attraverso l'utilizzo di formule opportunamente definite, che quantificano l'entità dei sotto-indicatori che lo compongono. La numerosità degli indicatori individuati, ci ha orientato verso la determinazione di formule non eccessivamente complesse, al fine di garantire la facilità e l'immediatezza nell'utilizzo dello strumento, senza che queste ne potessero però compromettere l'efficacia. Individuata la componente da analizzare, sono stati scelti i dati più rappresentativi che potessero esprimere le proprietà di tale componente e potessero monitorarne l'evoluzione in relazione agli impatti di cui questa è oggetto a causa delle azioni di progetto. Tali dati sono stati opportunamente relazionati all'interno delle formule che permettono i calcoli di sotto-indicatori ed indicatori.

La maggior parte dei sotto-indicatori componenti gli indicatori relativi al campo di pressione <<Uso del territorio>> (l'eccezione vale per gli indicatori UT4, UT7 e UT12), sono normalizzati rispetto ad una dimensione territoriale definita: la <<Superficie comunale>>. Questo permette di rapportare gli interventi alla realtà territoriale cui si fa riferimento, relazionandoli con l'estensione superficiale del comune analizzato. Inoltre, vengono rese possibili stime di opportunità di intervento, anche in relazione alle capacità di assorbimento degli impatti da parte di uno specifico territorio comunale, permettendo altresì di raffrontare le scelte di sostenibilità di ubicazione di progetti simili, in contesti territoriali differenti.

I restanti indicatori relativi ai campi di pressione <<Interferenza con il contesto>> e <<Infrastruttura e logistica>> e le eccezioni tra gli indicatori del campo di pressione <<Uso del territorio>> esprimono valutazioni in termini assoluti, perché le analisi derivate offrono la loro significatività indipendentemente dalla normalizzazione. Si potrebbe citare come esempio la pressione determinata in funzione della distanza di strutture produttive da contesti ambientali di pregio: essa è unicamente determinata dalla distanza stessa ed eventualmente da interventi di mitigazione frapposti tra sorgente e componente ricevente l'impatto e non certo dalle dimensioni del territorio comunale.

La valutazione, in merito alla sostenibilità territoriale degli effetti prodotti dalle azioni di progetto, si consegue attraverso l'effettuazione di un bilancio tra i valori ricavati per i sotto-indicatori, riferiti ad ogni singolo aspetto individuato. Per ogni specificità territoriale definita, viene effettuata una stima tra lo stato del sistema al tempo zero, gli impatti prodotti dal progetto e le contromisure adottate per contrastare gli effetti negativi attraverso le eventuali risposte messe in

campo. È proprio tramite il bilancio effettuato tra i tre sotto-indicatori che si restituisce un valore, in base al quale è possibile stimare la sostenibilità delle azioni che si vogliono intraprendere.

Il bilancio viene effettuato attraverso due modalità differenti, a seconda della tipologia dell'indicatore. Si è precedentemente descritto, come alcuni indicatori siano normalizzati rispetto alla <<Superficie comunale>> ed altri riportino delle proprietà territoriali espresse in termini assoluti.

Degli indicatori normalizzati, alcuni esprimono lo stato di una componente ambientale di pregio (l'indicatore UT2 analizza, per esempio, il decremento di superficie agro-silvo-pastorale), altri la consistenza di una negatività già esistente sul territorio (l'indicatore UT9 analizza, per esempio, l'incidenza delle aree dismesse).

Nel primo caso, il bilancio viene effettuato sottraendo al valore del sotto-indicatore di stato il valore del sotto-indicatore di pressione, a cui poi viene sommato il valore del sotto-indicatore di risposta.

Nel secondo caso, il bilancio viene effettuato sommando al valore del sotto-indicatore di stato, il valore del sotto-indicatore di pressione a cui poi viene sottratto il valore del sotto-indicatore di risposta.

Le ragioni di questo modo di operare sono evidenti: nel primo caso l'indicatore prende in esame lo stato di una valenza ambientale cui la pressione sottrae del valore che deve essere reintegrato attraverso risposte opportune, nel secondo caso l'indicatore analizza lo stato di una problematica ambientale esistente che le pressioni possono incrementare e le risposte devono attenuare.

Il bilancio dei sotto-indicatori espressi in termini assoluti avviene attraverso un confronto diretto tra stato della componente al tempo zero e gli effetti prodotti dalle pressioni e dalle risposte.

Si è analizzato, nel paragrafo precedente, come il valore espresso dai singoli bilanci, necessitasse di una traduzione in un punteggio sintetico, in grado di restituire in maniera chiara ed evidente, il grado di sostenibilità delle azioni da intraprendere e di come poi i singoli punteggi così ottenuti, sarebbero potuti essere ricondotti ad un punteggio che esprimesse la sostenibilità complessiva del progetto.

I singoli valori ricavati dai bilanci, vengono quindi confrontati con un <<Valore di riferimento per l'attribuzione del punteggio>> che è specifico per ogni indicatore ed è definito a priori. Tale valore esprime il grado minimo di sostenibilità entro cui devono essere ricondotte le azioni ed è frutto delle decisioni riguardo gli obiettivi minimi di sostenibilità territoriale che le singole amministrazioni si pongono.

Qualora vi sia corrispondenza totale, tra il dato espresso dal bilancio ed il <<Valore di riferimento per l'attribuzione del punteggio>> il punteggio assegnato è pari a zero; se, invece, dal bilancio emerge un miglioramento rispetto a quanto previsto, il punteggio assegnato è pari ad uno. Diversamente, se attraverso le azioni dell'intervento non vengono raggiunte le indicazioni di sostenibilità predefinite, il punteggio assegnato sarà pari a meno uno.

I punteggi ricavati per ogni indicatore vengono sommati e restituiscono un punteggio globale dell'intervento, che serve a stimare il grado di corrispondenza delle azioni intraprese, rispetto agli obiettivi di sostenibilità prefissati, secondo una scala di valutazione che va dal valore trenta al valore meno trenta.

Il <<Valore di riferimento per l'attribuzione del punteggio>> rappresenta una soglia minima di sostenibilità, che va definita prima di iniziare il procedimento di valutazione. Tale soglia minima viene stimata in funzione delle politiche ambientali, che coloro i quali attuano la valutazione si prefiggono come mete da raggiungere. Esso rappresenta, per ogni indicatore, il grado di sostenibilità accettabile per i valori espressi dall'indicatore stesso. Tale soglia non può essere mutata nel corso della valutazione e deve rimanere costante fino all'esaurimento di tutte le azioni previste dal progetto, fino cioè alla sua definitiva attuazione.

Il <<Valore di riferimento per l'attribuzione del punteggio>> viene calcolato moltiplicando un opportuno coefficiente per il sotto-indicatore dello stato di fatto. La sostenibilità delle azioni viene stimata in funzione dello stato dell'ambiente e del territorio prima dell'attuazione del progetto. Dovendo scegliere un parametro di riferimento per stabilire cosa sia o non sia sostenibile, si è scelto di riferirsi allo stato di fatto del contesto. Le direzioni, quindi, verso cui tendere con le azioni di progetto, vengono indicate dalle modalità secondo cui vuole essere modificato lo stato del territorio, così come esso risulta essere al tempo zero. È proprio questo possibile grado di trasformazione che viene indicato attraverso l'uso del coefficiente moltiplicato per il sotto-indicatore di stato.

Quindi è la definizione del <<Coefficiente del valore di riferimento>> che determina la flessibilità dello strumento in funzione di politiche e contesto. Agendo su tale coefficiente, è possibile determinare di quanto una risorsa territoriale possa essere diminuita, senza che il risultato sia insostenibile, o allo stesso tempo, quali situazioni esistenti debbano essere sanate. Inol-

tre, avendo ogni indicatore un proprio coefficiente specifico, è possibile determinare indipendentemente quale aspetto territoriale vada assolutamente tutelato e quale invece permette alcuni margini d'azione. Sostanzialmente la definizione dei coefficienti esprime gli obiettivi di sostenibilità che debbono essere perseguiti e dai quali le azioni di progetto non possono derogare.

La definizione di tale coefficiente permette infatti di determinare lo spazio di intervento delle iniziative intraprese, aumentando o diminuendo il valore del sotto-indicatore dello stato di fatto, utilizzato poi come misura di paragone per il bilancio. In funzione, quindi, di contesto ambientale e territoriale e delle politiche, è possibile stabilire se tendere verso un aumento o, ad una diminuzione, di quella particolare specificità ambientale individuata tramite l'indicatore di riferimento.

Tale coefficiente si suppone possa essere stimato in funzione di specifici tassi di crescita, relativi all'insediabilità territoriale determinata dalle politiche di pianificazione.

Tra le indicazioni che devono essere riportate sulla scheda di valutazione, troviamo quelle riguardanti la cronologia delle operazioni di stima. Devono essere indicate la data in cui la valutazione viene effettuata e l'eventuale arco temporale trascorso tra valutazioni successive.

Tutto ciò permette di ricostruire le tendenze nell'evoluzione dei fenomeni, durante il periodo di applicazione del progetto di infrastrutturazione industriale.

Per il calcolo degli indicatori, vengono utilizzati i dati territoriali ricavati dagli strumenti di pianificazione e gestione del territorio. Essi vengono inseriti in un apposita scheda di input, che è parte integrante dello strumento di valutazione.

Lo strumento si concretizza in un file di calcolo del programma Excel, in cui sono stati creati:

- un foglio per l'inserimento dei dati di input;
- un foglio contenente la scheda di valutazione di sostenibilità, in cui vengono riassunti i valori di indicatori e sotto-indicatori, con relativo punteggio parziale, derivato dalle stime del bilancio e il punteggio totale finale;
- le schede di ogni indicatore, in cui sono riportate le caratteristiche, i dati utilizzati e le formule per il calcolo dei sottoindicatori e per l'attribuzione del punteggio.

INPUT DATI VALUTAZIONE SOSTENIBILITA' TERRITORIALE			
Progetto nuove aree industriali nel comune di Broni: Area A			
Data di valutazione			5 maggio 2007
Intervallo temporale dalla valutazione precedente			0 anni
Simbolo	Descrizione	Unità di misura	Valore
C	Superficie comunale	m ²	20.870.000,00
Ap _e	Superficie aree produttive esistenti	m ²	392.387,00
U _e	Perimetro aree produttive esistenti	m	14.215,00
Ap _n	Superficie aree produttive nuove	m ²	44.470,00
U _n	Perimetro nuove aree produttive	m	965,00
Azrc	Superficie Z.R.C.	m ²	4.000.000,00
Aasp	Superficie aree agro-silvo-pastorali	m ²	17.980.000,00
Apzrc _e	Superficie di aree produttive presenti in Z.R.C.	m ²	0,00
Apzrc _n	Superficie aree produttive nuove presenti in Z.R.C.	m ²	0,00
Ab _e	Superficie aree boschive esistenti	m ²	620.000,00
Ab _d	Superficie aree boschive disboscate nell'intervento	m ²	0,00
An _e	Superficie aree naturali esistenti	m ²	200.000,00
An _a	Superficie aree naturali antropizzate	m ²	0,00
Aa _e	Superficie aree agricole esistenti	m ²	17.380.000,00
Aa _u	Superficie aree agricole urbanizzate	m ²	44.470,00
Aap _e	Superficie aree agricole di pregio esistenti	m ²	3.000.000,00
Aap _u	Superficie aree agricole di pregio urbanizzate	m ²	0,00
Ad _e	Superficie aree dismesse esistenti	m ²	169.879,00
Ad _n	Superficie aree dismesse generate	m ²	0,00
Ad _r	Superficie aree dismesse recuperate	m ²	0,00
Ab _e	Superficie aree da bonificare esistenti	m ²	62.500,00
Ab _n	Superficie aree da bonificare generate	m ²	0,00
Ab	Superficie aree bonificate	m ²	0,00

Fig. 3: Scheda di input dati (1/3).

Simbolo	Descrizione	Unità di misura	
Air _e	Superficie aree industriali a rischio ambientale esistenti	m ²	20.000,00
Air _n	Superficie aree industriali a rischio ambientale da insediare	m ²	0,00
Air _d	Superficie aree industriali a rischio ambientale dismesse	m ²	0,00
Hf _e	Altezza massima dei fabbricati produttivi esistenti	m	12,50
Hf _n	Altezza massima dei fabbricati produttivi nuovi	m	12,50
Ht _e	Altezza massima di ciminiere e torri di lavorazione esistenti	m	999,00
Ht _n	Altezza massima di ciminiere e torri di lavorazione nuove	m	999,00
Fap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dai siti di interesse faunistico o da Z.R.C.	m	10,00
Fap _n	Distanza delle aree produttive nuove dai siti di interesse faunistico o da Z.R.C.	m	1.150,00
Iap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dall'elemento idrografico (min. 150 m Codice Amb.)	m	250,00
Iap _n	Distanza delle aree produttive nuove dall'elemento idrografico	m	2.500,00
Pap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dal parco o riserva	m	4.000,00
Pap _n	Distanza delle aree produttive nuove dal parco o riserva	m	4.000,00
Le _e	Larghezza del corridoio ecologico o rete verde esistente	m	350,00
Le _n	Larghezza sottratta al corridoio ecologico o rete verde dalle nuove aree produttive	m	0,00
Nap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dai sistemi di pregio naturalistico	m	2.500,00
Nap _n	Distanza delle aree produttive nuove dai sistemi di pregio naturalistico	m	2.500,00
Bap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dai sistemi architettonici di pregio	m	300,00
Bap _n	Distanza delle aree produttive nuove dai sistemi architettonici di pregio	m	2.500,00
Rap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dalle aree residenziali	m	10,00
Rap _n	Distanza delle aree produttive nuove dalle aree residenziali	m	250,00
Vap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dalle aree di particolare valenza paesistica	m	4.000,00
Vap _n	Distanza delle aree produttive nuove dalle aree di particolare valenza paesistica	m	4.000,00
Sap _e	Distanza delle aree produttive esistenti dalla viabilità storica	m	0,00
Sap _n	Distanza delle aree produttive nuove dalla viabilità storica	m	1.500,00
Fap _e	Distanza delle aree produttive esistenti da visuali sensibili	m	999,00
Fap _n	Distanza delle aree produttive nuove da visuali sensibili	m	999,00
Map _e	Distanza delle aree produttive esistenti dalla maglia primaria	m	0,00
Map _n	Distanza delle aree produttive nuove dalla maglia primaria	m	1.500,00

Fig. 4: Scheda di input dati (2/3).

Simbolo	Descrizione	Unità di misura	
Ri _e	Lunghezza rete infrastrutturale degradata esistente	m	6.200,00
Ri _n	Lunghezza rete infrastrutturale degradata dall'intervento	m	0,00
Dm _e	Distanza delle aree produttive esistenti da scalo merci	m	7.000,00
Dm _n	Distanza delle aree produttive nuove da scalo merci	m	8.500,00
Di _e	Distanza delle aree produttive esistenti da interporto	m	45.000,00
Di _n	Distanza delle aree produttive nuove da interporto	m	48.000,00
Da _e	Distanza delle aree produttive esistenti da aeroporto	m	52.000,00
Da _n	Distanza delle aree produttive nuove da aeroporto	m	51.000,00
Dp _e	Distanza delle aree produttive esistenti da porto	m	113.000,00
Dp _n	Distanza delle aree produttive nuove da porto	m	113.000,00
Ad _i	Superficie aree dismesse recuperate	m ²	0,00
A _c	Superficie aree di compensazione	m ²	0,00
Ha	Altezza delle essenze utilizzate nelle opere di mitigazione	m	20,00
Lf	Larghezza delle fasce di mitigazione	m	0,00
U _c	Perimetro comune alle aree produttive esistenti e nuove	m	250,00
Le _c	Larghezza nuovo corridoio ecologico o rete verde di compensazione	m	0,00
Rp	Riduzione dei percorsi	m	0,00
Ri _i	Lunghezza rete infrastrutturale soggetta ad interventi di riqualificazione	m	0,00

Fig. 5: Scheda di input dati (3/3).

Fig. 6: Scheda di valutazione di sostenibilità territoriale (1/2).

Fig. 7: Scheda di valutazione di sostenibilità territoriale (2/2).

Tra i diversi spunti che hanno contribuito alla definizione degli indicatori utilizzati nello strumento di valutazione territoriale e dei dati che

126

Si elencheranno di seguito i criteri e le relative riflessioni ritenute significative:

1. Ridurre al minimo l'impiego delle risorse energetiche non rinnovabili.

L'uso ragionevole delle risorse non rinnovabili, nel rispetto di tassi che non ne determinino l'esaurimento, è un principio fondamentale dello sviluppo sostenibile.

La misura proposta potrebbe dar vita a progetti che:

- Allungano il tragitto effettuato da veicoli privati?
- Portano ad una riduzione del numero o della lunghezza dei tragitti effettuati da autoveicoli o autocarri?
- Consentono di sostituire il trasporto su gomma con quello su ferro?

4. Conservare e migliorare lo stato della fauna e flora selvatiche, degli habitat e dei paesaggi.

Principio fondamentale è mantenere ed arricchire la qualità delle riserve e delle risorse naturali. Il patrimonio naturale comprende: flora, fauna, caratteristiche geologiche e fisiografiche, le bellezze naturali, le risorse a carattere ricreativo, la topografia, gli habitat, i paesaggi, le risorse culturali, nonché le loro interazioni e combinazioni.

La misura proposta potrebbe dar vita a progetti che potrebbero causare perdite o danni a:

- Specie protette o in pericolo?
- Zone designate da autorità internazionali, nazionali o locali o da altri organismi per la loro importanza a livello di conservazione della natura o di paesaggio?
- Altre zone naturali o seminaturali importanti per la flora e la fauna selvatiche, per gli spazi verdi superstiti, per le periferie urbane, le zone boschive e le foreste o altri corridoi necessari alla flora e alla fauna selvatiche?
- Siti di importanza per le loro caratteristiche geologiche e fisiologiche?
- Aree di aperta campagna, con progetti che potrebbero essere collocati in zone sviluppate all'interno di siti in aree dismesse?

La misura proposta favorisce progetti che potrebbero:

- Presentare vantaggi per le risorse del patrimonio naturale, aumentando il potenziale della flora e della fauna selvatiche (ad esempio creando spazi verdi e corridoi ecologici), sfruttando le caratteristiche naturali del paesaggio, recuperando le zone abbandonate e creando nuove risorse paesaggistiche?
- Incrementare le opportunità ricreative o i vantaggi che le persone ottengono dalle risorse del patrimonio naturale, aumentando l'accesso alle attività ricreative, di istruzione e di ricerca scientifica?

5. Conservare e migliorare la qualità dei suoli e delle risorse idriche.

Il suolo e le risorse idriche rappresentano fonti naturali rinnovabili essenziali alla salute e al benessere umani. Il principio da seguire è, oltre alla tutela delle risorse esistenti sotto il profilo qualitativo e quantitativo, anche la bonifica di quelle che si presentano in uno stato di degrado.

La misura proposta potrebbe dar vita a progetti che possano:

- Causare la perdita di terreni agricoli di buona qualità?
- Recuperare terreni contaminati?
- Ripristinare terreni incolti o abbandonati per farne un uso positivo?

6. Conservare e migliorare la qualità delle risorse storiche e culturali.

Il patrimonio storico e culturale è costituito da beni non rinnovabili, impossibili da sostituire qualora fossero distrutti o danneggiati. Lo sviluppo sostenibile prevede che le caratteristiche, i siti, le zone in via di rarefazione, rappresentativi di un determinato periodo storico od aspetto del territorio, o che forniscano un particolare contributo alle tradizioni e alla cultura di una zona, vengano preservate. Si fa riferimento a: edifici di valore storico e culturale, strutture e monumenti di qualsiasi epoca, reperti archeologici, architettura di esterni e tutte le strutture che contribuiscono alla vita culturale di una comunità; con riferimento anche a stili di vita, usi, lingue, e tradizioni.

La misura proposta potrebbe dar vita a progetti che causano la perdita di, o danni a:

- Edifici protetti e zone di conservazione?
- Zone di importanza archeologica?
- Altre zone, edifici, caratteristiche di rilievo sotto il profilo storico e culturale?

7. Conservare e migliorare la qualità dell'ambiente locale.

La qualità dell'ambiente locale è determinata dalla qualità di aria, confort acustico, impatto visivo, ecc.. La qualità dell'ambiente locale può subire cambiamenti a seguito di variazioni del traffico veicolare, dei comparti industriali, del proliferare di nuovi edifici ed infrastrutture, ecc..

La misura proposta potrebbe dar vita a progetti che:

- Aumentino le emissioni acustiche?
- Introducano nell'ambiente nuove strutture invasive che possano eventualmente causare intrusione visiva?
- Aumentino i livelli di attività in zone altrimenti tranquille?
- Migliorino i paesaggi urbani e non, migliorando, conservando o rinnovando edifici, strutture e spazi aperti?

Si è proceduto successivamente a valutare, effettivamente quali fossero le proprietà territoriali che potevano subire gli effetti delle azioni prodotte dall'insediamento di strutture produttive in una determinata area e a cui, quindi, associare degli indicatori che ne rappresentassero le dinamiche. Contestualmente si è verificata la disponibilità dei dati necessari per il calcolo degli indicatori che venivano man mano definiti.

La disponibilità e la facilità di reperimento dei dati, è stato un fattore determinante nella definizione di indicatori e delle relative formule di calcolo. Con questo preciso scopo, sono state analizzate le informazioni territoriali che il PTCP (nel caso specifico si è analizzato il PTCP della provincia di Pavia) poteva fornire, tra cui è parsa di particolare importanza l'individuazione dei seguenti dati:

- Emergenze morfologiche sul piano fondamentale della pianura (dossi, ecc.);
- Corsi d'acqua naturali;
- Aree palustri e zone umide;
- Fontanili attivi;
- Siti di particolare interesse per la fauna selvatica;
- Aree agricole di particolare valenza paesistica;
- Viabilità storica;
- Architetture puntuali (castelli, rocche, pievi, ecc.);
- Luoghi della memoria storica e della tradizione;
- Siti di interesse comunitario, parchi naturali, riserve naturali;
- Aree di elevato valore naturalistico ed emergenze;
- Parchi locali di interesse sovracomunale
- Elementi lineari di connessione;
- Sistema idrografico superficiale;
- Corsi d'acqua minori;
- Aree e siti contaminati da sottoporre a bonifica;
- Ambiti degradati già interessati da attività estrattive;
- Specchi d'acqua artificiali;
- Il sistema della mobilità (autostrade, viabilità regionale primaria e complementare, ecc.);
- Il sistema della logistica e della mobilità;
- Aree industriali dismesse;
- Interventi di riqualificazione del sistema della mobilità;
- Vegetazione naturale e naturalizzata (boschi, ecc.);
- Tipi colturali;
- Fattori di degrado (aree di sottoutilizzo

e/o di abbandono, aree con assetto ecosistemico degradato);

- Visuali sensibili;
- Emergenze naturalistiche;
- Corridoi ecologici;

Partendo da queste analisi, ed elaborando gli indicatori utilizzati in diverse applicazioni esaminate quali esempi operativi, si è proceduto alla definizione degli indicatori da utilizzare secondo le finalità del presente lavoro. Tali indicatori concretizzano gli elementi della catena DPSIR, permettono una loro quantificazione, consentono analisi oggettive e stime valutative efficaci, riguardo la sostenibilità degli interventi di inserimento di strutture produttive nel territorio.

Gli indicatori per valutare le dinamiche territoriali, sono stati così individuati:

CAMPO	INDICATORE
Uso del territorio	UT1 - Incremento superficie aree produttive rispetto alla superficie comunale
	UT2 - Decremento di superficie agro-silvo-pastorale per Zone di Ripopolamento e Cattura
	UT3 - Consumo di superficie agro-silvo-pastorale
	UT4 - Incidenza nuove aree produttive rispetto alle aree produttive esistenti
	UT5 - Decremento di superficie boschiva esistente per insediamento nuove aree produttive
	UT6 - Decremento di superficie territoriale a carattere naturale esistente per insediamento nuove aree produttive
	UT7 - Incidenza del rapporto tra attività industriale-artigianale ed attività agricola
	UT8 - Diminuzione di suolo agrario e di culture di pregio a causa dell'inserimento di nuove aree produttive
	UT9 - Incidenza aree dismesse
	UT10 - Incidenza aree da bonificare
	UT11 - Insediamenti a rischio ambientale
	UT12 - Indice di dispersione territoriale
Interferenza con il contesto	IC1 - Incidenza altezza dei fabbricati
	IC2 - Incidenza altezza ciminere e/o torri di lavorazione
	IC3 - Interferenze con siti di interesse faunistico e Z.R.C.
	IC4 - Interferenza con elementi di idrografia superficiale rilevante
	IC5 - Interferenza con parchi e/o riserve naturali
	IC6 - Interferenza con reti e corridoi ecologici
	IC7 - Interferenza con sistemi di pregio naturalistico
	IC8 - Interferenza con elementi o sistemi architettonici di pregio
	IC9 - Interferenza con aree residenziali e servizi
	IC10 - Interferenza con aree di particolare valenza paesistica
	IC11 - Interferenza con la viabilità storica
	IC12 - Interferenza con visuali sensibili
Infrastrutture e logistica	IL1 - Distanza da infrastrutture viabilistiche primarie
	IL2 - Interferenza con infrastrutture viabilistiche degradate
	IL3 - Distanza da scalo merci
	IL4 - Distanza da interporto
	IL5 - Distanza da aeroporto
	IL6 - Distanza da porto

Fig. 8: Gli indicatori utilizzati dallo strumento di valutazione della sostenibilità dell'insediamento territoriale di strutture produttive

Si richiama il fatto che ogni indicatore sia a sua volta composto da tre sotto-indicatori; così per esempio l'indicatore <<UT1>> è composto dai sotto-indicatori:

UT1s, sotto-indicatore di stato, che quantifica la specifica della componente che si sta valutando allo stato di fatto, cioè al tempo zero, prima che qualsiasi azione sia intrapresa;

UT1p, sotto-indicatore di pressione, che quantifica gli effetti negativi prodotti dalle azioni proposte dal progetto di industrializzazione;
 UT1r, sotto-indicatore di risposta, che quantifica le misure introdotte per evitare, limitare od attenuare gli impatti negativi introdotti dalle azioni di piano.

Il bilancio, cui l'applicazione della catena DPSIR approda, viene quantificato in un termine cui viene associata l'indicazione <<UT1b>>, in cui tale bilancio viene espresso come funzione dei sopraccitati sotto-indicatori.

proprietà e la funzione dell'indicatore;

1.c Unità di misura, esprime appunto l'unità di misura secondo cui il valore dell'indicatore è espresso;

1.d Frequenza di misurazione, indica il periodo temporale intercorrente tra misurazioni successive in riferimento anche al periodo di aggiornamento dei dati utilizzati per il calcolo dell'indicatore;

1.e Posizionamento nel Set di Indicatori CSD, indica l'eventuale corrispondenza con indicatori della Commission on Sustainable Development.

1	INDICATORE	UTI	4	VALUTAZIONE DEI DATI	UTI
1.a	Denominazione Incremento superficie aree produttive rispetto alla superficie comunale	4	4.a	Dati necessari per compilare l'indicatore Superficie comunale, Superficie aree dismesse recuperate, Superficie aree produttive esistenti, Superficie aree produttive nuove, Superficie aree di compensazione	
1.b	Descrizione L'indicatore valuta l'incremento di superficie territoriale destinata alle aree produttive rispetto alla superficie territoriale già destinata a tali attività e rispetto all'intera superficie comunale	4.b	4.b	Disponibilità e fonti dei dati necessari Facilmente ricavabili dal PGT e/o PRG, PTCP attraverso semplici misurazioni	
1.c	Unità di misura m ² /m ²	4.c	4.c	Data references Non disponibile	
1.d	Frequenza di misurazione In ogni occasione di variazioni dell'assetto territoriale che interessino i valori dei dati di input del presente strumento	5	5.a	AGENZIE COINVOLTE NELLO SVILUPPO DELL'INDICATORE Agenzie e/o Enti che utilizzano l'indicatore	
1.e	Posizionamento nel Set di Indicatori CSD Nessuna	5.b	5.b	Altre organizzazioni che utilizzano l'indicatore Non disponibile	
2	PERTINENZA DI LINEA CONDotta	6	6.a	RIFERIMENTI Bibliografia	
2.a	Obiettivo L'indicatore si propone di valutare la variazione di superficie territoriale comunale destinata ad attività produttive al fine di comprenderne l'incidenza complessiva sul territorio	6.b	6.b	Siti Internet Non disponibile	
2.b	Rilevanza per la sostenibilità Il territorio risulta essere una risorsa non rinnovabile, quindi il suo utilizzo e conseguente consumo debbono essere accuratamente monitorati	7	7	DATI DI INPUT PER IL CALCOLO DELL'INDICATORE Superficie comunale Superficie aree produttive esistenti Superficie aree produttive nuove Superficie aree dismesse recuperate Superficie aree di compensazione	2087000,00 m ² 392387,00 m ² 44470,00 m ² 0,00 m ² 0,00 m ²
2.c	Leggi e convenzioni internazionali Nessuna	8	8	FORMULE PER IL CALCOLO DELL'INDICATORE Indicatore stato Indicatore pressione Indicatore risposta Bilancio Stato-Pressione-Risposta	Ap/C (Ap+Ad)/C A/C UT1s+UT1p-UT1r
2.d	Obiettivi internazionali e standards raccomandati Nessuno	9	9	CALCOLO DELL'INDICATORE Valore indicatore stato Valore indicatore pressione Valore indicatore risposta Bilancio Stato-Pressione-Risposta	0,0188 m ² /m ² 0,0021 m ² /m ² 0,0000 m ² /m ² 0,0209 m ² /m ²
3	DESCRIZIONE METODOLOGICA	10	10	VALORI DI RIFERIMENTO PER L'ATTRIBUZIONE DEL PUNTEGGIO Coefficiente valore di riferimento Valore relativo di riferimento (Vr_UT1 = K_Vr_UT1 x UT1s)	1 0,0188 m ² /m ²
3.a	Definizioni e concetti sottesi Sostenibilità, sostenibilità ambientale, uso sostenibile del territorio, territorio bene non rinnovabile	11	11	REGOLE DI ATTRIBUZIONE DEL PUNTEGGIO UT1b > Vr UT1b = Vr UT1b < Vr	
3.b	Metodi di misura I dati di input vengono ricavati dagli strumenti urbanistici di riferimento attraverso misurazioni dirette	12	12	PUNTEGGIO CONSEGUITO P_C_UT1	
3.c	Limitazioni dell'indicatore Non disponibile				
3.d	Stato della metodologia Non disponibile				
3.e	Alternative nella definizione/indicatori Non disponibile				

Fig. 9: Scheda di calcolo dell'indicatore.

Per ogni indicatore è stata creata una scheda che, in parte derivata da quanto determinato dalla Commission on Sustainable Development²⁵, associa alla descrizione delle proprietà dell'indicatore, i dati utilizzati, le formule di calcolo e le regole per l'attribuzione del punteggio.

La scheda di ogni indicatore è così strutturata:

1 *Indicazione dell'indicatore*, in cui all'indicatore viene associato un acronimo per facilitarne l'utilizzo;

1.a Denominazione, in cui viene indicato il nome dell'indicatore che ne connota la funzione specifica;

1.b Descrizione, in cui vengono descritte le

2 *Pertinenza di linea condotta*, con la quale si verifica l'attinenza dell'indicatore in funzione della specificità dei temi trattati;

2.a Obiettivo, indica le finalità che si vogliono perseguire attraverso l'utilizzo dell'indicatore;

2.b Rilevanza per la sostenibilità, esprime i motivi per i quali la misurazione e l'utilizzo dell'indicatore specifico siano rilevanti ai fini della sostenibilità territoriale;

2.c Leggi e convenzioni internazionali, in cui vengono indicate le normative di riferimento per l'utilizzo dell'indicatore;

2.d Obiettivi internazionali e standards raccomandati, in cui vengono espressi eventuali valori, entro cui deve rientrare l'indicatore, derivati

da normative specifiche,
2.e Collegamento con altri indicatori, in cui vengono evidenziate eventuali colleganze o riferimenti ad altri indicatori utilizzati.

3 *Descrizione metodologica*, in cui vengono esplicitate le funzionalità dell'indicatore;

3.a Definizioni e concetti sottesi, in cui vengono esplicitati i concetti fondamentali su cui si basa l'indicatore;

3.b Metodi di misura, indicano come e dove vengono reperiti i dati che intervengono per il calcolo dell'indicatore;

3.c Limitazioni dell'indicatore, riportano eventuali limiti dell'indicatore riscontrati in sede sperimentale od applicativa;

3.d Stato della metodologia, riporta lo stato di evoluzione dell'applicazione dell'indicatore in eventuali diversi casi di studio;

3.e Alternative nella definizione/indicatori, riporta l'eventualità della presenza di indicatori simili o con finalità analoghe a quello di riferimento.

4 *Valutazione dei dati*, in cui sono riportati gli attributi dei dati elaborati dagli indicatori;

4.a Dati necessari per compilare l'indicatore, elenco dei dati necessari per il calcolo dell'indicatore;

4.b Disponibilità e fonti dei dati necessari, indicazioni riguardo alle fonti e alla loro attendibilità e la disponibilità nel reperire i dati necessari all'utilizzo dell'indicatore;

4.c Data references, indicazioni relative alla consultazione dei dati;

5 *Agenzie coinvolte nello sviluppo dell'indicatore*, indicazioni riguardo alla presenza di Enti che utilizzano l'indicatore specifico;

5.a Agenzie e/o Enti che utilizzano l'indicatore, informazioni relative all'utilizzazione dell'indicatore da parte di strutture governative;

5.b Altre organizzazioni che utilizzano l'indicatore, informazioni relative a strutture non governative che utilizzano l'indicatore;

6 *Riferimenti*, indicazioni relative allo studio, alla descrizione e alle informazioni relative all'indicatore;

6.a Bibliografia, indicazioni relative alla bibliografia di riferimento dell'indicatore;

6.a Siti internet, indicazioni relative ai siti internet di riferimento riportanti informazioni relative all'indicatore.

7 *Dati di input per il calcolo dell'indicatore*, a questa voce vengono richiamati, per ogni indicatore, i dati necessari per il relativo calcolo, completi di: simbolo identificativo, indicazione completa, entità ed unità di misura.

8 *Formule per il calcolo dell'indicatore*, in questa voce trovano espressione le formule per il calcolo dei singoli sotto-indicatori e la formula per il computo del <<Bilancio Stato- Pressione-Risposta>>.

9 *Calcolo dell'indicatore*, in questo punto vengono esplicitate le formule, vengono cioè effettuati i computi relativi ai sotto-indicatori utilizzando i dati precedentemente inseriti e vengono evidenziati i risultati finali ottenuti dalle formule di calcolo.

10 *Valori di riferimento per l'attribuzione del punteggio*, in questa voce trova collocazione il <<Coefficiente per il valore di riferimento>> che viene poi moltiplicato per l'indicatore di stato e permette di ottenere il <<Valore relativo di riferimento>> con cui viene confrontato il <<Bilancio Stato-Pressione-Risposta>> per l'attribuzione del punteggio.

11 *Regole di attribuzione del punteggio*, vengono in questo settore esplicitate le regole di definizione ed attribuzione del punteggio per ogni singolo indicatore (attribuzione dei valori 1, 0 o -1), esse derivano dal confronto tra il valore ricavato dal <<Bilancio Stato-Pressione-Risposta>> con il <<Valore relativo di riferimento>>.

12 *Punteggio conseguito*, viene esplicitato il punteggio da attribuire all'indicatore in funzione delle regole di attribuzione del punteggio espresse nel punto undici, tale punteggio viene poi richiamato nella <<Scheda di Valutazione di Sostenibilità>> e concorre alla formazione del punteggio totale.

Verifica di operatività dello strumento

Le verifiche di funzionamento dello strumento, sono state affrontate assumendo come caso di studio il territorio comunale di Broni, centro abitato in provincia di Pavia. Tra i vari comuni, di cui si aveva disponibilità di dati, Broni è parso quello che poteva offrire gli spunti più significativi, ai fini della sperimentazione dello strumento.



Fig. 10: Individuazione del comune di Broni, all'interno del territorio provinciale pavese.

Sono state successivamente selezionate all'interno del territorio comunale alcune delle aree azzonate dal PRG, quali zone per l'insediamento di nuove strutture produttive. Le analisi vengono condotte su tre raggruppamenti di aree produttive di possibile nuovo impianto, inserite nel territorio comunale, che sono state denominate: Area A, Area B, Area C.

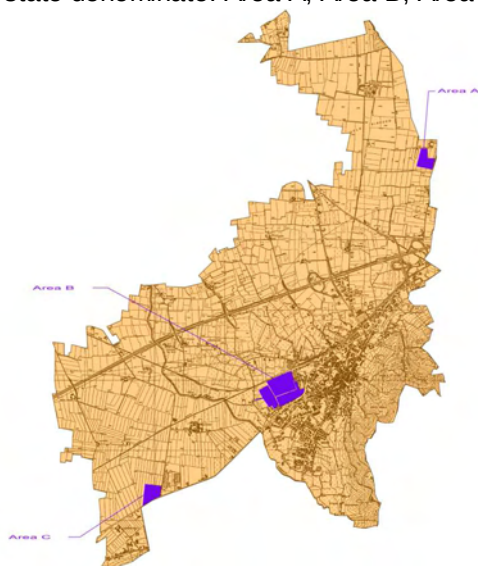


Fig. 11: Individuazione delle aree analizzate all'interno del territorio comunale di Broni.

L'«Area A» è posizionata lungo il confine comunale, in una zona adiacente alla strada provinciale che conduce al comune di San Ciriaco Po e contigua ad un polo produttivo, situato però nel comune di Stradella. Attualmente l'area è utilizzata come terreno agricolo per colture non di pregio.



Fig. 12: Area A.

L'«Area B» è situata lungo il tratto urbano della Strada Statale n. 10, in un'area contigua alle zone residenziali del centro abitato. L'area è situata a margine della linea ferroviaria che collega Piacenza con Alessandria. L'«Area B» è formata dall'accorpamento di tre distinti azzonamenti, che però possono essere considerati come unica zona produttiva in quanto adiacenti. In due di tali appezzamenti sono presenti aree dismesse che devono essere sottoposte a bonifica ambientale prima della loro riconversione industriale.



Fig. 13: Area B.

L'«Area C» è posizionata lungo la Strada Statale n. 10, all'esterno del centro abitato in direzione del comune di Cigognola, ed è attualmente occupata dalla presenza di essenze arboree di coltura.



Fig. 14: Area C.

Si è quindi proceduto a raccogliere i dati territoriali generali relativi al territorio comunale, che rimangono costanti nelle tre valutazioni e quelli specifici delle singole aree, che invece variano al variare della localizzazione delle aree stesse. Successivamente tali dati sono stati inseriti nella scheda di input dello strumento di valutazione per ottenere, attraverso i risultati forniti dal funzionamento dello strumento, il grado di sostenibilità degli interventi per ogni singola ubicazione delle aree. Alcuni dati sono risultati non disponibili, perché non regolamentati, per esempio l'altezza di vecchi ed eventuali nuovi apparati tecnologici relativi alle strutture produttive (ciminiera e/o torri di lavorazione) altri, come la distanza da visuali sensibili, poiché non attinenti al caso specifico. In questi casi, per consentire il funzionamento dello strumento, sono stati inseriti nei campi relativi a questi dati, dei valori palesemente fuori scala (metri 999,00); questi, però, non inficiano il risultato finale della valutazione. Per quanto riguarda, invece, i dati utilizzati negli indicatori non normalizzati (distanze ed altezze, per esempio), i valori per l'indicatore di stato sono assunti riferendosi alla situazione più critica presente nel comune, con cui successivamente vengono confrontate le nuove scelte localizzative. Così, per esempio, quando interviene la distanza dalle Zone di Ripopolamento e Cattura, lo stato al tempo zero è rappresentato dalla distanza tra queste aree e quelle produttive più prossime all'interno del territorio comunale.

Tra i dati rilevati vi sono anche quelli relativi ad un'industria a rischio di incidente rilevante²⁶: la Rezzani Petroli deposito di idrocarburi.

Tra gli ulteriori dati inseriti nella scheda di input, occorre specificare quanto di seguito riportato.

Per quanto riguarda la <<Superficie aree produttive esistenti>> si fa riferimento a quelle aree effettivamente attive, al momento della raccolta dati. Le aree dismesse, pur essendo azionate sul PRG come produttive, vengono

considerate come dato disgiunto e permettono un'implementazione dell'indagine valutativa. Un discorso analogo si riferisce al <<Perimetro delle aree produttive esistenti>>.

I dati raccolti sono riferiti al settembre 2005.

Per effettuare la valutazione, il <<Coefficiente del valore di riferimento>> di tutti gli indicatori è stato posto uguale ad uno; questo perché, non avendo avuto effettive indicazioni da parte della comunità e della amministrazione riguardo le linee di sostenibilità secondo cui orientarsi, si è stabilito di raffrontare le azioni dei nuovi interventi con lo stato di fatto tale quale. Questa scelta non compromette però la validità del test effettuato sullo strumento.

Si procederà ora ad illustrare le valutazioni effettuate per ogni singola area, attraverso l'applicazione dello strumento al caso specifico. Ogni caso di studio è corredato da un commento relativo alle analisi effettuate, cui segue nella parte finale del paragrafo una valutazione di sintesi dei tre interventi, in funzione del criterio della sostenibilità territoriale.

AREA A

Applicando lo strumento ai dati territoriali relativi all'Area A si ottiene un punteggio pari ad 1. Esso, conseguito tramite le scelte progettuali relative all'intervento analizzato, si discosta lievemente (in senso positivo) dalla condizione di sostenibilità territoriale costante rispetto allo stato di fatto, ed individuata dal punteggio uguale a zero.

La scheda di valutazione mostra come azioni in contrasto con le logiche di sostenibilità territoriale (indicate da un punteggio conseguito pari a -1) siano complessivamente controbilanciate da interventi che questa sostenibilità invece favoriscono (contraddistinte da un punteggio pari a 1).

Così a fronte di un aumento della superficie delle attività produttive, con conseguenti ricadute sulle porzioni di territorio non urbanizzate e connotate da una certa naturalità, intervengono azioni di allontanamento delle nuove aree industriali e artigianali da aree sensibili, rispetto a quanto la situazione relativa allo stato di fatto mostra.

Anche rispetto agli impatti di tipo visivo, le Norme Tecniche di Attuazione, relativamente alle aree produttive di nuovo impianto, prevedono l'obbligo di realizzare cortine di alberature ad alto fusto, per schermare i nuovi fabbricati industriali.

La valutazione dimostra però come siano carenti le scelte progettuali, sotto il profilo di inter-

venti che favoriscano il miglioramento delle strutture per la mobilità o l'integrazione di misure di compensazione, contestualmente alle azioni di trasformazione del territorio.

Nell'intervento individuato, non viene presa in considerazione l'eventualità di apportare miglioramenti sotto il profilo territoriale ed ambientale, attraverso azioni di bonifica delle aree contaminate, comunque presenti e di recupero del patrimonio edilizio dismesso esistente.

Le nuove aree sono, però, individuate in adiacenza a zone produttive già attive, questo permette un contenimento dell'indice di dispersione territoriale delle infrastrutture produttive, contribuendo a realizzare un accettabile risultato riguardo la sostenibilità dell'intervento.

AREA B

L'analisi condotta dimostra come gli interventi progettuali, studiati per quest'area, consentano di ottenere un punteggio che evidenzia il sensibile miglioramento delle condizioni di sostenibilità territoriale rispetto allo stato di fatto. Il punteggio conseguito complessivamente dall'intervento è infatti pari a 4.

Punto di forza del progetto sono la riqualificazione di aree produttive dismesse e il recupero della totalità delle aree da bonificare. Queste due azioni consentono di risparmiare l'utilizzo del suolo attraverso il riuso di aree già urbanizzate, sanando situazioni critiche.

La localizzazione dell'intervento lo pone ad una congrua distanza dalle emergenze naturalistiche ed architettoniche, consentendo una favorevole limitazione degli impatti.

Le aree individuate sono collocate, però, a ridosso delle zone residenziali del centro abitato. Le azioni progettuali potrebbero essere migliorate qualora fosse prevista la disposizione di un'opportuna fascia di mitigazione a tutela delle aree abitative.

L'integrazione delle nuove aree con altri apparati produttivi, contiene l'indice di dispersione, favorendo la sostenibilità dell'intervento.

Anche per questo caso, in sede progettuale, si sarebbe potuta pensare l'adozione di ulteriori misure di compensazione e riqualificazione.

L'introduzione di nuove aree produttive, condotta dall'intervento, pare infatti rilevante, quindi, sarebbe parsa opportuna l'integrazione del progetto attraverso il contestuale inserimento di aree ad alta naturalità, al fine di contrastare gli impatti prodotti dalle nuove strutture industriali.

Nulla peraltro è previsto in tema di riassetto della viabilità primaria. Se infatti, da un lato, l'intervento si colloca a ridosso di un'importante arteria di comunicazione, quale è la Strada Statale n. 10, consentendo la diretta relazione con essa per la mobilitazione delle merci, dall'altro influisce pesantemente sul carico di traffico relativo. Inoltre, un'ulteriore problematica, è data dall'attraversamento urbano del conseguente traffico pesante indotto dalle nuove unità produttive, in quanto non sono previsti sistemi di viabilità tangenziale o di arroccamento.

Quindi, un progetto di intervento che si configura già come qualitativamente positivo, potrebbe essere ulteriormente migliorato, senza sforzi eccessivi, garantendo una sostenibilità territoriale ancora più elevata.

AREA C

La valutazione degli interventi messi in atto, evidenzia come questi comportino un decadimento della sostenibilità territoriale. Il punteggio complessivamente conseguito dall'intervento è, infatti, pari a -1. Anche se lo scostamento dal valore zero è minimo, questo serve comunque a dimostrare che la localizzazione dell'«Area C» in quel determinato settore di territorio comunale, produce nella maggior parte effetti negativi che non vengono né limitati né tanto meno attenuati.

Al consumo di suolo agricolo, in cui tra l'altro sono collocate delle essenze arboree di coltura, non trovano applicazione né misure di mitigazione, né interventi di compensazione ambientale, a bilanciare le perdite di risorse utilizzate attraverso l'intervento.

È proprio l'assenza totale di contromisure e risposte agli effetti prodotti dalla localizzazione di strutture produttive in questa area, a determinare il declassamento dell'intervento rispetto a quelli analizzati in precedenza.

Inoltre, l'area viene individuata in fregio alla Strada Statale n. 10 che, come si è già avuto modo di dire, presenta gravi carenze dal punto di vista dell'efficienza strutturale e funzionale. Contestualmente all'intervento di nuova localizzazione di aree produttive, non vengono studiate o ipotizzate soluzioni per migliorare l'accesso del traffico generato sulla citata infrastruttura viaria.

Le positività raccolte, in funzione della distanza delle strutture produttive di progetto dalle componenti ambientali sensibili, siano esse naturali od architettoniche, non sono sufficienti a valorizzare l'intervento sotto il profilo della sostenibilità territoriale.

VALUTAZIONE DI SINTESI DELLE IPOTESI DI INTERVENTO

Confrontando i risultati delle tre analisi condotte, emerge l'importanza che hanno gli interventi di mitigazione e compensazione per il conseguimento degli obiettivi di sostenibilità, senza che sia limitato o compromesso l'auspicato sviluppo economico di un territorio.

I tre esempi dimostrano come le scelte progettuali possano condurre a risultati differenti riguardo al grado di sostenibilità territoriale degli interventi, anche all'interno di una realtà circoscritta come può essere il territorio comunale. Si evidenzia quindi l'esigenza che le scelte di pianificazione che determinano le trasformazioni territoriali, possano essere confrontate e valutate.

Al termine delle valutazioni effettuate per le aree scelte come esempio, si può sostenere che, in ambito di pianificazione, debbano essere favorite le scelte progettuali che si configurano come meno incidenti sulla risorsa suolo, che anzi determinino azioni di bonifica di realtà contaminate e di recupero del patrimonio edilizio dismesso. Tali interventi dovrebbero configurarsi come prioritari e le indicazioni delle amministrazioni pubbliche dovrebbero essere orientate in questa direzione. Prima di intraprendere nuove azioni di urbanizzazione, dovrebbero essere utilizzate al meglio e valorizzate le realtà che, per vari motivi, si trovano in stato di abbandono o di serio rischio ambientale. Solo successivamente alla riqualificazione di tali risorse latenti ci si dovrebbe indirizzare, sempre secondo criteri di sostenibilità, verso l'utilizzo di suolo connotato da peculiarità ambientale di vario grado.

Interventi che invece si rilevano come potenzialmente dannosi per la risorsa territorio, devono essere evitati, o dove possibile corretti e riportati in seno ai concetti di sostenibilità ambientale e territoriale.

Riflessioni conclusive

Lo studio condotto nella prima fase di questo lavoro di ricerca ha evidenziato come, raramente, gli interventi progettati, programmati od anche solo ipotizzati si siano sviluppati conducendo una valutazione unitaria e complessiva, volta a prevenire gli effetti indotti sul territorio, con particolare riferimento ai progetti di localizzazione di nuove strutture produttive. Infatti si è riscontrata una generale assenza di approfondimento relativa agli impatti ambientali e territoriali da essi prodotti, soprattutto secondo una visione sistemica e complessivamente integrata, volta a stimarne gli effetti cumulativi.

A fronte di ciò, lo sviluppo di una procedura di valutazione di sostenibilità territoriale degli interventi di infrastrutturazione produttiva, è apparsa un'iniziativa interessante e necessaria da intraprendere.

L'elaborazione dello strumento si è mossa dalle analisi relative alla Valutazione Ambientale Strategica, così come definita dalle indicazioni contenute nella DIR CEE 42/2001, che è parso il procedimento più idoneo con cui raffrontare le modalità operative dello strumento di valutazione territoriale della sostenibilità, la cui realizzazione è stata l'obiettivo ultimo del lavoro di ricerca.

Lo sviluppo dello strumento secondo tali linee ha permesso di garantire alle valutazioni ottenibili di: poter esaminare i diversi effetti ambientali che le azioni di un progetto inducono sul territorio, di analizzare l'interdipendenza e gli effetti cumulativi delle azioni e di consentire la previsione di alternative progettuali da applicare quali interventi migliorativi al progetto valutato.

Attraverso la definizione di un opportuno strumento di valutazione di sostenibilità territoriale, relativo alle scelte progettuali di insediamento di nuove strutture artigianali ed industriali, si è voluto dimostrare l'effettiva possibilità tecnica di realizzazione di un metodo in grado di stimare le trasformazioni territoriali ad esse riferite, in chiave di sostenibilità.

Troppo spesso avviene, infatti, che ai propugnati obiettivi di tutela e valorizzazione del territorio, non seguano di fatto azioni concrete in questa direzione. Fornire un metodo oggettivo e pratico di valutazione, consentendo così un'analisi obiettiva delle proposte progettuali, dovrebbe garantire l'eliminazione di quella discrezionalità nelle stime, che sovente fornisce degli alibi all'adozione di soluzioni non propriamente sostenibili.

La valutazione delle scelte progettuali secondo la logica della sostenibilità, diventa una tappa obbligata che consente di limitare od impedire il consumo ed il degrado di una risorsa non rinnovabile come il territorio. Questa valutazione, procedendo attraverso l'analisi degli effetti, suddivisa per le diverse componenti costituenti il territorio, permette di individuare con più facilità quali interventi agiscono in favore della sostenibilità, rispetto a quelli che invece si allontanano da essa. Tutto ciò permette di calibrare le contromisure di eliminazione, limitazione ed attenuazione degli impatti prodotti dalle azioni.

La possibilità di poter utilizzare, nelle stime di sostenibilità, uno strumento di relativa facilità

d'uso, potrebbe consentire agli organismi competenti in tema di valutazione ambientale, di adottare delle procedure attuabili e praticabili utilizzando risorse al loro interno. Questo garantirebbe una riduzione notevole dei costi, rispetto a quanto avverrebbe qualora si fosse costretti a commissionare delle valutazioni di questo tipo a tecnici esterni. La determinazione, infatti, di metodi e procedure che possano definirsi convenzionali ed applicabili, senza sforzi eccessivi, a contesti eterogenei, potrebbe svincolare dalla assoluta necessità di ricorrere a <<specialisti>> della materia, abbattendo i costi di gestione dell'intero procedimento.

Le politiche di facilità di utilizzazione e di contenimento dei costi, sono un punto fondamentale per il successo di una nuova metodologia, che contribuirebbe in modo sensibile al conseguimento degli obiettivi di sostenibilità territoriale.

Lo strumento, studiato e verificato per la conduzione di analisi e valutazioni sui territori comunali, potrebbe essere, a seguito di opportuna e agevole implementazione, adattato per fornire stime di sostenibilità per progetti ricadenti su comparti comunali. Utilizzando lo stesso core set di indicatori, in cui venga modificata la determinazione di alcuni dei dati utilizzati (per esempio si potrebbe sostituire la <<Superficie comunale (C)>> con la superficie totale del comparto comunale intesa come sommatoria dell'estensione territoriale delle superfici dei singoli comuni), potrebbero essere condotte opportune valutazioni riguardo la sostenibilità degli interventi anche su tali generi di realtà.

Una conduzione delle valutazioni in questo senso sarebbe opportuna, qualora le singole amministrazioni dimostrassero la volontà di solidarizzarsi, per attuare scelte di programma e pianificazione di ampio respiro e non circoscritte solamente al proprio diretto ambito di competenza.

Si è dichiarato, nella parte di descrizione degli esempi applicativi dello strumento, il motivo della scelta di porre il <<Coefficiente del valore di riferimento>> pari ad uno; lo si richiama ora, ribadendo che questa scelta è stata condotta in virtù del fatto che non è stato possibile avere indicazioni specifiche da parte dell'amministrazione comunale, riguardo agli obiettivi di sostenibilità da conseguire e con cui

i nuovi interventi avrebbero dovuto rapportarsi. Ulteriori possibilità di sperimentazione ed eventuali applicazioni dello strumento ad altri contesti, cui siano riferibili obiettivi di sostenibilità che possano essere concretizzati e tradotti in un valore da attribuire al coefficiente specifico, potrebbero fornire ulteriori spunti di riflessione.

Nella realizzazione e sperimentazione dello strumento, uno degli aspetti che ha mostrato maggiore difficoltà e richiesto un notevole impiego, in termini di ore lavoro, è stata la definizione quantitativa dei dati territoriali utilizzati. Essi sono, infatti, stati ricavati attraverso una misurazione diretta sulla cartografia di riferimento (PTCP e PRG). La possibilità di poter associare lo strumento di valutazione, elaborato ad un software di Geographic Information System (GIS), consentirebbe la diretta acquisizione automatica dei valori utilizzati dagli indicatori. Inoltre questa integrazione tra applicazioni informatiche, permetterebbe la restituzione in automatico di mappe tematiche riportanti gli esiti della valutazione. La rappresentazione dei risultati su opportuni supporti cartografici, si configurerebbe come un'implementazione altamente positiva dello strumento realizzato. Tale modalità di visualizzazione dei dati, faciliterebbe la divulgazione dei contenuti della valutazione di sostenibilità, consentendo in maniera più agevole di rispettare i principi della partecipazione e consultazione del pubblico, che sono fondamentali nell'applicazione delle buone pratiche ambientali.

L'automazione dell'acquisizione e restituzione di dati e valutazione abbatterebbe, inoltre, in maniera sostanziale, i tempi di lavoro, contenendo conseguentemente i costi.

Il poter realizzare un così completo sistema di gestione di dati e di valutazioni territoriali, agevolerebbe indubbiamente la conduzione delle politiche di sviluppo e tutela del territorio. La sostenibilità impone che tali politiche siano condotte parallelamente e rivestite di pari dignità ed importanza.

La possibilità di poter considerare in un unico sistema di analisi le dinamiche economiche ed ambientali, si configura quale metodo di rilevanza assoluta per la valutazione e la gestione delle trasformazioni del territorio, secondo l'ottica della sostenibilità.

Bibliografia

AA. VV., *Strategia nazionale ambientale per uno sviluppo sostenibile*, Ministero dell'ambiente, 2002.

AA. VV., *Stato dell'ambiente della provincia di Pavia 2004*, Arti Grafiche Fiorin, Milano, 2004.

AA. VV., *Commissione delle Comunità Europee, Comunicazione della Commissione – sviluppo sosteni-*

nibile in Europa per un mondo migliore: strategia dell'unione europea per lo sviluppo sostenibile, Bruxelles, 15 maggio 2001.

AA. VV., *Commissione europea, DG XI <<Ambiente, sicurezza nucleare e protezione civile>>, Manuale per la valutazione ambientale dei Piani di Sviluppo Regionale e dei Programmi dei fondi Strutturali dell'Unione europea*, Environmental Resources Management, London, 1998.

AA. VV., *European Commission, The SEA manual – A Sourcebook on Strategic Environmental Assessment of transport infrastructure plans and programmes*, Bruxelles, 2005.

AA. VV., *Sustainable Community Indicators Trainer's Workshop*, HART ENVIRONMENTAL DATA, NORTH ANDOVER, MASSACHUSETTS, 1998.

AA. VV., *Progetto Enplan, Valutazione Ambientale di Piani e Programmi. Linee guida*, Regione Lombardia, Milano, 2004. ANPA (AGENZIA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE), *Linee guida per la Valutazione Ambientale Strategica*, 1999.

R. BARTH, A. FUDER, *IMPEL Project: Implementing Article 10 of the SEA Directive 2001/42/EC – Final report*, Öko-Institut e. V., Darmstadt, 2002.

W. BAUMOL, W. OATES, *The Theory of Environmental Policy*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1988.

J. BOJÖ, K. G. MÄLER, L. UNEMO, *Environmental and Development: an Economic Approach*, Kluwer, Dordrecht, 1990.

CSD (COMMISSION ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT), *Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies*, New York, 2001.

EEA, *Environmental Indicators: Typology and Overview*, Tech report 25, 1999.

EXPERT GROUP ON THE URBAN ENVIRONMENT, *Towards a Local Sustainability Profile: European Common Indicators*, 2001.

N. GEORGESCU-ROEGEN, *The Entropy Law and the Economic Problem*, Harvard University Press, Cambridge (Mass), USA, 1971.

GLOBAL URBAN OBSERVATORY, *Monitoring Human Settlements*, United Nation Centre for Human Settlements (Habitat), Nairobi, Kenia, 1997.

J. LE GOFF, *Documento/monumento, Enciclopedia*, vol. 5, Einaudi, Torino, 1978.

J. LE GOFF, *La nouvelle histoire*, Retz-Cepl, Paris, 1979.

A. LEROI-GOURHAN, *le geste et la parole. La mémoire et le rythmes*, Michel, Paris, 1964-65.

M. MONTRUCCHIO (A CURA DI), *Modulo secondo. L'applicazione. Sezione 3. Previsione e mitigazione degli impatti*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2000.

OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT), *OECD core set of indicators for environmental performance reviews*, Paris, 1993.

OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT), *Environmental Indicators*, Paris, 1995.

D. W. PEARCE, E. B. BARBIER, A. MARKANDYA, *Economics of Natural Resources and the Environment in the Third World*, Edgar Elgar, Aldeshot, 1990.

PROVINCIA DI TORINO (ASSESSORATO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E DIFESA DEL SUOLO – SERVIZIO PIANIFICAZIONE TERRITORIALE), *Piano territoriale di coordinamento: Piano strategico degli spazi verdi*

dell'area metropolitana torinese – Rapporto Ambientale, Torino, 2004.

RISOLUZIONE DELLA COMUNITÀ EUROPEA N. 93/C138/01, *Per uno sviluppo durevole e sostenibile – Programma politico e d'azione della Comunità europea a favore dell'ambiente e di uno sviluppo sostenibile*.

E. RIVELLA (A CURA DI), *Modulo terzo. La previsione di impatti e rischi. Sezione 4. la valutazione dell'impatto sugli ecosistemi terrestri*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2000.

C. SOCCO, *Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei PRGC*, Franco Angeli, Milano, 2005.

C. SOCCO (A CURA DI), *Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 1. Il concetto di sostenibilità ambientale*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001.

C. SOCCO (A CURA DI), *Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 3. Impatto, rischio, nozioni connesse e problemi di metodo*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001.

C. SOCCO, M. MONTRUCCHIO (A CURA DI), *Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 4. La tipologia degli impatti secondo componenti e fattori*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001.

C. SOCCO (A CURA DI), *Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 5. Il progetto e lo Studio d'Impatto Ambientale (SIA)*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001.

C. SOCCO (A CURA DI), *Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 6. La Valutazione Ambientale Strategica (VAS) dei piani a valenza territoriale*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001.

C. SOCCO (A CURA DI), *Modulo secondo. L'applicazione. Sezione 4. Compensazione e Bilancio d'Impatto Ambientale*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2000.

C. SOCCO, *Indice del grado di naturalità del territorio, Working Paper n. 2/02*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2002.

C. SOCCO, A. CAVALIERE, S. GUARINI, M. MADEDDU, *Cosa sono gli indicatori di sostenibilità e perché sono indispensabili, Working Paper n. 4/02*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2002.

C. SOCCO, A. CAVALIERE, S. GUARINI, M. MADEDDU, I. MARENGO, M. MONTRUCCHIO, *Sistema di indicatori per la valutazione della qualità del paesaggio periurbano, Working Paper n. 1/03*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2003.

C. SOCCO, A. CAVALIERE, S. GUARINI, M. MADEDDU, I. MARENGO, M. MONTRUCCHIO, *L'impronta urbanistica sul paesaggio periurbano, Working Paper n. 1/04*, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2004.

R. K. TURNER, *Sustainable Environmental Management: Principles and Practice*, Belhaven Press, London, 1988.

UNIONE EUROPEA, *Convenzione europea del paesaggio*, Firenze, 20 ottobre 2000.

DIR. CEE 2 febbraio 1979, n. 79/409/CEE, *Concernente la conservazione degli uccelli selvatici*.

DIR. CEE 27 giugno 1985, n. 85/337/CEE, *Concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati*.

DIR. CEE 21 maggio 1992, n. 92/43/CEE, *Concernente la conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche*.

DIR. CEE 27 giugno 2001, n. 2001/42/CE, *Direttiva del parlamento europeo e del Consiglio concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente..*

D. Lgs. 17 agosto 1999, n. 334, *Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di*

incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.

D. Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della L. 6 luglio 2002, n. 137.*

D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, *Norme in materia ambientale.*

¹ Expert Group on the Urban Environment, Towards a Local Sustainability Profile: European Common Indicators, 2001.

² C. Socco (a cura di), Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 1. Il concetto di sostenibilità ambientale, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001, pag. 9.

³ Attraverso il termine paesaggio si <<designa una determinata parte di territorio, così come percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva da fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni>>, secondo quanto stabilito nell'art. 1 della Convenzione Europea del Paesaggio (2000). Già la Conferenza di Rio (1992) aveva attribuito al paesaggio di essere un fattore di equilibrio tra patrimonio naturale e culturale.

⁴ Il documento, comunemente indicato come <<Quinto programma d'azione per l'ambiente>>, corrisponde alla Risoluzione della Comunità Europea n. 93/C138/01 titolata <<Per uno sviluppo durevole e sostenibile – Programma politico e d'azione della Comunità europea a favore dell'ambiente e di uno sviluppo sostenibile>>. Adottata nel 1993, si è conclusa nel 2000; attraverso essa l'Unione Europea si era impegnata a promuovere con le proprie politiche lo sviluppo sostenibile.

⁵ C. Socco (a cura di), Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 5. Il progetto e lo Studio d'Impatto Ambientale (SIA), Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001, pag. 3.

⁶ C. Socco, A. Cavaliere, S. Guarini, M. Madeddu, Cosa sono gli indicatori di sostenibilità e perché sono indispensabili, Working Paper n. 4/02, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2002, pag. 3.

⁷ Global Urban Observatory, Monitoring Human Settlements, United Nation Centre for Human Settlements (Habitat), Nairobi, Kenia, 1997, pag. 9.

⁸ Provincia di Torino (Assessorato Pianificazione Territoriale e Difesa del Suolo – Servizio Pianificazione Territoriale), Piano territoriale di coordinamento: Piano strategico degli spazi verdi dell'area metropolitana torinese – Rapporto Ambientale, Torino, 2004, pag. 1.

⁹ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), Environmental Indicators, Paris, 1995.

¹⁰ C. Socco (a cura di), Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 6. La Valutazione Ambientale Strategica (VAS) dei piani a valenza territoriale, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001, pag. 16.

¹¹ C. Socco, Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei PRGC, Franco Angeli, Milano, 2005, pag. 46.

¹² C. Socco (a cura di), Modulo primo. La teoria e il metodo. Sezione 3. Impatto, rischio, nozioni connesse e problemi di metodo, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2001, pag. 2.

¹³ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), OECD core set of indicators for environmental performance reviews, Paris, 1993, pag. 5.

¹⁴ C. Socco, Indice del grado di naturalità del territorio, Working Paper n. 2/02, Osservatorio Città Sostenibili, Torino, 2002, pag. 14.

¹⁵ Il <<Corine Land Cover (CLC)>> consiste in un programma europeo di monitoraggio del territorio. I dati vengono acquisiti attraverso l'interpretazione di foto scattate da satellite e integrate con dati supplementari derivati da carte geografiche, aerofotogrammetrici, informazioni statistiche, ecc.. Le informazioni, a diversi gradi di dettaglio, sono restituite attraverso carte tematiche e si riferiscono a superfici artificiali, aree agricole, foreste e aree seminaturali, zone umide e corpi idrici. Attualmente il CLC restituisce informazioni in scala 1/100.000; si prospetta una sua implementazione verso una scala di restituzione di 1/25.000, certamente più utile agli enti locali nei progetti di pianificazione. Pregio del CLC è costituito dal fatto di poter disporre di periodici aggiornamenti.

¹⁶ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), OECD core set of indicators for environ-

mental performance reviews, Paris, 1993, pag. 5.

¹⁷ C. Socco, Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei PRGC, Franco Angeli, Milano, 2005, pag. 47.

¹⁸ C. Socco, Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei PRGC, Franco Angeli, Milano, 2005, pag. 54.

¹⁹ CSD (Commission on Sustainable Development), Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, New York, 2001, pagg. 114-117.

²⁰ AA. VV., Progetto Enplan, Valutazione Ambientale di Piani e Programmi. Linee guida, Regione Lombardia, Milano, 2004, pag. 108.

²¹ Il Sistema Informativo territoriale (SIT) è rappresentato da quel complesso di professionalità, strumenti e procedure che permettono l'acquisizione, l'elaborazione e la distribuzione dei dati territoriali. Un corretto funzionamento del SIT permette la disponibilità dei dati in maniera immediata, uniforme, efficace e trasparente. Alla base del SIT vi è la concezione che i diversi dati raccolti (fisici, economici, ambientali, antropici, ecc.), specifici per un determinato settore di territorio, siano convogliati in un unico archivio ed essere associati ad una base cartografica comune. Questo per permettere l'esplicitazione univoca e contestuale di tutte le proprietà di una determinata area territoriale. Nel SIT confluiscono le diverse informazioni relative alle analisi territoriali, siano esse quantitative o qualitative. L'architettura relazionale del SIT collega alla cartografia dati dalla tipologia eterogenea: fenomeni fisici ed ambientali e dati socio-economici, demografici, statistici e normativi. Attraverso il SIT vengono integrati l'acquisizione, la gestione e la diffusione dei dati territoriali.

²² EEA, Environmental Indicators: Typology and Overview, Tech report 25, 1999.

²³ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), Environmental Indicators, Paris, 1995.

²⁴ AA. VV., Commissione europea, DG XI <<Ambiente, sicurezza nucleare e protezione civile>>, Manuale per la valutazione ambientale dei Piani di Sviluppo Regionale e dei Programmi dei fondi Strutturali dell'Unione europea, Environmental Resources Management, London, 1998, pagg. 42-44.

²⁵ CSD (Commission on Sustainable Development), Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies, New York, 2001, pagg. 114-117.

²⁶ D. Lgs. 17 agosto 1999, n. 334, Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose e D.P.R. 17 maggio 1988, n.175, Attuazione della direttiva 82/501/CE e s.m.i..

FOLDING ARCHITECTURE

Carmelo Lizzio

Università degli studi di Pavia – Dipartimento di Ingegneria Edile e del Territorio

XX Ciclo

Tutor: Prof. Angelo Bugatti

Abstract: *The search of scientific methods that demonstrated the validity of Euclid's postulates with respect to the axiomatic of Euclidean geometry, has carried towards the half of the 800, to the discovery of "not-Euclidean" geometries based on different postulate and theorems regarding those defined from Euclid in the 300 a.c. The descriptive geometry applied to the calculating has given the possibility to the architects of being able to describe the not linear natural systems, offering one infinite variety to them of shapes. Complex shapes - obtained from the topologic distortions of Euclidean geometric figures - applied subsequently to the architecture, have carried to the distortion of the space, having inverted the relationship between subject and object. The architectonic object, in this upsetting, becomes the customer. It "is observed" from the building that become subject. Falls the Kantian certainty of the space clearly defined all becomes uncertain - blur, transforming them in the Eisenstein's blurring, becoming the space of the unheimlich. The space fold and refold, generating itself the architecture of the folding, defined into the two methodological approaches: natural and artificial. The folding architecture becomes the new possible way to create a new designing method to integrate the people and the city.*

Geometria della realtà

La geometria euclidea definita da Euclide¹ nel libro gli "elementi" risale al 300 a.c. sino ai primi dell'800 è stato l'unico strumento matematico riconosciuto valido per la rappresentazione dello spazio oggettivo. Attraverso la definizione dei legami geometrici intercorrenti tra punto, retta e piano che sono gli elementi che combinati tra di loro danno vita allo spazio tridimensionale detto euclideo, o a 3 dimensioni, egli ha definito gli strumenti per individuare il sistema di rappresentazione della realtà.

Durante il XIX secolo, alcuni matematici nel tentativo di dimostrare la validità dei postulati di Euclide, più precisamente del V postulato², hanno definito delle geometrie nuove dette "non-euclidee", che si differenziano rispetto a quella euclidea, per avere come elementi base non più il punto e la linea ma punti all'infinito piuttosto che curve³. Queste geometrie sono state poi sistematizzate da Klein nel famoso programma di Erlangen il quale introduce il concetto della geometria delle trasformazioni e della topologia⁴.

Le ricerche effettuate in merito alla possibilità di poter rappresentare in modo sempre più preciso e scientifico la natura e la sua complessa organizzazione, ha portato alla definizione delle geometrie dette non-euclidee, e successivamente a quelle moderne (dette anche topologiche) che consentono di rappresentare attraverso

so delle relazioni semplici forme sempre più complesse.

La difficoltà nella interpretazione e riproposizione della complessità naturale è insito nel fatto che essa stessa è regolata da "strutture di connessione" (Bateson⁵), non lineari, e quindi un approccio di tipo euclideo risulta del tutto inadeguato all'obiettivo di individuare dei sistemi complessivi di rappresentazione della natura.

La geometria non-euclidea, introdotta intorno al 1820, detta anche della "complessità", in riferimento allo spazio geometrico amplificato riesce in qualche modo a fornire dei primi strumenti di interpretazione dei fenomeni naturali. Lo sviluppo delle geometrie legate ai processi di rappresentazione dello spazio è andato di pari passo alla evoluzione dei canoni stilistici dell'architettura moderna. Nello specifico l'apporto che tali geometrie hanno introdotto nella progettazione, è stato limitato ad una nuova sorta di definizione spaziale, offrendo una "base scientifica", ad un iter progettuale che trova esiti formali nei progetti di architettura organica, post Wrightiana, che attinge da forme topologiche semplici o complesse.

La geometria iperbolica e quella ellittica rispetto al processo progettuale risultavano comunque inadeguate, perché in effetti legate ancor più alla scientificità matematica, che ad un riscontro con la realtà percettiva e tangibile, in continuo evoluzione secondo logiche nonlineari e caotiche.

L'inadeguatezza degli strumenti matematici for-

niti a supporto della comprensione dei sistemi complessi naturali, svanisce nel momento in cui vengono introdotte a merito di personaggi come Mandelbrot, Thom e Leyton, le geometrie moderne. Bisogna quindi aspettare il 1971 con Mandelbrot e la teoria dei frattali, il 1988 con Thom e la teoria dei dispiegamenti universali (teoria delle catastrofi), sino ad arrivare al 2001 con la teoria della "forma come memoria" di Leyton, per vedere una matematica veramente capace di recepire le evoluzioni sociali in atto e renderle sistematiche e utilizzabili, generando un netto il distacco rispetto al minimalismo e perfezionismo matematico del movimento del Bourbaki⁶.

La *geometria frattale* o anche detta dell'irregolare, consente di visualizzare e descrivere analiticamente una serie di forme naturali molto complesse, che presentano ramificazioni, irregolarità e frastagliature o ripetizione di forme su diverse scale.

Le ramificazioni sono spesso riferite agli alberi od agli estuari di certi fiumi, le irregolarità si riferiscono ad esempio al profilo delle catene montuose, le frastagliature alle coste di un'isola, ed infine la ripetizione di forme su diverse scale, come le felci o cavolfiori.

La geometria definita attraverso il frattale è il primo strumento di geometria post "euclidea e non-euclidea" che fornisce degli strumenti operativi per descrivere, o meglio, ricostruire delle strutture complesse naturali.

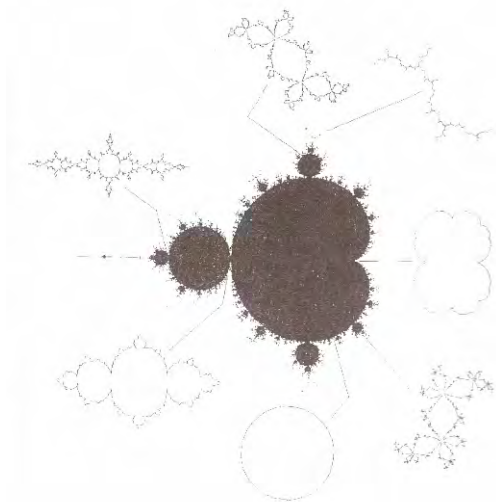


Fig. 1 Frattale di Mandelbrot

La *teoria delle catastrofi*, introduce il concetto di catastrofe, che può essere intesa come una transizione, da una forma ad un'altra, sulla base di meccanismi sottostanti di conflitto. Essa risulta ancora come una trasmutazioni di valori

formali, una apocalisse e una genesi al contempo. Una nuova struttura esplode insorge ed è generata dal conflitto di più forze che la generano e la trasformano.

In effetti tale teoria ha sicuramente contribuito alla definizione attraverso il concetto della biforcazione e dei punti di catastrofe, a produrre una teoria generale della piega a sostegno delle teorie di Deleuze. Difatti essa è una teoria ermeneutica che si sforza, di fronte a qualsiasi dato sperimentale, di costruire l'oggetto matematico più semplice che possa generarlo.

Difatti quello che la teoria delle catastrofi propone sono gli schemi generali che permettono di spiegare la genesi delle forme.

La teoria delle catastrofi o anche dei dispiegamenti universali, può essere definita attraverso la formulazione (seppure semplificata) di una lista di singolarità che consentono, in un primo approccio generale, di intuire il rapporto tra tale teoria geometrica e la sua genesi naturale, ovvero di come attraverso lo studio di sistemi biomorfologici, si sia giunti alla definizione della stessa.

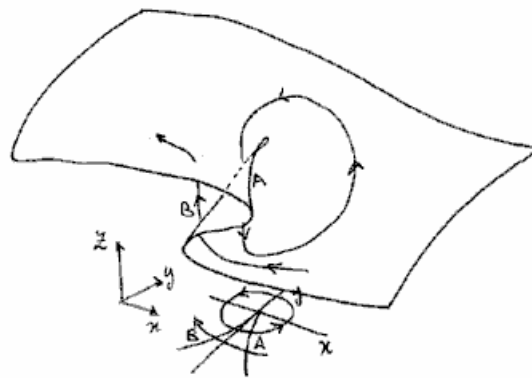


Fig. 2 Thom, il modello a cuspidale

La *geometria della forma come memoria*, dice che quella convenzionale, sostiene che le proprietà degli oggetti geometrici sono delle invarianti, ad esempio, quelle caratteristiche che non conservano la storia passata. In contrasto, la nuova geometria descritta da Leyton, sostiene che la geometria dovrebbe realmente studiare di queste caratteristiche che conservano informazioni circa il passato; ad esempio la geometria è lo studio della memoria.

Leyton introduce una grammatica della curvatura, introducendo il concetto che la storia della deformazione può essere composta di solo sei tipi di eventi a curvatura estrema, che costituiscono la grammatica per ricostruire ogni processo deformativo.

Questi sei eventi possono essere descritti come segue:

- Schiacciamento continuo sino

all'intaglio;

- Resistenza continua sino alla protusione;
- Formazione dello scudo;
- Formazione del golfo;
- Rottura attraverso una protusione;
- Rottura attraverso un intaglio;

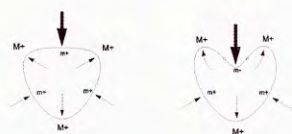


Figure 2.11: The downward squashing arrow (left shape) continues till it indents (right shape).

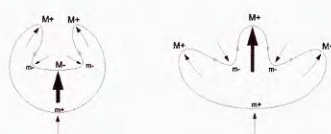


Figure 2.12: The upward resistance arrow (left shape) continues till it protrudes (right shape).

Fig. 3 Leyton, esempi di eventi che descrivono la grammatica della curvatura

ARCHITETTURA GEOMETRICA

La ricerca di nuove forme e nuovi approcci progettuali, ha portato ad un uso spesso improprio delle formulazioni legate alle concettualizzazioni relative alle geometrie non euclidee. Spesso di fatti si tratta solo di riproporre in chiave scenografica delle forme topologiche deformate, che si addicano alle esigenze di gusto e rappresentazione del progettista e della committenza.

Il nastro di Mobius, ad esempio è diventato ormai un luogo comune dell'architettura contemporanea, sebbene nella maggior parte dei progetti rimanga una figura retorica piuttosto che una struttura geometrica.



Fig. 4 Mobius House Ben Van Berkel

Costituito da una struttura topologica comples-

sa esso è assimilabile ad una forma ottenuta attraverso l'uso di una striscia di carta, alla quale gli si applica una torsione dei lembi finali, che vengono successivamente collegati per costituire un sistema unico ed omogeneo. La superficie diviene senza fine. Il sistema quindi definisce una superficie che è sempre collegata e che non crea mai discontinuità. Questo genere di geometria implica che il passaggio continuo tra spazi interni ed esterni sia sempre in continuità. Il caso della Mobius house di Ben Van Berkel, riprende il concetto del nastro utilizzandone l'analisi del diagramma funzionale che ne deriva, senza però mettere in evidenza il sistema topologico degli spazi reali.

LA GEOMETRIA DEL FOLDING

Il superamento dei processi di riproduzione formale di elementi geometrici ritenuti utili per generare architetture sempre più complesse, è superato dall'architettura del folding.

Il processo che è alla base di tale approccio architettonico nasce sulla base delle considerazioni fatte da Cache⁷ e Deleuze⁸, che ne introducono i primi concetti.

Cache e Deleuze, hanno introdotto il concetto geometrico della *piega*, partendo dalle interpretazioni che l'arte barocca prima e Leibniz⁹ successivamente, hanno fatto della stessa.

Nel libro *Le pli*¹⁰, Deleuze introduce una nuova interpretazione del parallelismo semantico tra Leibniz, ed il Barocco fornendo una chiave di lettura nuova delle affermazioni di Leibniz, stimolando una parte della poetica della progettazione di fine '900.

Deleuze, definisce la intima relazione esistente tra la piega, intesa come strumento formale di espressione artistica ed il pensiero barocco, introducendo degli elementi di affinità rispetto al movimento artistico già citato.

Egli considera tali affinità fondamentali per capire l'evoluzione del discorso sulla piega nella pratica della "architettura della piega" che possono essere riassunte come di seguito:

- La piega: l'infinito lavoro in svolgimento, non giunge ad una conclusione ma continua, per arrivare all'infinito;
- Il dentro ed il fuori: la piega dell'infinito separata o in movimento tra materia e anima, la facciata e la stanza chiusa, il dentro ed il fuori;
- L'alto ed il basso: essendo divisi nelle pieghe, la piega stessa si espande enormemente in entrambi i lati tanto da connettere l'alto ed il basso;
- Lo spiegamento: non è il contrario della piega ma è la continuazione stessa di questo atto;
- Tessitura: come la resistenza del mate-

riale, il modo in cui il materiale è piegato costituisce esso stesso la tessitura;

- Il paradigma: la struttura della piega non deve celare la sua espressione formale.

I processi di ripiegamento della materia, si poggiano fondamentalmente sul concetto di biforcazione e sdoppiamento, della materia stessa, intesa in un continuo di pieghe:

... il Barocco diversifica le pieghe, seguendo due direzioni, due infiniti, come se l'infinito stesso si dislocasse su due piani: i ripiegamenti della materia e le pieghe dell'anima... in basso, la materia è ammassata in un primo genere di pieghe... in alto, invece, l'anima canta la gloria di Dio, percorrendo le sue stesse pieghe senza mai giungere a svilupparle interamente, poiché esse vanno all'infinito

LA GENESI DELL'INFLESSIONE

La comprensione dei fenomeni geometrici della piega avviene attraverso l'introduzione della inflessione, intesa come *l'elemento genetico ideale della curvatura variabile, o della piega* il vero atomo, il punto elastico. Klee¹¹ enuclea l'inflessione come elemento genetico della linea attiva spontanea, testimoniando così la sua affinità con il Barocco e con Leibniz, in opposizione a Kandiskij.



Fig. 5 Paul Klee

Il punto per Klee è inteso come il “concetto non concettuale della non contraddizione” che percorre un inflessione. E' il punto stesso d'inflessione, là dove la tangente attraversa la curva. E' il punto-piega

Klee al fine di chiarire il significato della inflessione introduce una sequenza di tre schemi,

“... La prima riproduce l'inflessione. La seconda mostra che non vi è figura esatta e senza mescolanza, come affermava Liebzniz, ossia che non esiste «linea retta senza curve che non si mescolino», ma anche che non esiste «curva di una certa natura finita senza mescolanza di qualche altra, e questo nelle parti più piccole come nelle grandi», di modo che «non sarà mai possibile assegnare a un corpo una certa superficie precisa, come si potrebbe fare se vi fossero atomi». La terza delimita con un tratteggio il lato convesso, e libera così la concavità e il suo centro di curvatura, che cambiano di lato, da una parte all'altra del punto di inflessione”

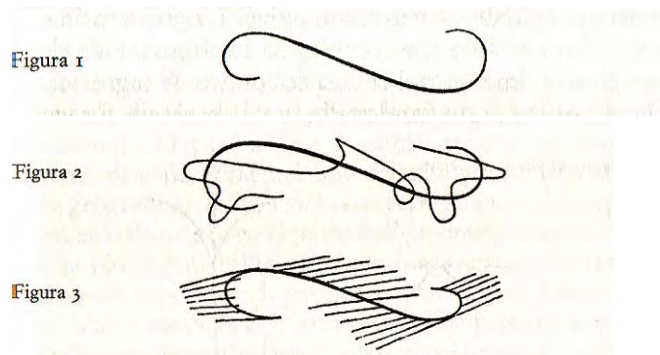


Fig. 6 schema dell'inflessione di Klee.

Klee attraverso la rappresentazione dei concetti relativi alla inflessione, ha fornito l'opportunità di dare uno spunto alla interpretazione degli stessi, al fine di strutturare delle poetiche architettoniche di riferimento.

L'utilizzo di curvature per definire ambiti più intimi o per generare delle deformazioni spaziali, trovano spunto appunto nei concetti di curvatura espressi da Klee.

La curvatura ha interessato anche la composizione di elementi di copertura, piuttosto che elementi divisori e pavimenti, creando una continuità spaziale che supera il concetto della distinzione spaziale tra soffitto, parete e pavimento.



Fig. 7 Son-O-House, Olanda di NOX

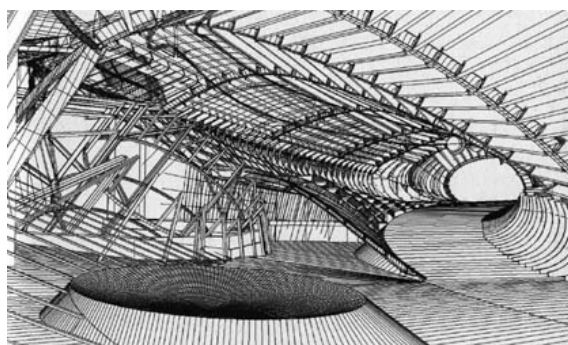


Fig. 8 H2O-Pavillon di NOX

L'INFLESSIONE COME PURO EVENTO

La formalizzazione dei concetti che ne sanciscono la scientificità e rappresentabilità dei modelli relativamente alla inflessione, viene fornita da Cache che introducendo il concetto di "puro Evento" relativamente al punto di inflessione, definisce una serie di trasformazioni a cui la stessa è soggetta.

Il concetto di "puro evento", segna che l'inflessione viene intesa come un elemento che si modifica nel tempo e che quindi subisce delle modificazioni che Cache suggerisce essere tre.

"Le prime sono vettoriali, o per simmetria, con un piano di riflessione ortogonale o tangente. Operando secondo le leggi ottiche, trasformando l'inflessione in punto di regresso o cuspidale, ovverosia in ogiva... le seconde trasformazioni sono proiettive: esprimono infatti, la proiezione, sullo spazio esterno, di spazi interni definiti da "parametri nascosti" e da variabili o singolarità potenziale.

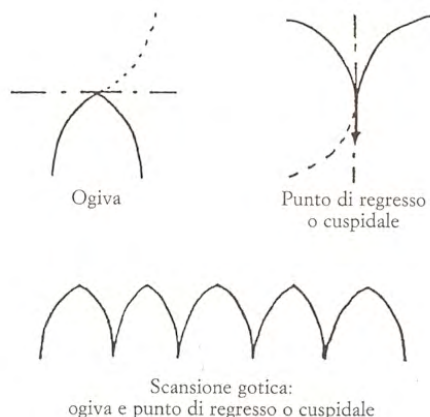


Fig. 9 schema delle modificazioni temporali dell'inflessione.

Le trasformazioni di Thom rinviano in tal senso a una morfologia del vivente, riassumendo i sette eventi elementari: la piega, la cuspidale, la coda di rondine, la farfalla, l'ombelico iperbolico, ellittico, parabolico.

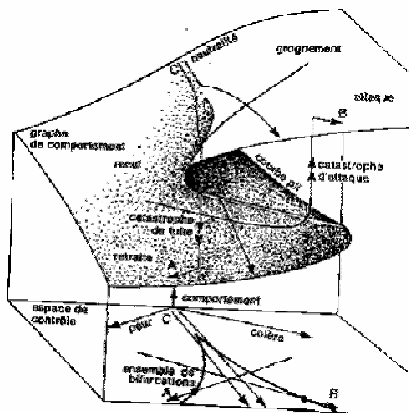


Fig. 10 grafico del modello di Thom per una catastrofe elementare a cuspidale

Da ultimo, l'inflessione in sé risulta inseparabile da una variazione infinita o da una curvatura infinitamente variabile. È la curva di Koch, ottenuta a forza di arrotondare gli angoli, nel rispetto delle esigenze barocche, e di farli proliferare secondo una legge d'omotetia: essa passa attraverso un numero infinito di punti angolosi e non ammette tangente in nessuno di questi punti, avviluppa un mondo infinitamente spugnoso e cavernoso, rappresenta più di una linea e meno di una superficie"

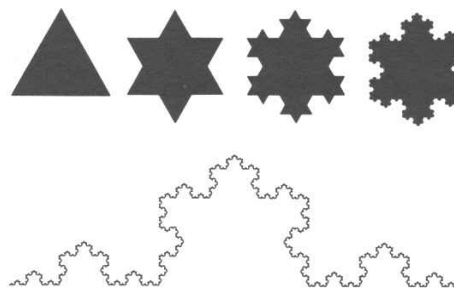


Fig. 11 grafico della curva frattale di Koch

Il folding come processo architettonico

La concettualizzazione della piega in architettura, ha avuto un riscontro importante nelle applicazioni moderne, Greg Lynn nel suo contributo, riguardo la piega *Architectural curvilinearità – the folded, the pliant and the supple*, introduce il processo del folding – nel senso di piegare – come la terza risposta architettonica alla complessità e variabilità culturali e contesti formali, in accostamento dei movimenti del decostruttivismo e del neo-classicismo.

Egli sottolinea, la circostanza per la quale, se è vero che il filosofo francese Jacques Derrida¹², ha avuto una forte influenza sull'architettura degli anni 80, attraverso il movimento del decostruttivismo, così Deleuze e Guattari, sono stati importanti per l'architettura degli anni 90, per l'architettura della piega.

Greg Lynn demarca chiaramente la distinzione nel processo generativo architettonico tra decostruttivismo e il folding. L'architettura decostruttivista opera con "una logica di conflitto e contraddizione", mentre il folding ha di base "una maggiore fluidità logica delle connettività".

Bernard Cache dice che

"l'architettura della piega è considerata come un metodo intelligente, per integrare intensamente, una serie di differenze entro un eterogeneo eppure continuo sistema, lavorando attraverso la sovrapposizione di piani lisci, un concetto largamente dimostrato attraverso l' analogia con la geologia della sedimentazione dei minerali."

Forma della viscosità e ripiegamenti sono considerati i nuovi strumenti della progettazione, definiti attraverso l'uso di forme sottili e flessibili.

Lynn definisce la curvilinearità, come l'elemento che caratterizza il linguaggio formale della architettura pieghevole. Quindi la comprensione delle architetture pieghevoli, necessità della comprensione della curvilinearità.

Il processo della curvilinearità che è alla base del linguaggio della piega, è descritto come un sistema delle molteplici relazioni, per il quale Lynn fornisce come paradigma alla geometria delle molteplici relazioni, il concetto della superficie topologia "elastica", relativamente ai diagrammi della teoria delle catastrofi di Rene Thom.

La base essenziale per la comprensione delle forme pieghevoli, trova un riferimento geometrico importante nelle geometrie inesatte di Husserl, le quali a dire di Lynn risultano essere:

"geometrie rigorose che sono in contrasto con le geometrie esatte, non possono essere riprodotte identicamente, sono irriducibili a punti singolari o dimensioni, ma possono essere determinate con precisione".

La successiva formalizzazione di queste geometrie inesatte introdotte, dal filosofo Husserl trova un riscontro negli studi di C.Rowe¹³.

CARATTERI DELL'ARCHITETTURA DEL FOLDING

La complessità delle caratteristiche che identificano l'architettura della piega, attraverso un processo di sistematizzazione dei risultati formali e di estrapolazione delle caratteristiche comuni ricorrenti ha portato alla definizione dei caratteri tipici elencati di seguito:

- Estensione: l'oggetto inteso come una serie infinita, quindi una variabilità seriale;
- Molteplicità: l'oggetto inteso come un intreccio di elementi, potenzialmente interattivi;
- Curvilinearità: inflessione, obliquità, piegamento delle superfici e geometrie non euclidee;
- Stratificazione: livelli e interfacciamenti tra fattori architettonici in contraddizione;
- Continuità: le proprietà topologiche delle superfici e dei principi organizzativi;
- Fluidità: interlacciamenti della struttura, fuzzy demarcazioni, e zone di probabilità;

Estensione

Questo concetto si riallaccia a quanto detto da Cache in merito alla concettualizzazione del suo "oggettile", ove se è vero che da un lato la nuova interpretazione dell'oggetto come puro evento dall'altro la possibilità di ottenere una riproducibilità seriale, di oggetti complessi.



Fig. 12 Bernard Cache, mobili di arredo non-standard

Molteplicità

Il complesso delle esperienze definite in merito alla piega in architettura, trovano definizione anche in sistemi riferiti alla produzione di oggetti, che come già dimostrato dalla collaborazione di designer e matematici, che riescono a fornire

delle implementazioni originali di nuove forme e nuovi oggetti, intesi come molteplicità di informazioni e metodi.

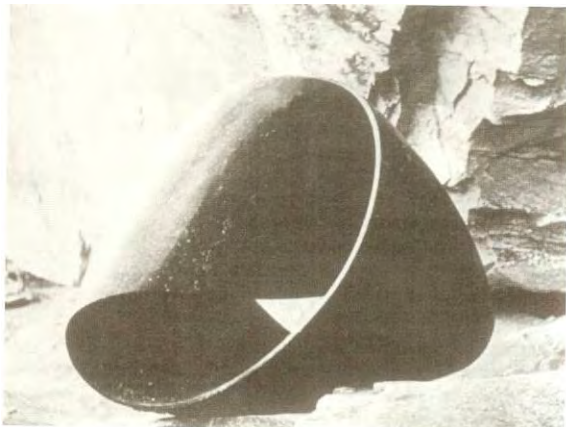


Fig. 13 Max Bill, Endless Ribbon, diorite

Curvilinearità

Lynn introduce questo concetto, come il “must”, riferito alla progettazione dell’architettura della piega, non vi è dubbio che essa stessa, è indicativa di un processo mentale e culturale, atto alla definizione dell’architettura piegata, nel senso di piega naturale o artificiale. Nella definizione globale della architettura piegata il significato che assume è più generale, inglobando i concetti di inflessione, obliquità, piega delle superfici e geometrie non euclidee che sono essi stessi gli strumenti con i quali la curvilinearità viene rappresentata in architettura.



Fig. 14 Koolhaas, Seattle Central Library

Stratificazione

La composizione ottenuta attraverso la stratificazione di più livelli in contraddizione tra loro, cioè attraverso un unico approccio progettuale, ma che a seconda delle stratificazioni può suscitare delle interpretazioni differenti, esemplificativo è il terminal di FOA a Yokohama, dove alla fluidità della copertura, si contrappone la

rigidità della composizione a origami della copertura del parcheggio. Il complesso di funzioni “stratificate” nel Terminal trova una soluzione nella piega, che in un sistema continuo e coerente ingloba tutto.



Fig. 15 FOA, Yokohama Port Terminal

Continuità

Il concetto stesso di piega riferito alla matematica di Thom, prevede che anche in presenza di catastrofi, la continuità della superficie sia mantenuta, come elemento stesso della piega o meglio della inflessione, come elemento generatore. La continuità delle superfici diviene uno strumento di controllo del processo progettuale in quanto consente di denunciare in maniera chiara e definitiva il sistema della piega, essendo esso stesso elemento caratterizzante della poetica della poetica progettuale.



Fig. 16 Ben Van Berkel, Mobius House

Fluidità

Il nuovo Eyebeam building, di NY attraverso la composizione della doppia striscia piegata, che è presente in facciata, definisce l’espressione formale del progetto. L’edificio è un complesso di infrastrutture tecnologiche e della loro interfaccia, all’interno di una pelle architettonica intelligente, composta da layer che attraverso delle variabili fuzzy compongono e definiscono il sistema dell’involucro. In questo sistema le informazioni che costituiscono il carattere generativo dell’edificio, sono libere di muoversi attraverso la fluidità delle pieghe che lo compongono.



Fig. 17 Dilier Scofidio, Eyebeam – museum of Art and Technology, New York

I processi generativi alla base dell'architettura del folding si distinguono essenzialmente in due metodi. Uno legato ad un processo più legato al raggiungimento di un processo artificiale di piega, definito come paperfold già introdotto da koolhaas, e successivamente approfondito da Sophia Vyzoviti e l'altro legato ad una architettura della natura intesa come la definisce cache legata ai sistemi complessi naturali.

LA PIEGA ARTIFICIALE – IL PAPERFOLDING

Il paperfold¹⁴ intende la piega come un processo generativo nella progettazione architettonica basato su principi di sperimentazione, della non linearità e del bottom-up¹⁵.

Tale approccio progettuale può essere considerato come un sistema aperto basato sulla evoluzione dinamica, il progetto evolve con l'alternanza di periodi di disequilibrio, intendendo quindi il progetto come generato da fasi di transizione.

La ricerca per assiomatizzare e definire gli elementi che sono alla base di una architettura della piega, trovano riscontro nel lavoro proposto da Sophia Vyzoviti. La Vyzoviti introduce il processo di "paperfold program", per sviluppare e definire i processi che sono alla base della architettura della piega. Il programma di paperfold, individua quattro fasi di transizione come possibili stadi del processo formativo dell'architettura della piega artificiale che definisce con: materia e funzione, Algoritmi, diagrammi spaziali-strutturali-organizzativi e prototipi architettonici.

Materia e funzione

Il concetto che si introduce è quello del cartone d'avorio, inteso come la capacità di un materiale che piegato fornisce alla carta un peso ed una capacità strutturale. La questione è quella

di esplorare estensivamente le trasformazioni della singola superficie di un foglio, in un volume, mantenendo la continuità del materiale; L'esperienza di trasformazione della carta può avvenire attraverso l'applicazione di una serie di semplici azioni che intervengono sul foglio di carta: piegare, schiacciare, sguale, piega, intaglio, taglio, tirare su, ruotare, torcere, ruotare, coprire, forare, tessere, spiegare. Nelle prime esperienze di generazione della piega è possibile apprezzare la piega della carta come un diagramma deluziano, che non rappresenta, ma piuttosto costituisce un nuovo tipo di ricerca architettonica nel campo dell'attualizzazione formale della stessa

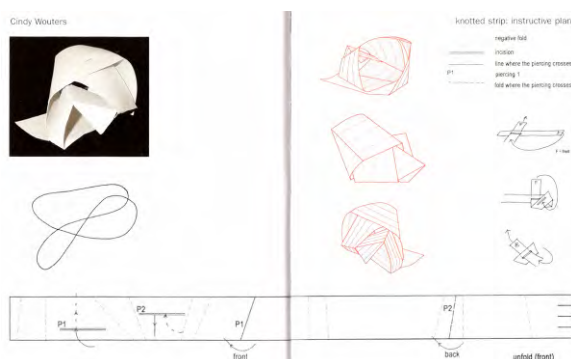


Fig. 18 esempio di foglio che diventa struttura

Algoritmi

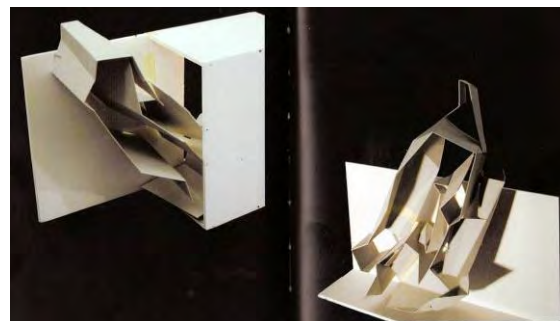
Il risultato delle applicazioni delle semplici azioni sul foglio di carta è un oggetto dinamico, instabile ed in evoluzione. Il Paperfold è esso stesso capace di mostrare le trasformazioni che hanno agito su di lui: intagliare, sguale o incidere sono evidenti sulla superficie della carta. Il "paperfold" spiegato, diventa una mappa dei processi che lo hanno originato. Ripetitivi processi di piega del foglio evolvono verso un primo tipo di sequenza di metodologie tecniche: triangolazione, stiramento delle forme, stratificazione delle pieghe, pieghe su pieghe, patterns come strisce, curve spline o spirali. La manipolazione, della superficie di carta per produrre dei volumi, diviene un vero e proprio curriculum delle azioni applicate, inteso come un programma delle attività svolte. La successione delle trasformazioni intese come il risultato per ottenere il paperfold, è esso stesso algoritmo genetico della forma. Quindi la questione in questa fase è quella di decifrare gli algoritmi del paperfold come un meccanismo morfogenetico. Capire e sviluppare gli algoritmi che definiscono le trasformazioni adottate al paperfold, infrangerebbero le singolarità dell'oggetto generando una serie di artefatti simili ma variabili. Questo reintroduce il problema della documentazione, richiede la annotazione come una serie di istruzioni che includono il tempo come variabile. Così il paperfold può essere inteso come un

evento, definendolo alla Leibniz ovvero come una estensione, dove gli oggetti si espandono dentro una infinita serie di variabilità contenenti nessun termine finale, senza un limite.



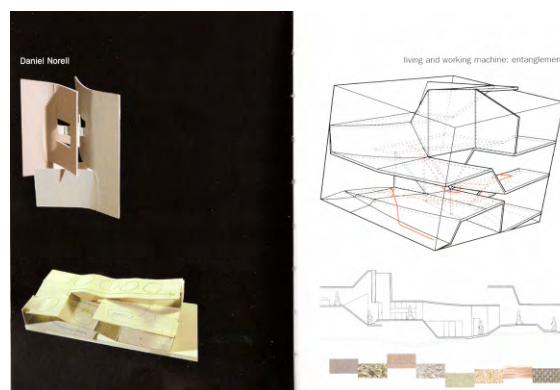
Diagrammi spaziale, strutturale e organizzativo

Lo spazio si caratterizza durante la fase di generazione del volume a seguito dei processi generativi. Il vuoto definito tra le pieghe del foglio, manifesta una forma curvilineare che non può essere esattamente definita. Mappare il paperfold come un diagramma spaziale richiede un'astrazione delle relazioni spaziali, ove le caratteristiche geometriche sono inizialmente irrilevanti. Le proprietà topologiche sono invece cruciali per descrivere gli spazi emergenti in un oggetto di paperfold; prossimità, separazione, successione spaziale, inclusione e contiguità. La questione in questa fase è quella di recepire e configurare lo spazio tra le pieghe attualizzandolo. Non già come una forma virtuale, di un possibile edificio o come un elemento geometrico astratto, ma come uno spazio accomodante, in un programma astratto. Uno spazio liscio che necessita di essere occupato deve essere calcolato, attraverso un programma, inteso come una serie di richieste, relative al corpo umano, una sequenza di informazioni legate alla successione dei movimenti e delle stasi. L'accessibilità è l'operazione essenziale in questa fase di calcolo dello spazio, la connettività, i percorsi e gli incroci, sono concetti che definiscono i diagrammi di spazio. Dando la consistenza del cartone d'avorio, la piega, la superficie liscia e la cerniera, acquisiscono proprietà strutturali nel processo di paperfold. La struttura definita nei processi di piega della superficie, attraverso la deformazione dei piani, ricevono e distribuiscono gli sforzi di tensione e di compressione. La superficie della piega è composta da una serie di patterns, che assurgono alla funzione strutturale, attraverso superfici triangolari di variabilità incrementata.



Prototipi architettonici

In un processo progettuale generativo della piega, l'oggetto architettonico non è l'obiettivo principale che deve essere realizzato. La fase di contestualizzazione dello spazio, della struttura e dell'organizzazione dei diagrammi astratti, che emergono durante la fase di progettazione sono sviluppati nei prototipi architettonici. La questione qui è quella di attribuire alle proprietà architettoniche a diagrammi che introducono parametri di materiale, programmi e contesto. In questa concettualizzazione possiamo definire un prototipo architettonico, come lo spazio, la struttura e l'organizzazione dei diagrammi che hanno acquisito una sostanza architettonica. Le nozioni disgiunte di incrocio, trans o disprogrammazione, che attribuiscono valenza architettonica ai diagrammi di paperfold è un progetto di ricerca che guarda reciprocamente tra le proprietà spaziali, organizzazione dei programmi e struttura. Attraverso la valutazione di questi prototipi si può verificare come quanto sino ad ora detto sulla architettura della piega può essere intesa come una strategia per gestire la complessità della integrazioni dei più disparati elementi dentro "un eterogeneo eppure sistema continuo".



Alcuni degli architetti che hanno riferito la loro produzione architettonica a tali processi come Koolaash, FOA, con le loro opere hanno offerto delle alternative progettuali alle necessità in continuo mutamento della società, con progetti che hanno fornito una nuova rappresentazione della realtà, più in linea con le esigenze mute-

voli dell'utenza.

Particolarmente interessante per gli esiti formali ottenuti in riferimento ai concetti espressi precedentemente, è il Terminal di Yokohama progettato dallo studio FOA, come esempio del processo di paperfold.

Nello specifico si fa riferimento alla copertura del parcheggio, la concettualizzazione della piega-struttura-origami, che genera un volume, dato dal movimento e dalla ripetizione delle pieghe in contrapposizione.

Il parcheggio che si trova al di sotto del livello del camminamento - esso stesso definito da un sistema fluido ondulato evocativo del movimento del mare - è definito dalla ripetizione degli elementi piegati secondo delle giaciture funzionali alla struttura.

I principi costruttivi e strutturali, intensificano il concetto spaziale della piega, attraverso l'assegnazione ai piani in acciaio, delle pieghe dell'origami, eliminando quindi la tradizionale separazione tra l'involucro dell'edificio e la struttura.



Fig. 19 vista interna della copertura del parcheggio del terminal di Yokohama in Giappone

LA PIEGA NATURALE – VISCOSITA' E RIPIEGAMENTO

L'altro aspetto della progettazione del folding quello legato alla generazione di una piega della natura, sfrutta gli elementi tipici dell'architettura detta topologica, intesa come la ricerca di nuove forme ottenute attraverso processi di deformazioni successive, che non alternino le caratteristiche intrinseche della forma geometrica. Le deformazioni avvengono sulla forma, lo spazio e la percezione.

Forma

"È grandiosa questa visione di una vita che il Creatore ha soffiato, con tutte le sue potenzialità, a poche forme o a una soltanto; e nella quale, da un inizio così semplice, le forme più belle e più meravigliose si sono evolute e si stanno evolvendo senza fine, mentre questo pianeta continua a girare secondo l'immutabile legge della gravità"

Charles Darwin

La definizione del concetto di forma, trova un ottimo interlocutore, in Focillon¹⁶, il quale distaccandosi dai termini e dalle impostazioni rigide di Cassirer, introduce il concetto della forma nel suo complesso del significato.

Nella introduzione al libro *la Vie des Formes*, di Focillon, Castelnuovo pone l'attenzione su come tutta l'opera di Focillon, sia strutturata sul problema del primato della forma, sia nell'ipotesi dell'esistenza di un universo delle forme con le sue leggi, il suo spazio, il suo sviluppo e le sue materie; sia nella definizione della forma e dei suoi rapporti con il contenuto che egli raggruppa nelle seguenti formulazioni:

- La forma non deve essere considerata come un segno portatore di un significato altro: il segno significa, la forma si significa;
- Il contenuto fondamentale della forma è un concetto formale;
- Una volta che il segno assume valore formale eminente il suo valore semantico viene modificato;
- Divenuto forma il segno aspira ad auto-significarsi;
- Una stessa forma può accogliere successivamente significati diversi;

sia nella rivendicazione della non separabilità di concezione ed esecuzione (così come di quella tra forma e senso) in questi termini:

- l'intenzione dell'opera d'arte non è l'opera d'arte;
- la forma non esiste che in quanto si realizza nello spazio, lo misura e lo qualifica;
- il principio interno della forma risiede nella propria esteriorizzazione.

Quindi in questa concettualizzazione della forma come espressione di un concetto più complesso del segno, attraverso le deformazioni acquisite significati diversi e modula e trasforma lo spazio che la contiene.

Quindi la forma *deformata* diviene strumento del folding per esprimere sistemi in evoluzione che si autodefiniscono. I processi di ricerca finalizzati alla definizione di forme sempre più complesse, non è solo riscontrabile nella produzione architettonica moderna. L'evoluzione della tecnica come strumento generativo delle forme ha contribuito a questo fine. Lo sforzo incessante di Gaudì nel generare forme sempre più complesse ma che allo stesso tempo dessero conto della semplice regola che è alla loro base ovvero la natura, ha dovuto utilizzare sistemi costruttivi sempre più complessi e sofisticati. Difatti la necessità di risolvere esigenze sempre più complesse, con sistemi semplici, ha richiesto la ricerca di forme complesse.

Spazio

Focillon dice:

Un edificio non è una collezione di superfici, ma un insieme di parti, le cui lunghezza, larghezza e profondità s'accordano tra loro in un certo modo e costituiscono un solido inedito, il quale comporta un volume interno ed una massa esterna

Il sistema di relazioni che regola la complessità della combinazione delle forme dell'architettura, che strutturano un edificio, conferiscono allo stesso una massività, che differenzia dalle forme delle tecniche della scultura e della pittura, possono influenzare il sistema di relazioni e di percezione di chi le vive. Dalla percezione della massa esterna non si coglie l'essenza dei volumi interni, i due concetti, sono parte dello stesso sistema ma hanno valenze diverse e talora possono essere divergenti, come già Loos dimostrava nei suoi progetti.

È indubbio che ogni qualvolta un edificio con la sua volumetria, ed i suoi profili, viene inserito nello spazio delle forme naturali, esso stesso genera un elemento nuovo, e tutto umano, alle quali, anche lo sforzo più arduo di conformarsi, o il loro accordo meglio calcolati, aggiungono sempre qualcosa di imprevisto.

Ma a ben riflettere, la cosa più meravigliosa è l'aver in qualche modo concepito e creato un universo dello spazio.

Focillon, con questa affermazione sottolinea come lo spazio naturale e quello del costruito non siano mimetizzabili, ovvero la forma dell'architettura, che genera lo spazio, abbia la caratteristica rispetto alle altre tecniche di generare un mondo interno generato dalla misura degli spazi e della luce.

A questa logica di impossibile mimesi dello spazio costruito rispetto a quello naturale, si aggiunge lo spazio rovesciato di Lacan, introdotto da Eisenman.

Eisenman introducendo il concetto di rovesciamento dello spazio, facendo riferimento alla logica lancianiana di spazio "altro"

L'idea dello spazio rovesciato o meglio del "rovesciamento", riguarda la possibilità di superare il soggetto dalla razionalizzazione dello spazio. In altre parole permettere al soggetto di avere una visione dello spazio non più associabile alla costruzione normalizzante, classicizzante o comunque tradizionale della visione, ma un'altra di uno spazio che guarda il soggetto.

Viene quindi rovesciato il rapporto soggetto/oggetto, divenendo l'oggetto ovvero l'architettura il soggetto che guarda l'utente, che diviene l'oggetto.

Eisenman introduce due possibili vie per comprendere il concetto di spazio "altro":

- Un primo passo possibile potrebbe essere quello di frapponere una separazione – distanza – da ciò che si vede rispetto a ciò che si conosce: separare l'occhio dalla mente;
- Un secondo passo possibile sarebbe quello di inscrivere lo spazio in modo tale da dare ad esso la possibilità di riguardare il soggetto;

Questo tipo di approccio progettuale è chiaramente legato al sistema di relazioni percettive e spaziali della progettazione dello spazio piegato. Paul A. Harris, nel libro *Deleuze and Space*, introducendo il concetto di bottom-up come sistema per progettare con la piega, dichiara come poi nella pratica progettuale diviene particolarmente complessa trasferire questo tipo di informazione, così come si nota nel progetto delle Simon Rodia's Watts Towers of Los Angeles.

Da un punto di vista filosofico, pensare alle watts towers, attraverso gli insegnamenti del lavoro di Deleuze, è una importante esperienza pedagogica, dove si impara a guardare con la mente e pensare con gli occhi.

Quindi lo spazio nella pratica della progettazione della piega subisce dei ripiegamenti che Deleuze descrive, essi stessi costruire un nuovo rapporto tra "orizzontale" e "verticale", figura e piano, interno ed esterno. Tutte strutture articolate dalla visione tradizionale.

Quindi a differenza dello spazio della visione classica, l'idea di spazio ripiegato si sottrae all'inquadramento e punta invece su una modulazione temporale. Lo spazio ripiegato non privilegia più la proiezione planimetrica, ma si traduce in una curvatura variabile.

L'idea di ripiegatura di Deleuze, va oltre la semantica descrittiva lineare dell'origami, delle sequenze narrative lineari ma piuttosto, rispetto ad una visione tradizionale, contiene la qualità del "non visto".

Qualità intesa come ciò che celato dalle dislocazioni spaziali della piega naturale, viene solo percepito, e non già visto nel senso comune del termine dove la vista è legata alla capacità di riconoscere oggetti, figure e colori, per la loro reale consistenza e non per le sensazioni che ci trasmettono.



Fig. 20 simon Rodia's Towers in Watts, Los Angeles

Percezione

Vidler, in riferimento alla architettura della visione o meglio all'architettura del percepito, scrive: Edmund Burke, seguito da Kant e dai Romantici, descrisse gli edifici non tanto in termini di rigidi attributi di bellezza, quanto nella loro capacità di evocare emozioni di terrore e paura.

Eisenman nel suo scritto oltre lo sguardo del 1992, introduce il concetto della visione, come

elemento alla base dell'architettura, visione nel concetto di

quella particolare caratteristica dello sguardo che lo mette in comunicazione col pensiero, che collega l'occhio alla mente

La visione a cui si riferisce Eisenman è quella prospettica monoculare, ovvero la prospettiva che riporta su una superficie piana tutte le proiezioni dello spazio.

In un saggio di Martin Jay, dal titolo *Scopic Regimes of Modernity* egli sostiene che

L'esperienza visiva nel Barocco ha una qualità quasi palpabile, che le impedisce di ripiegarsi all'interno del centrismo visivo assoluto appartenente alla rivale prospettiva cartesiana. Norman Bryson, nel suo articolo the Gaze in the expanded field, introduce l'idea dello sguardo "rovesciato". Egli discute lo sguardo nel senso dell'intruso proposto da Sartre¹⁷ in L'essere e il nulla o nel senso dell'oscurità di Lacan¹⁸, che attraversa lo spazio visuale. Inoltre Lacan introduce l'idea di uno "spazio rovesciato" che lo rende simile ad un'alterazione del campo visivo della ragione

Piranesi sviluppò effetti che tentassero in qualche modo di ottenere una diffrazione dello sguardo del soggetto monoculare creando visioni prospettiche con molteplici punti di fuga. Lo stesso principio alla base dell'architettura utopica degli Archigram, Superstudio o ancora CoopHimmelblau.

In termini architettonici, la sensibilità per gli oggetti in quanto capaci di rispecchiare le condizioni (più che l'aspetto) del corpo fu teorizzata per la prima volta sul finire dell'Ottocento dalla neonata psicologia dell'empatia. Lo storico dell'arte Wölfflin, nel tentativo di definire il cambiamento di stile dal Rinascimento al Barocco in base alla tesi da lui esposta nel 1886, *Prolegomeni a una psicologia dell'architettura*, si servì della nuova disciplina psicologica per reintrodurre il corpo nel discorso, ma in maniera attiva completamente trasformata:

Noi giudichiamo ogni oggetto in analogia col nostro corpo. Non solo esso per noi si muta – anche se di forma diversissima – subito in un essere con capo, piede, fronte e tergo; non solo abbiamo la convinzione che esso non possa trovarsi bene se è inclinato o se minaccia di cadere, ma con una incredibile finezza dei sensi, abbiamo anche la sensazione della gioia o del malessere nell'esistenza di qualsiasi configurazione o di qualsiasi immagine, per quanto questa sia da noi lontana. La vita cupamente impacciata dell'oggetto informemente conglomerato, che non possiede organi liberi e che sta pesando e immoto, ci è concepibile ugualmente, come il senso chiaro e fine di ciò che è delicatamente e leggermente articolato

Vidler dichiara come, osservando l'architettura di CoopHimmelblau o, meno marcatamente di Tschumi, chiunque possieda un corpo si sentirà inevitabilmente minacciato, poiché le distorsioni reciproche e le assenze percepite

dall'osservatore in risposta alla proiezione riflessa di empatia fisica hanno sul corpo un effetto quasi viscerale.

Vidler prosegue dicendo:

Noi ci sentiamo contorti, torturati, tagliati, feriti, sezionati, con le viscere a nudo, impalati, immolati; siamo sospesi in uno stato vertiginoso o gettati nella confusione tra credere e percepire. È come se l'oggetto partecipasse attivamente all'auto smembramento del soggetto, riflettendone lo sconvolgimento interno o persino precipitandone la disgregazione.

Questo si riferisce al concetto dell'unheimlich, ovvero alla perdita dell'heimlich, nel concetto introdotto da Freud quando si riferisce alla sensazione del perturbante. Egli per definire tale concetto si rifà al concetto del focolare della casa propria dove tutto è heimlich, ovvero intimo, che fornisce un senso di protezione e di sicurezza.

In questa condizione di perturbante e di dislocazione delle sensazioni primordiali di serenità del corpo rispetto all'architettura, che si introduce il concetto espresso prima da Gaston Bachelard e successivamente ripreso da Sartre del "coefficiente di avversità".

Sartre formula, piuttosto il nostro rapporto originale con il mondo come il fondamento della rivelazione del corpo: "invece di essere il corpo prima per noi, a manifestarci le cose, sono proprio le cose-utensili ad indicarci il corpo nella loro apparizione originaria", "il corpo – conclude Sartre – non è uno schermo tra noi e le cose: manifesta solamente l'individualità e la contingenza del nostro rapporto originario con le cose-utensili".

Il corpo di Sartre, ovvero il soggetto nello "spazio rovesciato" di Lacan, partecipa di un mondo nel quale deve immergersi e al quale deve sottomettersi prima ancora di essersi riconosciuto in quanto corpo. Conosce se stesso proprio perché è definito in rapporto a complessi utensili a loro volta minacciati da altri strumenti, intesi come "congegni distruttivi".

Il corpo sa di esistere perché sperimenta un "coefficiente di avversità". Dunque laddove, nella teoria classica a partire da Alberti, la casa è una buona casa nella misura in cui è costituita in analogia con il corpo, e la città è una buona città per gli stessi motivi, in termini sartriani il corpo è visto come un'entità esistente solo in virtù dell'esistenza della casa: "solo in un mondo può esservi un corpo".

Un approccio al superamento di questa condizioni di disagio espressa da Vidler, per l'architettura della rottura e del rovesciamento, è espressa da Eisenman, che introduce il concetto di spazio affettivo:

Lo spazio tradizionale può essere considerato "effettivo": funziona, protegge, è significativo, inquadra, è

estetico. La ripiegatura è invece un movimento che va dallo spazio "effettivo" allo spazio "affettivo". La ripiegatura non è un'altra forma di espressione soggettiva, una promiscuità, ma piuttosto si dispiega nello spazio seguendo il proprio funzionamento ed i propri significati, ciò che può essere definito una condizione eccessiva o "emozionale". Lo spazio ripiegato è un tipo di spazio "emozionale", che riguarda quello aspetti che non sono più associati all' "effettivo", che sono molto più della ragione, del significato, della funzione.

Lo spazio affettivo, si distacca dalla logica dello spazio cartesiano, ed introduce ad un'altra logica, una logica primordiale non più traducibile in una visione della mente, separando la ragione dalla visione.

Lo spazio ripiegato offre la possibilità di un'alternativa al reticolo dello spazio dell'ordine cartesiano: esso produce una dislocazione della distinzione dialettica tra figura e piano e al suo posto pone ciò che Gilles Deleuze definisce lo "spazio omogeneo".

Quando l'ambiente è ripiegato, attraverso piani e sezioni che si inseriscono dalla linea di terra sino alla sommità, in una logica di spazio come quello definito da Thom, all'individuo non rimane più la funzione discorsiva; ovvero non si chiede più all'individuo di comprendere lo spazio. Non solo l'ambiente risulta quindi separato dalla visione: ma propone anche la propria visione, una visione "rovesciata" sull'individuo.

La ripiegatura dislocando la funzione discorsiva, attribuita all'edificio, crea una "condizione di tempo, di evento", nel quale esiste la possibilità che sia l'ambiente ad osservare il soggetto proponendo la possibilità di uno "sguardo oltre".

Maurice Blanchot¹⁹, introduce il concetto di "sguardo oltre", inteso come la possibilità di vedere ciò che di solito rimane nascosto dalla visione. Lo "sguardo oltre" apre la possibilità di vedere ciò che Blanchot chiama la luce nascosta nell'oscurità.

Entrambi gli aspetti progettuali sino ad ora descritti rientrano in quella che si definisce comunemente architettura della piega, quella architettura che Lynn definisce necessaria per interpretare le variazioni sociali e i processi evolutivi in atto. Certamente però è innegabile che i due approcci diano esiti formali differenti, e che rispondano ad esigenze differenti. Il modo di piegare che utilizza Koolhaas nel disegnare la biblioteca centrale di Seattle, è diverso dal modo in cui Hadid piega il territorio per disegnare il museo di Cagliari. Nelle pieghe di Koolhaas c'è la volontà di generare dei gesti che creano delle contraddizioni visive evidenti a voler riproporre delle deformazioni spaziali, con un atteggiamento concitato, più legate alla volontà di generare dei contrasti tra involucro dell'edificio e sistema urbano, mentre nelle pieghe di Hadid, c'è

la volontà di confrontarsi con il paesaggio circostante quasi per cercare la mimesi formale, generando poi all'interno le dislocazioni spaziali come massima espressione della piega.

Quindi la piega dell'origami, quella artificiale è più legata ad un concetto di ricerca del conflitto con il territorio circostante generando delle deformazioni spaziali a livello urbano, mentre quella della tessuto, più naturale realizza quasi la volontà di voler essere in mimesi con il territorio, generando poi al suo interno dei conflitti spaziali.

La distinzione che faccio quindi è la seguente:

- l'architettura commestibile, più morbido e viscoso come Gaudi, Eisenman, NOX, Hadid, Rashid, intesa come ripiegamenti della materia, introducendo il concetto di piega definito da Deleuze, come il connubio tra la scientificità degli studi matematici e filosofici di Leibniz, e la piega dell'arte barocca nel suo significato più epistemologico;
- l'architettura impacchettata più duro e ripetitivo, "artificiale", come FOA, REM Koolhaas, Ben van Berkel, Calatrava, Lynn, intesa come forma rigida piegata, nel senso di impacchettata, forma della struttura, che quindi in essa trova la sua espressione più chiara. Quindi la ripetizione dell'elemento piegato diventa esso stesso il progetto.

Il processo tecnologico dell'architettura del folding

Indagare su quali sono le relazioni che si instaurano tra, la nuove tecniche progettuali, cultura e produzione architettonica, serve per capire cosa ad oggi ci offre lo scenario progettuale, e quali possono essere le ripercussioni in ambito, sociale e tecnologico.

Ali Rahim, nel suo libro *Contemporary techniques in Architecture*, attua una ricognizione, sul contributo di coloro che sperimentano e applicano questi processi, con tecniche innovative utilizzate per la progettazione architettonica.

Egli sostiene che :

The interaction between technology and the user creates the possibility for qualitative cultural transformation through the transmission of behaviours that are replicated (L'interazione tra gli utenti e le tecnologie crea la possibilità per trasformazioni culturali qualitative attraverso la trasmissione di modelli che sono replicati)

Il contributo delle tecniche contemporanee, si trova nel progresso di una cultura che è guidata tramite processi "machinistici" che si auto-organizzano, creando biforcazioni e fornendo i nuovi risultati odierni.

Manuel Delanda, esplora le possibilità contenu-

te all'interno degli algoritmi genetici, nei quali la simulazione evolutivistica rimpiazza il progetto a dei software allevano nuove forme, che si autogenerano nei processi evolutivi. Questi processi enfatizzano il ruolo della genesi auto-organizzativa delle forme con l'uso dei software, forme altrimenti inimmaginabili per i progettisti.

Le relazioni che intercorrono tra le tecniche e gli oggetti materiali, può attuarsi attraverso una organizzazione dinamica della struttura che sfida la statica dell'oggetto formale. Kristina Shea ha creato un prototipo di sistema di sintesi tecnica che ha chiamato eiffForm, che mette in relazione l'oggetto materiale con gli aspetti di geometria, topologia e principi strutturali ingegneristici. Il progetto è inteso come un work-in-progress, dove la forma dell'oggetto si adatta alle necessità compositive, generando rapidamente sempre una serie di nuove forme, attraverso interazioni dinamiche con il materiale.

Rahim dice

Comprendere le trasformazioni delle condizioni contemporanee, significa acquisire conoscenze progettuali ottenute dall'esplorazione delle potenzialità delle tecniche contemporanee

Mettendo quindi in stretta relazione la evoluzione sociale con quella tecnologica, in un processo simbiotico dove i due processi non possono essere scissi, non esiste la tecnica se non esiste l'evoluzione sociale.

Nell'ambito dello scenario progettuale oggi presente il gruppo di progettazione Foreign Office Architects utilizza il potenziale "affettivo" delle tecniche di architettura, per sviluppare delle alternative dinamiche ai loro progetti. Un esempio è quello dell'uso sequenziale di addizioni integrative per produrre l'indeterminatezza, incrementando molti spazi ambigui ed effetti scenici programmatici che hanno la capacità di risaltare a differenti scale e livelli dell'architettura.

Gli effetti della programmazione organizzativa, della organizzazione spaziale e materiale, mettono in discussione tutti i limiti precedenti dell'architettura, dentro/fuori e figura/paesaggio, provocando un nuovo sistema di organizzazione aperta, dell'organismo architettonico. L'attualizzazione di queste metodologie organizzative nei progetti, può essere compresa in riferimento alla loro capacità di produrre effetti, capaci di promuovere nuovi effetti capaci di trasformare la cultura. Varie tecniche sono, in combinazione con l'organizzazione dei materiali, producono effetti che dimostrano la massima efficacia culturale. Sia Scott Cohen, nel progetto dell'Eyebeam Atelier, che Kolatan/Mc Donald studio, utilizzano la ricombinazione logica di tecniche nuove e materiali per produrre una serie di nuovi effetti, che producono una gamma di differenti protocolli programmatici, rendendo

appropriate e adattando le strutture alle particolari necessità e desideri di chi ci abita.

Le tecniche contemporanee hanno sviluppato una nuova sensibilità, ad una geometria ambigua, attraverso la composizione di nuove forme, e nuovi modi di occupare gli spazi.

Rahim fa una riflessione dicendo che:

The future of contemporary techniques resides in the production of a feedback loop capable of instantaneously testing the effects of their generative techniques (il futuro delle tecniche contemporanee risiede nella produzione di un circolo a ritroso capace di testare istantaneamente gli effetti dei processi generativi di tali tecniche)

Questa riflessione serve per comprendere come in effetti le tecniche contemporanee, siano un vero e proprio circolo, sono l'inizio e la fine del cerchio che contiene al suo interno le culture e l'essere umano, dove in un continuo processo di interazione con le nuove trasformazioni, culturali e progettuali si auto-generano. Le tecniche costruttive e quelle produttive come :prototipazione rapida; macchine a controllo numerico; tagliatrici laser; stampe tridimensionali; massimo adattamento della massa; modanatura flessibile con gel; possono essere intese come una parte della proliferazione culturale.

La cultura contemporanea e le tecniche contemporanee si sviluppano simultaneamente, con profondi effetti sulla produzione architettonica. Architetti che sperimentano trarranno i vantaggi da questa simultaneità e le nuove tecniche potranno trasformare i loro elementi strutturali speciali come elementi della produzione corrente nell'industria. Ali Rahim pone l'attenzione su come la potenza delle tecniche contemporanee, possa influenzare e trasformare le relazioni sociali, culturali e politiche.

L'interazione produce un modello di comportamenti che porta risultati a nuovi livelli di performance e crea nuovi effettivi modelli di comportamento. Infatti, le tecniche contemporanee sono esse stesse nuovi effetti di tecniche precedenti, intese come il risultato di un ulteriore trasformazione culturale attraverso un complesso sistema di risposte ed evoluzione.

Progettare con nuove tecnologie, quindi, significa ottenere oggetti architettonici sempre più complessi, che necessitano di tecniche più sofisticate per controllare i vari processi.

I sistemi CAM (Computer Aided Manufacturing) e CAE (Computer Aided Engineering) sviluppano dei rapporti e delle connessioni tra modelli digitali ed elementi fisici che hanno aperto tutta una nuova serie di possibilità e potenzialità nel campo della progettazione.

La possibilità di utilizzare la progettazione CAD non più soltanto come strumento di visualizzazione di immagini o di produzione di elaborati grafici, ma come una vera e propria fase di un

percorso in cui le varie parti sono strettamente connesse attraverso un feedback continuo pluridirezionale. L'idea stessa di modellazione, nella sua accezione più completa, è basata sul concetto di modello progettuale come insieme di relazioni di dati che già all'interno della fase CAD sono strutturati, a loro volta, in specifici momenti progettuali ad ognuno dei quali è demandata una precisa funzione, ma sempre strettamente connessi in rapporti reciproci all'interno di un processo unico. Queste connessioni permettono una serie di verifiche e di scelte progettuali fino a pochi anni fa impensabili, e indispensabili oggi all'interno di molti cicli produttivi per assicurare qualità del prodotto e concorrenzialità in termini di mercato.

Il processo di Ingegnerizzazione del prodotto, inteso come la possibilità di ottenere un confronto di tipo interattivo, mettendo in relazione più parti dello stesso processo, consente di ottenere un prodotto finale altamente efficiente ed efficace. Una parte importante del processo progettuale è come già detto la prototipazione del modello che consente di avere un controllo completo sull'esito formale del progetto. Il passaggio dall'ambiente CAD a quello fisico, può essere di tipo biunivoco, cioè da un lato è possibile ottenere riproduzioni fisiche accurate di modelli digitali, dall'altro si può trasferire qualsiasi geometria anche complessa di un oggetto fisico all'interno di un calcolatore. La biunivocità del processo consente una doppia funzione: fornire il feedback necessario per compiere eventuali modifiche in fase progettuale e successivamente essere matrice del processo di produzione; essere la fase iniziale del percorso progettuale e quindi offrire la possibilità di regolare con una serie di informazioni topologiche il ciclo produttivo. La procedura, che ci permette di ottenere modelli veri partendo dalla digitalizzazione del progetto grazie al Computer Aided Manufacturing, si attua per mezzo di macchine di due tipi principali: il sistema CNC (Computer Numeric Control) per asporto di materiale attraverso frese; la Prototipazione Rapida che, all'opposto, lavora per aggiunta di materiale. Il processo inverso invece di Reverse Engineering, permette, attraverso sofisticati sistemi di scansione, di acquisire i dati di superficie di topologie anche complesse di prototipi artigianali e di restituirli sotto forma di modelli di superfici all'interno dell'ambiente di lavoro digitale.

IMMAGINI DI ARCHITETTURA COMMESTIBILE



Fig. 21 Gaudí, Barcellona



Fig. 22 Hadid, Cagliari



Fig. 23 Eisenman, Santiago de Compostela



Fig. 24 Van Berkel, villa NM



Fig. 25 Nox, Olanda



Fig. 26 Future System, Biblioteca di Praga

IMMAGINI DI ARCHITETTURA IMPACCHETTATA



Fig. 27 FOA, Yokohama



Fig. 28 Ben van Berkel, Mobius house



Fig. 29 Calatrava, Saviglia



Fig. 30 libeskind, Denver Art Museum



Fig. 31 Koolhaas, Seattle



Fig. 32 Coop Himmelblau, Akron Art Museum

Il folding come possibile evoluzione del tipo in architettura

Comprendere quale importanza risieda nella forma, che deve essere resa sensibile per manifestare tutte le sue attitudini, per far sì, come afferma Schiller, che l'uomo raggiunga la libertà; così come l'importanza del linguaggio che è vincolato da regole, violando le quali non si entra in un nuovo territorio, ma si abbandona solo il dominio del discorso significativo, come afferma Bugatti, ed è proprio attraverso l'uso dell'architettura del folding che ciò si realizza. Oggi la società che muta, necessita di nuovi modelli di vita e di spazio, quindi di nuovi significanti. Si genera quindi un processo di ridefinizione degli spazi del vivere nuovo. Decade, il concetto di casa inteso come tipo, che definito da elementi piani come pareti, soffitti e pavimenti, genera uno spazio ben definito e riconoscibile dall'utente all'interno del quale egli si sente protetto. I luoghi del folding si prospettano come possibile soluzione, dove il soggetto diventa oggetto e l'oggetto diviene soggetto, in una visione lacaniana del rovesciamento dell'universo. Luoghi, dove sarà possibile, ottenere un rinvigorismento dello spirito, in una logica barocca di stordimento percettivo e di rinascita sensoriale. Deleuze nella sua interpretazione della casa barocca preludeva al concetto di luoghi in continua evoluzione essendo essi stessi determinati dalle modificazioni culturali e sociali che si manifestano, riferendosi alla metafora dei due elementi che compongono l'essere umano: il corpo e l'anima che si interfacciano attraverso la piega.

Egli la descrive come composta da due piani. Il piano terra con gli spazi del vivere, dove ci sono le porte le finestre. Luce, suoni, odori e sensazioni entrano attraverso di essi. Come se fossero gli occhi e le dita, la bocca e le labbra; loro sono il corpo esposto alle influenze ed ai flussi di sensazioni. Il primo piano è costituito da un pavimento di pieghe della materia, che riceve le sensazioni e le fa proprie, trasmettendole all'interno del piano. Le finestre e le porte attraverso le quali entrano le sensazioni nella casa fanno di questa interiorità una atmosfera fluttuante. Inutile dire che l'anima (o la monade) risiede al primo piano. Il suo esterno è il piano terra attraverso cui percepisce la vita che si evolve e si modifica nel tempo. Emerge in questa situazione lo spazio prospettico: per comprendere come questo (la vita mutevole del piano terra, il corpo) recepisca le variazioni o le inflessioni, lo si può intendere come punto di vista. Inteso come la base del prospettivismo: ciò che appare al soggetto può essere condizionato da quello che accade nella living room, ma come questo appaia a lui è condizionato da come lui determina (forme, figure)

ciò che vede.

La casa barocca è l'estensione filosofica del concetto per il quale le pieghe (del pavimento) siano lo strumento ottimale in grado di recepire gli stimoli provenienti dall'esterno e trasformarli in percezioni prospettiche e spaziali per l'anima, ovvero per il soggetto che vive al primo piano. Ecco che l'uso del folding in architettura, diviene una via, per consentire all'uomo di vivere e relazionarsi con la società cogliendo la pluridimensionalità degli stimoli della vita odierna. Giardini diceva che la mente umana dovrebbe vivere secondo le regole della natura, ovvero di un mondo che va oltre le tre dimensioni che percepiamo essendo la natura stessa regolata da sistemi complessi pluridimensionali. La mente umana fa fatica ad accettare tali stimoli, avendo vissuto in uno stato di svilimento percettivo essendo stata relegata in spazi anonimi ma "sicuri". Ecco perché la necessità di superare il concetto del luogo sicuro, aumentando la capacità della mente di recepire sensazioni extra percettive, prediligendo geometrie dello spazio più complesse. Il superamento quindi della "stanza quadrata", la ridefinizione dello spazio che consente all'utente finale di percepire stimoli sempre più complessi, che lui imparerà ad accettare senza fatica. L'interazione con il mondo che ci circonda, crea le condizioni per cui si è sempre più disposti a vivere in spazi geometrici non semplici, ma complessi adatti alla complessità della vita quotidiana. Una quotidianità fatta di velocità negli spostamenti, velocità nello scambio di informazioni, ma soprattutto di possibilità di amplificare le proprie sensazioni. La capacità di aprire la mente a nuove esperienze sensoriali porterà inevitabilmente alla creazione di spazi sempre più complessi, sempre più della vita, sempre più del folding. Il fiorire di architetture complesse, è sempre più agevolato dalla crescente capacità tecnica e tecnologica che l'uomo sta acquisendo, attraverso l'uso di tecniche avanzate in tutti i campi del sapere dalla scienza alla filosofia. Tecniche di gestione e di controllo, sono quindi gli strumenti necessari perché le architetture "complesse", possano essere realizzate e quindi far parte del vivere comune. Si evolvono i sistemi di reverse engineering e prototipazione rapida attraverso i quali si riesce a controllare il progetto in tutte le sue fasi, il processo di folding, introduce il concetto del paradigma elettronico (Eisenman), ove esso diviene quindi il vettore attraverso cui si inducono nella società innovazione funzionale, strutturali e tecnologiche. Tutto ciò conduce alla riflessione di Rahim, secondo cui il folding è la concretizzazione del sistema generato dalla iterazione delle tecniche contemporanee, società e architettura. Le tecniche contempo-

ranee danno la possibilità, di poter vivere maggiori complessità sociali, allora le sperimentazioni progettuali potranno avvalersi di strumenti sempre più raffinati, e quindi porteranno alla definizione di costruzioni sempre più estreme,

che diverranno i luoghi delle esigenze sociali complesse. Ecco che si crea una spinta culturale e tecnologica, che ingloba tutta la società che si evolve e muta con il mutare delle evoluzioni progettuali e tecnologiche, del folding.

Bibliografia

- AA.VV., *Architectures non standard, catalogo della mostra al Centre Pompidou*, Paris 2003
 AA.VV., *The visual Mind: Art and Mathematics*, Massachusetts 1993
 ABBOTT E. A., *Flatlandia : racconto fantastico a più dimensioni*, Milano 1997 (ed. originale 1882)
 ARREDI M.P., *Le ragioni della forma*, Roma 1985
 BACHELARD G., *La poetica dello spazio*, Bari 1975
 BATESON G., *Mente e natura*, Milano 1984
 BENEVOLO L., *Le origini dell'architettura* 2003
 BENINCASA, *Architettura come dis-identità : Teoria delle catastrofi e architettura*, Bari 1978
 BRIGGS J., *L'estetica del caos*, Como 1993
 BROGI D., *Peter Eisenman*, Milano 2007
 BOVILL C., *Fractal Geometry in Architecture and design*, Boston 1996
 BUCHANAN I., LAMBERT G., *Deleuze and space*, Edinburgh 2005
 CACHE B., *Earth moves : the furnishing of territories*, MIT 1995
 CRIPPA M.A., *Gaudi, la ricerca della forma : spazio, geometria, struttura e costruzione*
 CURI U., *Katastrophe : sulle forme del mutamento scientifico*
 DELEUZE G., *La piega : Leibniz e il barocco*, Vicenza 2006
 DELEUZE G., *Lo strutturalismo*, Roma 2004
 DE LUCA, NARDINI, *Dietro le quinte tecniche d'avanguardia, nella progettazione contemporanea*, Venezia, 2003
 DI CRISTINA G., *Architettura e topologia – per una teoria spaziale dell'architettura*, Roma 2002
 EISENMAN P., *Contropiede*, Milano 2005
 EISENMAN P., *Codex*, New York, 2005
 EMMER M., *Mathland : dal mondo piatto alle ipersuperfici*, Torino 2003
 FANTONE R., *Il mondo organico di Gaudi : architetto costruttore*;
 FOCILLON H., *La vita delle forme, elogio della mano*
 FOCILLON H., *Estetica dei visionari*, Milano 2006
 GAROFANO L., *Eisenman digitale*, Torino 1999
 GERBER A., *Peter Eisenman*, Roma 2004
 GIEDION S., *Spazio, Tempo e Architettura*, Milano 1965
 HEIDEGGER M. (A CURA DI GIANNI VATTIMO), *L'arte e lo spazio*, Milano 1997
 HERSEY G., *The Monumental Impulse*, London.
 HILBERT D. COHN-VOSSEN S., *Fondamenti della geometria*, Milano 1970
 HILBERT D. COHN-VOSSEN S., *Geometria intuitiva e i primi fondamenti della topologia*, Torino 1967
 HUSSERL E., *Libro dello spazio (a cura di Vincenzo Costa)*, Milano 1996
 HUSSERL E., *La seduzione dello spazio. Geometria e filosofia nel primo Husserl (a cura di Sinigaglia C.)*, Milano 2000
 IMPERIALE A., *Nuove bidimensionalità : tensioni superficiali nell'architettura*, Torino 2001
 JAGLOM I. M., *Trasformazioni geometriche. Le isometrie*, Bologna 1972
 JENKS, *The Architecture of the Jumping Universe*, London 1995
 KLEE P., *Teoria della forma e della figurazione*, Milano 1959
 KLEIN F., *Il programma di Erlangen*
 LEYTON M., *Shape as memory*
 LEYTON M., *A new generative theory of shape*
 LYNN G., *Folds, Bodies & Blobs. Collected Essays, La letter volée*, Bruxelles 1998.
 LYNN G., *Animate Form*, Princeton Architectural Press, New York 1999
 MAGNANI L., *Le geometrie non euclidee*, Zanichelli 1978;
 MAGNANI L., *Philosophy and geometry : theoretical and historical issues*
 MALEVICH K., *Scritti*, Milano 2000
 MANCINI F.M., *Peter Eisenman Antologia di testi su Spacing*, Roma 2005
 MANDELBROT, *Gli oggetti frattali: forma caso e dimensione*, Torino 1987
 MITCHELL W. J., *The logic of Architecture*, Cambridge 1990
 MONTU A., *Natura e geometria*, Milano 1970

PANZA P., *Piranesi Architetto*, Milano 1995
 PEITGEN, RITCHER, *La bellezza dei frattali: immagini di sistemi dinamici complessi*;
 PERRELLA S., *Hypersurface architecture*, Milano 1998
 POINCARÉ H., *La scienza e l'ipotesi*, Milano 2003
 POINCARÉ H., *Sui fondamenti della geometria*, Brescia 1996
 RAHIM A., *Contemporary Technique in Architecture*, New York 2005
 RASHID, *Architecture for the future*,
 RASHID, *Asymptote Flux*, New York 1995
 RUSSEL B., *I fondamenti della geometria*, Roma 1975
 SACCHI L., UNALI M., *Architettura e cultura digitale*;
 SAGGIO A., *Peter Eisenman – trivellazioni nel futuro*, Torino 1996
 SALA, CAPPELLATO *Architettura della complessità*, Milano 2005
 SEVERINO E., *Tecnica e architettura*, Verbania 2003
 SODDU C., *L'immagine non euclidea: la rappresentazione prospettica computerizzata dello spazio-tempo in architettura*, Roma 1987
 SPUIBROEK L., *Machining architecture*
 TAFURI M., *La sfera e il labirinto*;
 TRAMONTIN L., *NOX*, Roma 2006
 THOM R., *Parabole e catastrofi*,
 THOMPSON D. W., *Crescita e forma*, Torino 1992
 VAN BERKEL, *Mobile Forces*;
 VIDLER A., *Il perturbante dell'architettura*;
 VINCA MASINI L. (A CURA DI), *Topologia e morfogenesi*, Venezia 1978
 VYZOVITI S., *Folding architecture – Spatial, Structural and Organizational Diagrams*, Corte Madera, USA 2006
 ZELLNER P., *Hybrid Space New Forms in Digital Space*; New York 2004

¹ Euclide di Alessandria è un matematico greco, che visse molto probabilmente durante il regno di Tolomeo I (367 a.C. ca. - 283 a.C.). Euclide è noto soprattutto come autore degli "Elementi", la più importante opera di geometria dell'antichità; tuttavia di lui si sa pochissimo. Euclide è menzionato in un brano di Pappo, ma la testimonianza più importante su cui si basa la storiografia che lo riguarda viene da Proclo, che lo colloca tra i più giovani discepoli di Platone.

Tratto da Saccheri G., *Euclide liberato da ogni macchia*, Saggio introduttivo di I. Toth e E. Cattanei; Traduzione e apparati di P. Frigerio, 2001

² se una retta, venendo a cadere su due rette, forma gli angoli interni da una stessa parte minori di due angoli retti, le due rette, prolungate indefinitamente, si incontrano dalla parte in cui sono i due angoli minori di due angoli retti

³ Queste geometrie hanno dimostrato che i primi quattro postulati costituiscono quella che è chiamata la "geometria assoluta" a partire dalla quale la geometria si divide. Una volta assunta questa geometria assoluta esistono infatti tre scelte possibili: restare all'interno della geometria di Euclide, ed assumere che il numero delle parallele sia soltanto uno; affermare che non esistono parallele, scelta che porta alla "geometria ellittica" di Riemann; oppure, infine, postulare che c'è più di una parallela, il che apre le porte alla "geometria iperbolica" di Lobacevskij.

⁴ La topologia, detta anche *analysis situs*, si può definire come una branca della geometria che studia le proprietà degli enti geometrici che restano invariate quando essi siano sottoposti a una deformazione, ovvero ad una trasformazione biunivoca che muti punti vicini in punti vicini.

Alla base della topologia stanno la nozione di spazio topologico e quella di omeomorfismo. Uno spazio topologico S è un insieme qualsivoglia di elementi in cui sono definiti taluni sottoinsiemi, da chiamarsi aperti, che soddisfano i seguenti assiomi:

- l'unione di un insieme finito o infinito di parti aperti è un aperto;
- l'intersezione di un numero finito di aperti è un aperto;
- l'insieme vuoto e S stesso sono aperti.

La topologia quindi è lo studio delle proprietà di tali spazi, che restano inalterate rispetto agli omeomorfismi che mutano uno spazio S nello spazio omeomorfo (topologico) S' .

⁵ Gregory Bateson *Mind and Nature, a Necessary Unity*, (trad. It. *Mente e Natura, un'unità necessaria*, a cura di G. Longo, Adelphi, Milano), 1984

⁶ Inizialmente il gruppo Bourbaki si proponeva solo la presentazione rigorosa dei fondamenti del calcolo integrale e differenziale, ma questo obiettivo si è rivelato troppo ristretto. L'attività del gruppo si è quindi concretizzata nella

pubblicazione della serie di testi comprendente:

una Prima parte intitolata *Les structures fondamentales de l'analyse* costituita da sei volumi riguardanti Teoria degli insiemi, Algebra, Topologia generale, Funzioni di una variabile reale, Spazi vettoriali topologici e Integrazione; tre successivi volumi dedicati ad Algebra commutativa, Gruppi e algebre di Lie e Teorie spettrali (l'unico senza pretese di completezza) ai quali si è aggiunto un fascicolo di risultati sulle Varietà differenziali e analitiche; un volume di Elementi di storia della matematica. L'enfasi posta nel rigore, che si è dimostrata molto influente, può ricondursi ad una reazione al lavoro di Jules-Henri Poincaré, che sosteneva l'importanza del libero fluire dell'intuizione matematica. Molti dei libri di Bourbaki sono diventati riferimenti canonici nei rispettivi campi; il loro stile austero però non li rende adatti al ruolo dei libri di testo. La loro influenza è stata massima nel periodo tra il 1950 e il 1960, quando erano pochi i libri di matematica pura indirizzati ai laureati. L'influenza dell'opera di Bourbaki successivamente è andata diminuendo, in parte a causa del fatto che alcune delle astrazioni portate avanti si sono dimostrate meno utili di quanto si era inizialmente previsto e in parte perché sono ignorate altre astrazioni che ora si considerano importanti, ad es. l'armamentario della teoria delle categorie; inoltre si è fatta sentire l'assenza di tematiche alle quali era stato dato scarso o nessun peso.

⁷ B. Cache, *L'ameublement du territoire*, Paris 1989

⁸ Deleuze Nato a Parigi nel 1925, allievo di Jean Hyppolite e Ferdinand Alquié, pensatore prolifico ed intellettuale poliedrico, Deleuze ha orientato la sua ricerca su molti autori della storia della filosofia quali Spinoza, Leibniz, Hume, Kant, Nietzsche, Bergson, Foucault, dedicando a ognuno di essi dei "ritratti concettuali". Si vedano: Nietzsche e la filosofia; La filosofia critica di Kant; Spinoza. Filosofia pratica; Empirismo e soggettività. Saggio sulla natura umana secondo Hume. Ha consolidato una filosofia "della differenza e del divenire" nei classici Differenza e ripetizione e Logica del senso, affrontando gli aspetti pratici di tale posizione ne *L'Anti-Edipo* e in *Millepiani*, scritti in collaborazione con Felix Guattari. Con quest'ultimo è stato protagonista dopo il 1968 di una stagione teorica dedicata all'analisi della follia e della schizofrenia, sfociata nel movimento internazionale dell'antipsichiatria. (Laing, Cooper, Basaglia). Ma i lavori che più hanno caratterizzato il "pensiero nomade" del filosofo francese sono quelli dedicati al cinema, alla letteratura, alla pittura e alla psicanalisi. Le opere di riferimento del suo interesse per il cinema sono: *Cinema 1. L'immagine movimento*, *Cinema 2. L'immagine tempo*, Per la letteratura si vedano: Proust e i segni e Kafka. Per una letteratura minore, scritto con Guattari. Lo studio dedicato alla pittura è: Francis Bacon. Logica della sensazione. Per completare la sua riflessione su tutto il mondo dell'arte ha scritto a quattro mani con Carmelo Bene *Superpositions*. Nel 1991 era tornato a scrivere un libro di carattere divulgativo col suo inseparabile sodale Felix Guattari *Qu'est ce que la philosophie?* "Quando scrivo su un autore il mio ideale sarebbe di riuscire a non dire nulla che potesse rattristarlo, o, se è morto, che potesse farlo piangere sulla tomba: pensare a lui, all'autore sul quale si scrive. Pensare a lui con tanta forza che non possa più essere un oggetto e che non sia neanche più possibile identificarsi con lui. Evitare la doppia ignominia dell'erudizione e della familiarità. Restituire a un autore un po' di quella gioia, di quella forza, di quella vita politica e di amore che lui ha saputo donare, inventare." (*Dialogues*, 1977) Dopo una lunga malattia Gilles Deleuze, si suicidò gettandosi dalla finestra del suo appartamento parigino. Se ne andava in questo modo uno degli ultimi grandi filosofi di questo secolo. Poco apprezzato dalla critica, sia italiana che straniera, il pensiero di Deleuze ha trovato pochissimi riconoscimenti in ambito accademico. Configurato come una costellazione di nozioni e concetti interconnessi fra loro, il sistema deleuziano ha perlustrato svariati campi di ricerca, dal cinema alla letteratura, dal teatro alla pittura, dalla psicanalisi alle questioni che riguardano la costituzione della soggettività e del suo divenire. Deleuze considerava la filosofia come una specie di operatività da bricoleur. Il filosofo come il falegname deve smontare, rimontare, mettere insieme, costruire; piuttosto che legno e chiodi, maneggia concetti e pensieri. E' grazie a questa mobilità operativa che si rende possibile la creazione di un nuovo concetto. E' necessario "dire qualcosa di nuovo per creare qualcosa di nuovo", amava ripetere.

Tratto da <http://www.filosofico.net/deleuze1.htm>

⁹ Gottfried Wilhelm von Leibniz scritto anche Leibnitz (Lipsia, 1° luglio 1646 – Hannover, 14 novembre 1716) è stato un filosofo, scienziato, matematico e glottoteta, diplomatico, bibliotecario e avvocato tedesco, di probabile origine slava, ma di sicura, recente, ascendenza sassone.

A lui si deve il termine funzione (coniato nel 1694) che egli usò per individuare una quantità la cui variazione è fornita da una curva e per individuare la pendenza di tale curva e un suo punto particolare. Leibniz viene generalmente accreditato, assieme a Isaac Newton, dei maggiori contributi allo sviluppo del calcolo infinitesimale moderno, con particolare accento sul calcolo integrale. Il suo contributo filosofico alla metafisica è basato sulla Monadologia, che introduce le Monadi come "forme sostanziali dell'essere". Le Monadi sono delle specie di atomi spirituali, eterne, non scomponibili, individuali, seguono delle leggi proprie, non interagiscono, ma ognuna di esse riflette l'intero universo in un'armonia prestabilita. Dio e l'uomo sono anche monade: le monadi differiscono tra loro per la diversa quantità di coscienza che ogni monade ha di sé e di Dio al suo interno.

¹⁰ G. Deleuze, *La piega*, 2004 trad. di Davide Tarizzo, pubblicazione originale in Francia come *Le Pli: Leibniz et le baroque*, 1988

¹¹ Paul Klee (Münchenbuchsee, presso Berna, 18 dicembre 1879 - Muralto, presso Locarno, il 29 giugno 1940) è stato un famoso pittore di nazionalità tedesca, naturalizzato svizzero. Figura eminente dell'arte del XX secolo, nel

periodo della sua formazione, si occupò di musica, poesia, pittura, dando prova di notevole poliedricità, scegliendo infine quest'ultima arte, come ambito privilegiato e dando così inizio a una tra le più alte e feconde esperienze artistiche del Novecento. Si mantenne comunque anche con i proventi derivati dalla sua attività di strumentista presso l'Orchestra di Berna. Esponente dell'astrattismo, non considerava mai l'arte come qualcosa di separato dalla realtà; la sua pittura è legata molto al reale, dalla realtà nasce, infatti, la sua ispirazione. Nonostante ciò la sua pittura è considerata rarefatta, raffinata.

Tratto da http://it.wikipedia.org/wiki/Paul_Klee

¹² J. Derrida, *Psyché. Invention de l'autre*, Paris 1987 (tr. It. In *Estetica dell'architettura*, a cura di P. Panza, Milano 1996, p.270)

¹³ Il problema inerente l'esatta sensibilità geometrica sia di Rowe che di Wittkower potrebbe essere spiegato da *The Origins of Geometry* di Edmund Husserl. In questo testo, pubblicato nel 1936, viene utilizzata la teoria della riduzione fenomenologica delle "alterazioni della deformazione", vaghe essenze e tipi "anexact ma rigorosi" fino ai tipi eidetici. Secondo Husserl, i tipi eidetici devono essere descritti visivamente, in modo identicamente ripetibile in ogni

momento ed in ogni situazione, e quantificabili in termini matematici esatti. Quindi, le forme geometricamente esatte sono i soli potenziali tipi eidetici. In questo modello rientra la sfera, che può essere definita come una superficie composta da un numero infinito di punti, tutti equidistanti da un singolo punto radiale. Tale esempio mostra identica riproducibilità, assoluta esattezza, generalizzabilità ed una resistenza al corporale. Sebbene la forma della sfera non esista materialmente in un luogo o tempo specifico, essa esiste come idea trascendentale, universale, e forma essenziale. E poiché essa è concepita matematicamente per coscienza, la forma della sfera non dipende da una definizione corporale. La sfera, come ogni altra forma eidetica, non esiste nella sua forma ideale ma deve essere mostrata come essenza al di là delle particolari variazioni orchestrate sullo schema interno.

Questo tipo di ragionamento riguardo i patterns formali ideali non è stato inventato da Husserl, la cui innovazione primaria fu invece di spiegare che queste forme eidetiche erano originate da misurate modificazioni, differenze, e variazioni di proto-geometrie anexact ma rigorose. Husserl inventò una nuova categoria di geometria che non era né inesatta – o non misurabile ed irripetibile – né riducibile e ripetibile – ma era invece "anexact non precise/ordinate non precisamente riprodotta(*) ma rigorosa", intendendo misurabile ma irriducibile e quindi irripetibile. Tipi incerti come il circolare, l'incavato, l'allungato, la forma di lente, e l'ombellicale costituiscono le variazioni misurabili dalle quali si potrebbe effettuare una riduzione a tipi invarianti. Il problema di Husserl era quello di fornire una spiegazione logica all'origine delle forme geometriche esatte. Per esempio: Quando è stata inventata la sfera e da chi? Una simile domanda potrebbe essere rivolta a Wittkower e Rowe: Quando è stata sviluppata la maglia a nove quadrati e da chi? Chiaramente la dodicesima villa fu inventata da Wittkower e non da Palladio - questa è la natura delle variazioni e degli ordini geometrici ideali. Per spiegare questo processo del ritorno all'essenza originaria, Husserl sviluppò il concetto di riduzione fenomenologica che procedeva attraverso la progressiva cancellazione delle variazioni. Husserl sosteneva che se si eliminassero tutte le differenze tra forme proto-geometriche, come nel processo fotografico di Galton, alla fine dalla riduzione emergerebbero le geometrie esatte. Questo processo inizia, per esempio, con un numero infinito di forme circolari sovrapposte una sull'altra e continua fino a che tutte le differenze tra i contorni circolari vengono catalogate, mediate ed eliminate. Attraverso questa riduzione della differenza Husserl sostiene che si possa arrivare alla forma geometricamente esatta del cerchio.

G. Lynn: *New Variations on the Rowe Complex/Nuove variazioni sul complesso Rowe*, <http://www.parametro.it/estratto252-253-it2.htm>

¹⁴ Paperfold è definito qui come il risultato del processo di piegatura del foglio. Riferimento a Vyzoviti in "Folding Architecture", Gingko Press Inc. 2006

¹⁵ la progettazione bottom-up, è quella nella quale parti individuali del sistema sono specificate in dettaglio. Queste parti vengono poi connesse tra loro in modo da formare componenti più grandi, che vengono a loro volta interconnessi fino a realizzare un sistema completo. Le strategie basate sul flusso informativo bottom-up sembrano potenzialmente necessarie e sufficienti dato che sono basate sulla conoscenza di tutte le variabili che possono condizionare gli elementi del sistema.

¹⁶ Henri Focillon (1881-1943) fu titolare della cattedra di Storia dell'Arte Medievale alla Sorbona, e in seguito, di Arte Monumentale al Collège de France. Contemporaneamente ha insegnato come visiting professor a New Haven alla Yale University. Le sue opere sono note in versione italiana; basti qui ricordare, edita da Alfa di Bologna, Piranesi e I grandi maestri dell'incisione. Einaudi ha pubblicato *L'arte dell'Occidente*, Scultura e pittura romana in Francia (ambedue nella "Biblioteca di Storia dell'Arte")

Tratto da i visionari

¹⁷ Jean Paul Sartre (1905-1980) nacque a Parigi il 21 giugno 1905, studiò filosofia e psicologia all'Ecole Normale Supérieure, dove ebbe modo di conoscere intellettuali come P.Nizan, A.Camus e R.Aron. Quest'ultimo lo introdusse alla filosofia di Husserl e Heidegger. Nel 1929 conobbe Simone de Beauvoir che rimarrà la sua compagna per tutta la vita. Dopo aver usufruito di una borsa di studio all'Istituto francese di Berlino nel '33 iniziò a studiare la fenomenologia di Husserl. Sartre dedica la terza parte dell'Essere e il nulla: l'essere per-altri. L'essenza dell'altro è negazione: esso è l'io che non è me. Anche il rapporto con l'altro è segnato da una netta negatività, da una con-

tinua conflittualità, perché la propria libertà si scontra con quella dell'altro.

Le due esperienze originarie tramite la quale si istituisce il rapporto con l'Altro sono lo sguardo e la vergogna. Nello sguardo l'Altro mi appare a prima vista come un oggetto, poi come una cosa che ha una relazione con altre cose e infine come l'Altro che mi guarda, per dirla con Sartre: "Con lo sguardo altrui non sono più padrone della situazione." Sotto lo sguardo dell'Altro sono oggetto di valori che io non ho elaborato, sono strumento di possibilità che non sono le mie possibilità. L'altro mi conosce meglio di quanto io possa conoscere me stesso, infatti io non posso oggettivarmi, distanziarmi come un oggetto da me stesso. Mi sento così trasformato in un oggetto inerme e nudo davanti all'Altro. Con lo sguardo l'Altro aliena le mie possibilità, non sono più io che decido. Si spiegano così sentimenti come il timore, il pudore e l'orgoglio. Nella vergogna laddove mi vedo osservato, mi ritrovo nudo alla mercé dell'Altro. I rapporti tra le coscienze sono tutto sommato conflittuali, tanto che Sartre ebbe a dire: "l'inferno sono gli altri". Le due polarità più importanti del rapporto con gli altri sono l'odio e l'amore. L'odio è il tentativo di annullare l'Altro nella sua alterità e diversità, lo si pratica anche attraverso l'indifferenza. Riduco l'Altro a corpo e strumento (oggettivazione) e privandolo di ogni libertà (soggettività). Nell'amore il soggetto progetta di unirsi all'Altro rispettato nella sua libertà, l'amante vuole possedere l'amato senza oggettivarlo, senza ridurlo a cosa. Presto però l'amante pretenderà di farsi amare in modo assoluto ed esclusivo e anche l'amato vorrà la stessa cosa. Il risultato è che l'amore è impossibile, in quanto entrambi restano rinchiusi nella loro soggettività, antinomica e conflittuale.

¹⁸ Jacques Lacan (Parigi 13 aprile 1901 - 9 settembre 1981) è stato psichiatra e filosofo francese nonché uno dei maggiori psicoanalisti. Studiò medicina, specializzandosi poi in psichiatria alla scuola di G. Clérambault. Si laureò in psichiatria nel 1932 con una tesi su "La psicosi paranoica nei suoi rapporti con la personalità". In seguito fu allievo di Alexandre Kojève. Fu anche uno strutturalista e basò molte delle sue teorie, oltre che sulle opere di Sigmund Freud, anche sulle teorie linguistiche di Ferdinand de Saussure. Celebre la sua tesi secondo la quale l'inconscio sarebbe "strutturato come un linguaggio"; da qui la centralità dell'attenzione alla veicolazione di significati attraverso la comunicazione verbale nella teoria della tecnica lacaniana. Importante anche la sua teorizzazione relativa alla "fase dello specchio". Lacan, pur essendo considerato da molti un innovatore del pensiero freudiano, dichiara di voler "tornare all'insegnamento originario di Freud" e malgrado venne sconfessato più di una volta dalle istituzioni freudiane ortodosse si è sempre proclamato l'unico vero interprete dell'insegnamento di Freud.

http://it.wikipedia.org/wiki/Jacques_Lacan

¹⁹ Maurice Blanchot nasce a Quain (Saone-et-Loire) il 22 settembre del 1907 da una famiglia rurale cattolica, il padre è un insegnante di francese. Altri luoghi fondamentali della sua vita sono il piccolo villaggio di Eze, vicino a Nizza e poi, naturalmente, Parigi dove viveva spesso a casa del fratello, e poi con la cognata dopo la morte del fratello nel 1978. Ed infine da solo dopo la morte anche della cognata nel 1997. Diplomato giovanissimo, Blanchot intraprese a Strasburgo studi di germanistica alla metà degli anni '20. Qui conobbe Emmanuel Levinas che lo introdusse al pensiero di Heidegger e di Husserl.

PREFABBRICAZIONE

Daniele Pichi

Università degli Studi di Roma "La Sapienza" – Dipartimento di Architettura e Urbanistica

XX Ciclo

Tutor: Prof. Carlo Cecere

Abstract: *This research is about the prefabricated world (expecially prefabricated houses), but more importantly it's a research about modern architecture. The idea is that a study of prefabricated world might shed light on the true nature of modern architecture and show the way forward to its much-needed reform. Prefabrication is nothing new. Parts of building have been made in factory for at least 200 years. Machine-made bricks, ceramic tiles, sawn timber, sheet glass, sash windows, cast-iron columns and beams. But the relationship between architecture and prefabrication has always been problematic. Architects have found it hard to come to terms with the idea that the products of their art might be made in a factory. When the industrial revolution first started, architecture was already an ancient craft. Why should anybody care about the relationship between architecture and prefabrication? One reason is that the presence of an exclusive architecture fields creams off design talent from the rest of building. Few people wants to be project managers or surveyors or structural engineers, but lots of people want to be architects. The intent of this research is to suggest some of the ways in which architecture might re-engage with its hinterland, with its customers, with its colleagues in the construction industry and with the general public. If architecture could adapt itself to new world, then it could begin to make real difference to the quality of the built environment.*

Molto spesso si tende ad associare la parola *Prefabbricazione*, al mondo contemporaneo. Essa viene vista come una naturale conseguenza di due parole: industria e standardizzazione. E' perciò radicato nel pensiero comune che la *Prefabbricazione* sia strettamente collegata e propria di una società moderna come quella contemporanea, dove la produzione di massa di componenti sia la regola.

Specialmente in architettura la *Prefabbricazione* è spesso associata alla produzione in serie di edifici, generanti nell'immaginario collettivo situazioni seriali e prive di quella verve compositiva che dovrebbe essere propria dell'architettura.

Eppure società molto lontane nel tempo dall'era industriale si sono avvalse di questo sistema dando luogo a superbi esempi di architettura, come le piramidi, i templi greco-romani, le cattedrali gotiche, e così via.

Come mai allora la *Prefabbricazione* fu utilizzata con successo nel passato pur non avendo a supporto di essa una società di tipo industriale? Come mai oggi, nonostante l'impegno dei più grandi personaggi del panorama dell'architettura (Le Corbusier, Gropius, Wright, Foster, Koolhaas, Rogers, ecc...), si associ la *Prefabbricazione* ad una non-architettura. E' dunque strano che un fenomeno come quello della *Prefabbricazione* così ben visto in associazione alla standardizzazione, alla produzione di massa e

di conseguenza all'industrializzazione non abbia risultati degni di nota oggi, mentre sia stato utilizzato con successo nel passato, dove in teoria non vi erano le condizioni ideali affinché potesse prendere piede con tutte le sue potenzialità.

Per capire le motivazioni che hanno portato ai margini dell'architettura la *Prefabbricazione* in un momento nel quale essa potrebbe porsi come rimedio ai sempre crescenti costi della manodopera e delle operazioni in cantiere a fronte di un sempre più marcato abbassamento della qualità del prodotto, è necessario ripercorrere quella che è stata la storia dell'architettura prefabbricata, e in particolar modo di quella dell'architettura residenziale (che da un punto di vista industriale è la più appetibile, vista la quantità di consumatori), dove i protagonisti sono i nomi noti dell'architettura. E' altresì utile introdursi all'interno della storia meno nota di piccole e grandi industrie, che hanno saputo cogliere l'attimo e sviluppare edifici di largo consumo, anche se di scarso interesse compositivo, per poi addentrarsi all'interno del sistema di produzione per capire come esso sia correlato con la *Prefabbricazione* e l'utilizzo di essa nell'architettura.

La Storia dell'Architettura Prefabbricata

La casa prefabbricata è un tema molto importante, forse il più importante nell' storia dell'architettura del XX° secolo. Il periodo della storia dell'architettura noto come Modernismo, che ha le sue origini nel ante guerra, e che in un certo senso è ancora vivo oggi in quello che viene chiamato il Post-Modernismo, fu un movimento volto all'eliminazione nell'architettura dell'elitismo, storicismo e anti-industrialismo, che caratterizzava la professione dell'architetto nel secolo precedente (XIX°). Si voleva portare l'architettura alle masse, e confrontarla con la realtà della società industriale. Quale strada sarebbe stata migliore se non quella di produrre un oggetto architettonico in fabbrica, come una Ford T?

Una delle più importanti figure di questo movimento è senza ombra di dubbio Charles-Eduard Jeanneret-Gris, meglio noto con il nome di Le Corbusier. Fu un brillante designer e un ottimo promulgatore delle idee del Modernismo. Il suo libro *Verso l'architettura*, ancora in stampa in molti paesi, è una raccolta di suoi articoli pubblicati sulla rivista da egli tenuta con il pittore Amedée Ozenfant, *L'Esprit Nouveau*. Nell'ultimo capitolo del suo libro, intitolato *Casa in Serie*, Le Corbusier, presenta in non più di 2000 parole con l'ausilio di pochi schizzi, alcune idee di casa concepite per la produzione di massa.

La prima che viene presentata è la famosa *Domino*, del 1914, illustrata da una piccola prospettiva, costituita da tre piani sorretti da sei colonne ed unite da una scala a sbalzo. Il concetto di fondo è quello della produzione di serie dell'unità abitativa, allineata sul sito come gli elementi del gioco del domino sul tavolo. Essa è costituita da pannellature prefabbricate, infissi standard, per renderla economica e flessibile. Il risultato è una scatola lineare, illustrata in uno schizzo prospettico, molto suggestivo e molto all'avanguardia per l'epoca, con una finestratura di tipo industriale molto grande sul fronte principale. Essa ad un primo sguardo non sembrerebbe prodotta in fabbrica, con il suo tetto di calcestruzzo curvo, piuttosto sembrerebbe un ingegnoso modo di eliminare i costi e le problematiche di trasporto dei materiali di costruzione che una vera e propria abitazione di "serie".

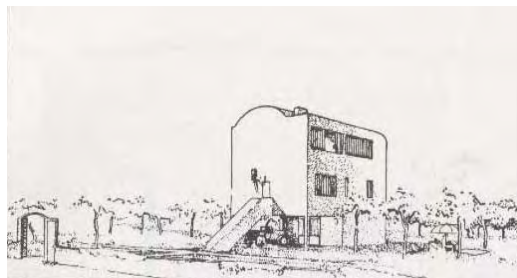


Fig. 1: Casa d'artista: ossatura portante in cemento armato e muri in doppio tramezzo di "cement gun" di quattro centimetri di spessore ciascuno. Fissare chiaramente il problema; determinare i bisogni tipo di un'abitazione; risolvere la questione come vengono risolti i vagoni ferroviari, gli utensili, eccetera. (Le Corbusier, *Verso un'Architettura*)

Il passo successivo di Le Corbusier fu quello della *Maison Citrohan* del 1920, che fu assunta un po' come l'immagine iconografica della produzione di massa di abitazioni. Senza sapere nulla sulla costruzione di questa casa subito ci viene il pensiero di un oggetto standardizzato. La vista prospettica proposta dall'autore, ci mostra due di queste *Maison* specchiate, di modo da farci comprendere questi quattro livelli in un ambiente suburbano. Ed inoltre il nome, che senza molte difficoltà può esser ricondotto a Citroen, il famoso marchio di automobili francese, che sta proprio ad indicare la volontà di un oggetto altamente standardizzato e prodotto in massa in uno stabilimento. Le Corbusier, disegnò varie versioni della *Maison Citrohan*, ma tutte avevano in comune un grande soggiorno a doppia altezza caratterizzato da una parete completamente vetrata. L'idea ispiratrice della distribuzione interna degli spazi di questa abitazione è senza dubbio la casa dell'artista progettata da Le Corbusier e Ozenfant in rue Godot de Mauroy. Nella primissima versione la cucina si trovava al pian terreno nel retro, mentre nel primo piano con una sorta di balconata sulla doppia altezza del soggiorno, veniva collocata la stanza da letto matrimoniale, mentre quella degli ospiti era collocata all'ultimo piano dove era presente anche un grande terrazzo. Tutto questo era contenuto in un semplice involucro, in poche parole una scatola, senza concessioni alle consuete forme domestiche: nessun portico rustico, nessun ornamento. Tutto, forme, piani, suggerisce un nuovo modo di abitare, più conforme alla società industriale nascente, al nuovo modo di concepire l'abitazione come prodotto di una catena di montaggio.

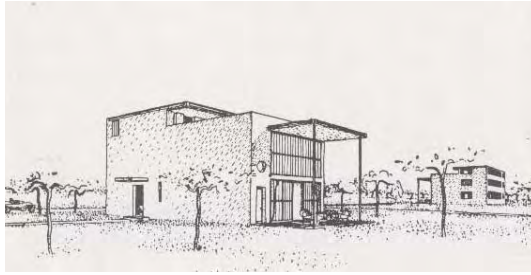


Fig. 2: Villa di serie, settantadue metri quadrati. Ossatura di cemento, cement gun. Una grande sala di nove metri per cinque; una cucina; una camera di servizio; una camera da letto; bagno; spogliatoio; due camere da letto; un solarium. (Le Corbusier, *Verso un'Architettura*)

Nonostante l'idea di base, Le Corbusier non raggiunge gli intenti voluti, almeno dal punto di vista della produzione. Infatti il suo progetto di Maison Citrohan e la sua idea di produzione, non è comparabile al progetto e alla produzione di un'automobile. Nel testo francese e in quello italiano, il capitolo viene intitolato "Maisons en series", "Case in serie", mentre nell'edizione anglosassone "Mass Production houses", "Produzione di abitazioni in massa". Effettivamente dai vari titoli, soprattutto quello della traduzione inglese, l'idea di produzione in serie e di massa sembrerebbe l'obiettivo principale dell'autore, ma analizzando più a fondo sistemi di costruzione e tecniche, in base anche alle successive modifiche apportate al progetto da Le Corbusier nel corso degli anni (quali la sopraelevazione su pilotis), si evince che egli è ancora legato ad alcune tecniche tradizionali, da dover effettuarsi in loco, quali: "Ossatura in capriate di calcestruzzo colate a piè d'opera e drizzate con arganello. Muri in membrane di tre centimetri di cemento gettato su lamiera piegata" (Le Corbusier 1921, a proposito della Maison Citrohan, *Verso una Architettura* pag 201). Le Corbusier cerca, quindi, più una razionalizzazione dell'edificio ed una sua standardizzazione nella progettazione e nell'utilizzo di alcuni elementi quali gli infissi, che una vera e propria produzione in serie in officina del manufatto. Difatti la fondazione del movimento Purista da parte di Le Corbusier e di Ozenfant, è un omaggio alla standardizzazione, ogni oggetto dipinto dai due, tende più ad enfatizzare le forme geometriche proprie dell'oggetto che le caratteristiche peculiari che generano il distinguo tra due oggetti uguali. Il suo auspicio è che nella nuova epoca industriale, di inizio secolo, si producano oggetti di bellezza naturale, rifiniti e perfezionati, non da secoli di lavorazioni e tentativi umani, ma dalla competizione di mercato:

"L'automobile è un oggetto dalla funzione semplice (spostarsi rapidamente) e dai fini complessi (comfort, resistenza, estetica) che ha imposto alla grande industria la necessità della standardizzazione. Le automobili hanno tutte gli stessi dispositivi essenziali. A causa della concorrenza serrata, le innumerevoli case di produzione sono state costrette a dominare la competizione di mercato e, per questo, a partire da un certo standard di realizzazioni pratiche, è intervenuta la ricerca di una perfezione, di un'armonia che stanno al di là del mero fatto pratico, ricerca che si è espressa non solamente in manifestazioni di perfezione e di armonia, ma anche di bellezza." (Le Corbusier, *Verso una Architettura*, pag 108)

Per Le Corbusier, quindi basterebbe per raggiungere una bellezza naturale (puristica), come quella delle automobili, nell'architettura, specialmente residenziale, seguire gli stessi passi percorsi dall'industria automobilistica. Ma all'interno di questa sua affermazione c'è un doppio fraintendimento. Primo, il processo che porta alla progettazione e realizzazione di un'automobile, nasce da un concetto completamente differente. E' concepibile che una bottiglia e un piatto possano essere influenzati dal mercato nella loro costituzione e forma, ma può altrettanto essere influenzato dal mercato un oggetto come la chitarra o il libro? Questi ultimi sono forme preindustriali, avute dal passato in eredità più che inventate. Secondo, perché dovrebbe essere assunto come concetto, che l'industrializzazione produce solo ed esclusivamente oggetti belli, quando essa è governata dal mercato. Non è forse vero che il processo di innovazione industriale tende ad arrestarsi quando il mercato "stagna"?

Il legame tra le teorie di Le Corbusier sul design e la produzione industriale è poi più confuso. Tornando nuovamente sulla Maison Citrohan, ed analizzandola secondo i dettami puristi, sembrerebbe più avere a che fare con un'architettura vernacolare che piuttosto con il design per la produzione industriale. Molti critici di architettura, hanno visto questo progetto sotto la luce della tradizionale unità residenziale Mediterranea (i muri bianchi, il tetto piano, la scala esterna in alcune soluzioni). Se non fosse stata collocata all'interno di un capitolo intitolato "Case in serie", si sarebbe potuto interpretarla come un nostalgico ritorno alla semplicità e purezza delle residenze preindustriali.

Non a caso Le Corbusier fu influenzato moltissimo dalla architettura tradizionale, ed in special modo da quella monastica del monastero di Galluzzo, fuori Firenze, che visitò nel 1907, dove ogni monaco possiede una cella

con un piccolo recinto giardino, disposte lungo il perimetro di un chiostro, dove il comune ed il privato vivono una perfetta simbiosi. Questo aspetto accompagnerà per il resto della sua vita, i concetti fondamentali del sua progettazione. Una delle primissime applicazioni di questo concetto, fu l'Immeuble Villas, illustrata all'interno del suo libro Verso una Architettura.

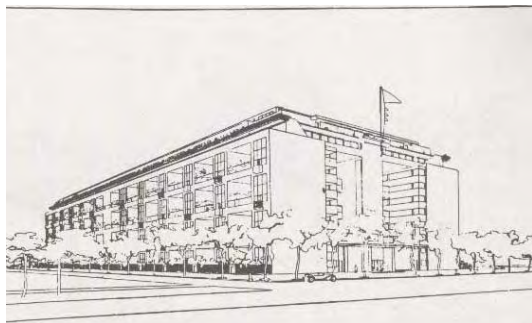


Fig. 3: Immeuble Villas. (Le Corbusier, Verso un'Architettura)

E' concettualmente un edificio di otto piani di appartamenti, con spazi per le attività sportive e di intrattenimento comuni sul tetto giardino. Ma il concetto più originale è che tutti gli appartamenti hanno un doppio livello, con uno spazio di soggiorno a tutt'altezza come avveniva nella Maison Citrohan, con una sorta di giardino pensile a lato e non una semplice terrazza. Concettualmente essa non è altro che un'abitazione singola con giardino, impilata e moltiplicata lungo una direzione a generare un edificio multilivello.

La Maison Citrohan ed i suoi derivati, furono realizzati in varie forme per quasi 30 anni. Nel 1927 una versione fu costruita per l'esposizione delle Deutscher Werkbund di Stoccarda, dove tutti gli esponenti del Modernismo furono invitati a prendere parte e a costruire un'abitazione. Lontana dall'essere economica, e un oggetto atto alla produzione di massa, la Wiessenhof Citrohan fu interamente realizzata a mano e di gran lunga la più costosa delle unità residenziali presenti all'esibizione. Nel 1929 un insediamento di 51 lavoratori fu realizzato per conto dell'eccentrico magnate industriale Henri Frugès a Pessac. Gli elementi base della Citrohan furono razionalizzati secondo una griglia di 5 x 2,5 metri, e assemblati in modi differenti per creare molteplici combinazioni. Esse però non furono realmente assemblate in fabbrica, e la loro costruzione fu caratterizzata da innumerevoli problemi con l'applicazione del nuovo calcestruzzo spray. All'apertura del complesso, nessuno vi volle abitare all'interno, perché giudicate così lontane dallo stile classico, esse finirono per essere utilizzate da

persone economicamente in difficoltà, che ne modificarono l'aspetto, aggiungendo portici, chiudendo le aree con i pilotis, muovendo le partizioni interne e ripitturando gli infissi rossi, conducendole verso una forma più classica di Casa. Solo negli anni '80 il complesso fu restaurato e riportato al "design" originale.

Più tardi gli stessi concetti della Citrohan furono applicati nel famoso intervento di edilizia residenziale intensiva Unité d'Habitation di Marsiglia, che ispirò tutti gli interventi simili negli anni '60 e '70. Gli appartamenti sono sistemati in modo da avere un doppio affaccio, ma solo su di un lato c'è la presenza di una doppia altezza. Per un certo periodo durante lo sviluppo del progetto, Le Corbusier pensò di prefabbricare le unità residenziali, ed inserirle all'interno della struttura portante realizzata in opera, come se fosse una semplice cassetteria. Jean Prouvé, architetto, designer, inventore delle case prefabbricate, studiò varie proposte compresa una versione in acciaio, ma alla fine non se ne fece nulla, e il tutto fu costruito in opera con tecniche convenzionali.

Le Corbusier, fu uno dei più importanti architetti del XX° secolo. Negli anni del dopoguerra, il suo concetto di produzione di massa di abitazioni divenne il sentiero da seguire, trasformando le periferie delle città in cantieri in continuo sviluppo. Ma nonostante le sue idee di case economiche prodotte in serie per i lavoratori fossero innovative, non ebbero una grande diffusione ed in ogni loro applicazione nelle residenze individuali naufragarono scontrandosi con la preferenza della tradizione radicata negli acquirenti.



Fig. 4: Foto delle abitazioni di Pessac nel 1971. (Colin Davies, Prefabricated Home).

The Dream of the Factory-made House, (Il Sogno della casa costruita in Fabbrica), questo è il titolo dell'opera di Gilbert Herbert, pubblicato nel 1984. Esso racconta a grandi linee la storia di due architetti tedeschi, emigrati negli Stati Uniti negli anni '40, che decidono di collaborare alla progettazione di una fabbrica di

“Case Imballate” per la produzione di massa da immettere nel mercato americano. Si evince immediatamente dal titolo che il racconto non avrà l'esito sperato dai due protagonisti. Il sogno prevedeva che la fabbrica producesse ogni anno un minimo di 10000 unità. In realtà ne furono prodotte solo 200 e solo una manciata fu effettivamente venduta. Il progetto fu un completo disastro. Si nota nel libro la curiosa scelta dell'autore di non spiegare le motivazioni di questo fallimento, come se in realtà egli stesso non potesse credere a questo avvenimento. Non c'è da stupirsi di questa sua impossibilità a comunicare qualcosa che egli stesso stenta a credere, soprattutto alla luce del fatto che i due architetti protagonisti sono Konrad Wachsmann (pioniere delle strutture spaziali intelaiate) e Walter Gropius (fondatore della Bauhaus, ed una delle figure più eminenti del movimento Modernista).

E' difficile trovare due figure migliori di loro nel 1942 per avviare un'impresa del genere e portarla al successo.

Il primo Konrad Wachsmann, fu dapprima un impiegato di una delle più grandi industrie europee di case in legno, poi progettista indipendente. Egli racchiudeva in se le proprietà dell'artigiano e della produzione di serie. Scrisse un libro al riguardo Holzhausbau (Costruzione di Case di legno) dove riassume i concetti fondamentali in tre categorie: Il metodo dell'intelaiatura di legno in opera, Il metodo delle pannellature, Il metodo della case di tronchi. Il libro è una pietra miliare per chi vuole prendere spunto per un edificio in legno semplice, pratico e modesto.

Il secondo Walter Gropius, è uno dei maggiori esponenti del movimento Modernista, è il fondatore della scuola della Bauhaus, i suoi edifici costruiti in Europa vengono presi come punto di riferimento per il nuovo stile architettonico nascente. Egli si interessò alla produzione di massa delle abitazioni già a partire dal 1910, quando presentò il progetto di un insediamento residenziale al proprietario del colosso industriale AEG. In questo progetto, Gropius, manifestò il suo pensiero alla base del concetto di Abitazione prodotta per le masse:

“Per tutti gli elementi vanno definiti in anticipo le dimensioni migliori. Queste dimensioni standard formano le basi per il progetto e vanno mantenute nel corso della progettazione futura. Solo attraverso questo concetto può essere garantita la vendita alle masse e la possibilità di reperire pezzi di ricambio e garantire la riparazione.”

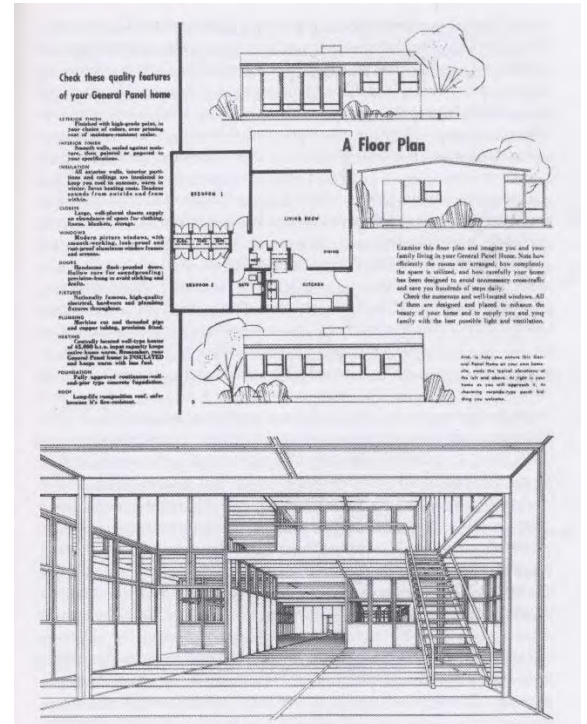


Fig. 5: Locandina della Packaged House (Gilbert Hebert, *The Dream of the Factory-made House*).

Il concetto di fondo è costituire un edificio che corrisponda a seconda delle unioni di pezzi indipendenti a quello che è il desiderio dell'acquirente. Non è più secondo Gropius un unico prodotto, ma bensì un insieme di prodotti il cui assemblaggio può dare vita a diverse tipologie di residenza, venendo incontro alle esigenze “dell'abitante”. Non c'è più spazio per l'idea sentimentale di edificio legato al sito, al luogo su cui esso insiste, ma come egli dice: “Le case.....sono indipendenti, organismi coerenti, che non appartengono a nessun sito o luogo specifico”.

Anch'egli come Le Corbusier, sperimentò durante la Werkbund di Stoccarda, alcune delle sue idee, costruendo un'abitazione dimostrativa. Una scatola di telai in acciaio.

Nel 1942 l'Agenzia Nazionale per la Residenza statunitense stanziò 153 milioni di dollari per la costruzione di alloggi per gli operai di guerra sul territorio nazionale, con l'obiettivo di raggiungere le 42000 unità residenziali. Gropius e Wachsmann presentarono per l'occasione al comitato di selezione, il loro progetto di casa prefabbricata. Era un'abitazione di forma quadrata, molto semplice e modesta nelle finiture, ad un solo livello con un portico d'entrata. Le sue qualità astratte, l'uniformità e la precisione, furono tali da impressionare il comitato. Il lancio in produzione della casa sembrava prossimo, ma due anni dopo, la guerra era finita, e non una delle abitazioni di

Gropius e Wachsmann fu venduta.

“Sorprensamente, nonostante l'entusiasmo con cui fu accolta inizialmente la proposta, nonostante la semplicità di progetto, l'energia di Wachsmann e la reputazione di Gropius, nonostante l'acclamazione dei professionisti e l'approvazione del governo, il buon andamento a Wall Street, nonostante tutto si perse l'intera fase di domanda del tempo di guerra!” Gilbert Hebert, *The Dream of the Factory-made House*. Ma tutto non sembrava perduto, nel dopoguerra, l'associazione nazionale americana dei veterani di guerra, fondò l'associazione Veterans Emergency Housing (Allarme Residenze per i Veterani). Gropius e Wachsmann tentarono di nuovo, investirono i fondi messi a disposizione per acquistare macchinari all'avanguardia, per poi procedere alla produzione, compresa una pressatrice ad alta frequenza in grado di incollare i giunti dei telai in pochi secondi. Ma quando tutto fu pronto il programma per le residenze dei veterani fu cancellato, il governo ritirò i fondi stanziati, e la fabbrica si ridusse a produrre porte e set cinematografici per Hollywood. Ancora una volta avevano perso l'occasione. A cosa fu dovuto un tale fallimento? Le ragioni sono molte, la compagnia probabilmente era sotto-finanziata, l'amministrazione fu divisa in due branche, una a New York e una in California, portando quindi doppioni e fraintendimenti, le case erano troppo costose, i termini del governo vaghi e irragionevoli, c'erano chiaramente una concomitanza di più fattori sfavorevoli. Forse l'idea di Gropius e Wachsmann era effettivamente solo utopica, forse l'intero concetto di casa prefabbricata era alieno ai valori tradizionali di residenza radicati nella cultura della popolazione. Forse, ma forse non è così, infatti durante il periodo di guerra ci furono molte compagnie che produssero case prefabbricate per un totale di 200000 unità, con alcune di esse che avevano punte di 1000 unità al mese. Il concetto di casa prefabbricata è attuale nei momenti di crisi degli alloggi. Il fallimento è dovuto ad uno dei suoi stessi inventori, Wachsmann, e questo lo si legge tra le righe del libro di Gilbert Hebert. Wachsmann, non vedeva la casa prefabbricata come una vera casa, non un loculo dove poter far vivere persone vere, non una macchina d'abitazione, ma bensì un concetto astratto, un teorema geometrico che attraverso la matematica anelasse alla perfezione. Wachsmann, tendeva a migliorare giorno dopo giorno il suo sistema, il che significava a volte non far in tempo a depositare un brevetto che questo era già stato superato da una nuova sua idea. Egli ridisegnò l'intero ciclo di produzione ben 4 volte durante la costruzione della fabbrica, e una volta che la

catena di montaggio fu pronta, esternò l'idea che il suo sistema di connessione a quattro-vie fosse di fatto non necessario. Il suo concetto si era tramutato in un traguardo astratto non raggiungibile. Chiaramente a seguito di questi suoi innumerevoli miglioramenti, non appena la produzione prese piede, subito si intuì che, il prodotto finale sarebbe stato eccessivamente costoso e quindi fuori mercato. Egli provò a correre ai ripari sostituendo le parti del tetto e del pavimento, e i pannelli universali, ma così facendo tolse al prodotto le sue caratteristiche di universalità a cui tanto sia lui che Gropius tenevano.

Più in là Wachsmann scrisse un altro libro intitolato *The Turning Point* (L'Ora del Cambiamento) nel quale egli fa riferimento alla produzione industriale come nuova frontiera dell'architettura e dell'edilizia. Alcune pagine di questo libro, circa una ventina, sono dedicate al suo e di Gropius, esperimento di Casa Imballata. Attraverso queste poche righe, quasi incomprensibili, si riesce a capire come egli fosse ossessionato dalla perfezione matematico-geometrica dell'elemento universale vera matrice del sistema residenziale da loro messo a punto:

“Può essere generalmente assunto che il nodo del modulo è al fine proporzionalmente identico all'elemento modulo stesso, è senza ombra di dubbio necessario concepire nella mente che ci sono casi nei quali l'elemento modulo, pensato dimensionalmente modificato, è sempre portato ad essere in relazione organica con il nodo del modulo attraverso l'addizione e la sottrazione” egli descrive inoltre anche il sistema di produzione, ma non accenna minimamente al fatto che l'intera operazione si dimostrò un fallimento totale, eccezion fatta per queste poche righe:

“E' diventato possibile spedire un'intera casa nell'arco di una nottata dalla fabbrica a qualsiasi sito....e per questa casa di essere eretta su una fondazione preventivamente preparata da 5 non specializzati operai in un giorno.”

E' diventato possibile, così apre il discorso, Wachsmann, per egli non è importante la produzione reale di migliaia di case, l'aver contribuito alla fine della crisi degli alloggi, la ricompensa economica, ma solo la possibilità che il sistema funzioni, che il suo sistema astratto sia perfetto. Quando questo sistema fu vicino alla completamento, incluso la pianificazione della produzione di serie, il suo lavoro poteva dirsi concluso. In poche parole se il mondo non lo voleva, era perché era il mondo, e non perché il sistema fosse in qualche sua parte incompleto o lacunoso.

Lo stesso Gilbert Herbert sembra supportare,

nel suo libro, questa idea, che il mondo non fosse pronto per il rivoluzionario prodotto di Wachsmann e Gropius. La società non aveva le conoscenze sufficienti per comprendere le idee di logica, razionalità e interazione creativa. Eppure l'esperimento di Gropius e Wachsmann non fu l'unico di casa prefabbricata, ma fu solo un episodio all'interno di un movimento più vasto nel quale si trovano centinaia di esperimenti la cui gran parte riuscì ad essere prodotta in serie ed utilizzata dalla popolazione. Allora perché Herbert nel suo libro non ci si sofferma più di tanto, perché non scrivere il successo di altre piccole imprese che magari producendo solo 10 esemplari al mese sono però riuscite a fare una piccola breccia nel mercato? La risposta a questa domanda è molto semplice perché quello di Gropius e Wachsmann è un episodio di architettura e non di residenza. La storia di questi due architetti tedeschi e della loro idea di architettura prefabbricata, è una storia di un certo interesse architettonico, perché ci aiuta a capire meglio due figure eminenti del panorama architettonico mondiale del XX° secolo, pur non dicendoci nulla sul quello residenziale americano degli anni '40. Il loro progetto non è stato vincente da un punto di vista di mercato, ma da un punto di vista astratto, nel senso di architettura. Le case prodotte da altre società come la National Homes, furono sicuramente di successo, con una grande diffusione sul mercato, ma queste non contano come architettura, perché non sono state progettate da grandi firme, e non suscitano attenzione come soggetti della storia architettonica.

La Maison Citrohan, la casa di Gropius e Wachsmann: una nuova corrente sta emergendo. La casa prefabbricata, che la storia dell'architettura ha scelto di canonizzare e celebrare principalmente perché progettata da architetti di fama mondiale, fu un completo fiasco su tutti i fronti. Ma questi non sono solo gli unici esempi. La prefabbricazione nell'ambito delle residenze, è un motivo ricorrente in tutti gli scritti di Frank Lloyd Wright. Nel 1932 in un'intervista egli prospetta l'idea di una casa assemblata sulla base di unità funzionali assemblabili secondo le necessità del compratore, si parte da un minimo di tre ambienti (cucina, bagno, camera da letto) per poi crescere in dimensioni a seconda delle funzionalità richieste. Wright non solo teorizzò metodologie di prefabbricazione, ma costruì molte case prefabbricate utilizzando diverse tecnologie. Agli inizi del 1916, egli progettò un sistema chiamato "Ready Cut", un adattamento del sistema costruttivo tipico nordamericano del Balloon Frame, alle necessità dell'industrializzazione, dove, i singoli elementi

dei telai lignei non venivano più tagliati e predisposti in opera, ma bensì in officina, per poi essere impacchettati e spediti. Alcune di queste abitazioni si possono ancora ammirare nei sobborghi di Milwaukee, ma presto questo sistema fu abbandonato. Wright tentò anche la strada a Los Angeles di una casa prefabbricata in acciaio, ma il suo progetto non trovò i fondi necessari per potersi evolvere oltre la carta. Finalmente nel 1956, in accordo con la Marshall Erdman Company di Madison, Wisconsin, Wright approdò finalmente nel mondo della prefabbricazione residenziale, così titolava uno dei quotidiani dell'epoca: "F.L.Wright alla fine ha costruito una casa prefabbricata". Questa era una notizia sensazionale, perché finalmente in pubblico si associava un grande nome dell'architettura alla prefabbricazione. Ma il prestigio del grande nome, non è sinonimo di grande successo. Difatti, la costruzione in serie di queste case, che combinavano una struttura intelaiata di legno con pannellature di mattoni in calcestruzzo, erano ancora una volta troppo costose e ne furono prodotte solo una piccola quantità, circa una ventina.

In fine Wright cercò di progettare un'abitazione conforme con la nascente classe medio borghese, e quindi si distaccasse nettamente dal concetto delle case della prateria, dove i principali inquilini erano agricoltori. Egli voleva ideare una casa per i vari giornalisti, impiegati, docenti, operai ecc.. La casa Usonia, un progetto che stette molto a cuore all'architetto americano, anche se molta della sua produzione architettonica di questi anni viene apostrofata come Usonia. Le case Usonia, non furono mai standardizzate per la produzione di serie, ma furono la più importante manifestazione di un sistema controllato da una griglia 1,2 x 0,6 metri, molto vicino ai 1,8 x 0,9 metri del tatami, tradizionale griglia utilizzata nell'architettura giapponese, da cui Wright fu profondamente affascinato. E come le case giapponesi, anche quelle del progetto Usonia, sono governate anche in verticale dalla griglia, inserita per governare geometricamente l'alternarsi dei mattoni e l'intelaiatura delle pannellature. Usualmente ad un livello, queste abitazioni non necessitavano di fondazioni profonde, solamente di una semplice soletta di calcestruzzo.



Interior of the Jacobs House by Frank Lloyd Wright.

Fig. 6: Interni di Casa Jacobs. (Colin Davies,, Prefabricated Home)

Nonostante il procedimento di standardizzazione risultasse molto semplice, e di conseguenza anche la produzione di serie degli elementi, e con alla portata di mano la possibilità di influenzare la periferia suburbana americana, Wright non sembrò credere fino in fondo alla possibilità di riuscita del progetto. Come egli disse la combinazione tra elementi prefabbricati e assemblati in opera, era ottimizzata. Gli elementi costruiti in fabbrica erano prevalentemente mattoni, telai, finestre, porte ecc., le operazioni in opera erano minimizzate non dalla prefabbricazione, ma bensì dalla razionalizzazione del progetto. Non erano presenti pitture od intonaci, ma semplici tavole di legno e mattoni a vista, il sistema di riscaldamento correva sotto il pavimento, un'innovazione per il tempo. Questo sistema era semplice da montare e soprattutto non interferiva con le altre lavorazioni, diminuendo così i tempi di costruzione.

La più classica delle case Usionian, fu la Jacobs House di Madison, Winsconsin, costruita per un giovane giornalista e sua moglie. Essa ha una pianta a L, dove il nucleo dei servizi è posto al centro all'intersezione dell'ala soggiorno e di quella notte. La cucina così diventa una sorta di posto di controllo aperto alla circolazione che unisce le due ali, così che da permettere un controllo dei bambini mentre si svolgono le attività quotidiane in cucina (era il 1938). Ma questa semplice descrizione non rende giustizia alla casa. Il concetto principale da esprimere è che nel suo pur semplice e modesto status, può vantarsi senza ombra di dubbio di rientrare nella categoria di architettura. Questo esperimento con i suoi tetti sporgenti, i suoi muri definiti e stabili, il suo filtrare la luce, ha cambiato per sempre il panorama delle periferie americane. Al contrario di Le Corbusier la cui architettura finì per essere solo per pochi, quella di Wright, che venne pubblicata sulle riviste per donne, ha

un sapore popolare. La sua visione di una periferia costituita da residenze singole indipendenti e automobili per ogni famiglia abbraccia gli ideali della popolazione scontrandosi con le idee di Le Corbusier di case accorpate su più livelli immerse nel verde dei parchi.

Anche altri grandi nomi dell'architettura hanno provato a cimentarsi su questo tema, come Buckminster Fuller, Jean Prouvè, Norman Foster, Richard Rogers ecc..., ma più o meno tutti hanno finito per arenarsi, accantonando le proprie idee.

ControStoria dell'Architettura Prefabbricata

I progetti fin qui descritti sono ben noti nel mondo dell'architettura e sono solo alcuni di quelli realizzati dai progettisti più rappresentativi. Si sarebbe potuto descriverne anche altri esempi, come la Court house di Mies van der Rohe, la Diatom House di Richard Neutra ecc... ma non ci sarebbe stata molta differenza. Tutti questi tentativi di disegnare prodotti industriali, sono miseramente falliti o non sono proprio partiti. C'è però da imparare una lezione da questi esempi, come rendere una casa economica affinché possa essere comprata dalla gente comune. Questo non significa che la prefabbricazione della casa, sia stato un fallimento. Ci sono moltissimi casi di successo, che però non appartenendo a progettisti di interesse per la storia dell'architettura, e che quindi sono stati dimenticati. Sembra quasi che il successo commerciale ed industriale sia il motivo principale del disconoscimento di questi esempi dallo stato di architettura.

La non-storia della architettura della abitazione prefabbricata, nasce quasi un secolo prima della sua omologa più famosa, a Chicago nel 1833, quando fu inventato il sistema Balloon Frame. Sarebbe diventato ed ancora è il sistema base della residenza americana, nordeuropea, australiana e giapponese. Che cosa è esattamente il Balloon Frame? Le fondamenta e il tetto del sistema Balloon Frame possono cambiare, ma sono i muri e i solai le sue caratteristiche principali ed immutabili. Generalmente i muri sono costituiti da telai di legno formati da aste della dimensione 5x10 cm distanziate di 60 cm le une dalle altre e collegate con "piatti" di legno in alto e in basso. In una casa di due piani i perni vengono lasciati in attesa, per essere poi inseriti nelle travi del piano superiore. Quando il telaio è completato la struttura viene rivestita da tradizionali tavole di legno inchiodate su di esso. Ci volle quasi un

secolo perché la storia dell'architettura riconoscesse questo sistema come esempio significativo, in un saggio ad esso dedicato "American Development in Design" (Sviluppo Americano nel Design) di Sigfrid Gideon, pubblicato nel 1939. Ma molti ne vennero a conoscenza più tardi grazie al libro scritto sempre dal Gideon Spazio Tempo e Architettura del 1941. Immediatamente sembrerebbe che la non-architettura sia in debito con l'architettura. Gideon non vedeva, ad ogni modo, il Balloon Frame come un pezzo di architettura, ma bensì come esempio della nascente industrializzazione e della forza economica che avrebbe sostenuto il movimento Modernista che stava nascendo in quel periodo. Lo stesso Gideon, erroneamente assegna a George W. Snow, il titolo di inventore del Balloon Frame, parlandone a proposito nel suo libro. Il primo edificio costruito con questo sistema non fu una abitazione, ma una chiesa, St. Mary su Lake street, progettata e costruita nel 1833 da Augustine Deodat Taylor, il vero ed unico ideatore del sistema. Chicago in quegli anni era un'autentica città "boom". Tra il 1833 e il 1850, la popolazione passò da 350 unità a oltre i 30000. La carenza di abitazioni, e quindi la necessità di costruirne di nuove in tempi brevissimi, (la maggior parte della popolazione era alloggiata all'interno dei carri), e la mancanza di operai specializzati e il complicato sistema tradizionale di nodi calettati, fu la giusta combinazione per lo sviluppo e la diffusione del sistema Balloon Frame unito all'uscita sul mercato dei nuovi macchinari per la produzione di chiodi. Questo sistema è di veloce esecuzione, economico e semplicemente tale da non richiedere operai specializzati, nonostante lo scetticismo iniziale sulla sua effettiva resistenza agli agenti atmosferici, in particolar modo il vento, più di 150 case furono erette solo nella primavera del 1834. Serviva solo una settimana di lavoro per costruire una semplice abitazione. Nei successivi dieci anni Chicago, divenne la capitale del Balloon Frame, ponendosi come trampolino di lancio per la colonizzazione del MidWest americano. Le potenzialità per la prefabbricazione già erano evidenti. Nel 1872 Horace Greely scrisse: "Con l'utilizzo dei macchinari industriali, la costruzione delle case è diventata spedita, le praterie dell'Ovest sono ricolme di abitazioni prodotte in fabbrica e spedite con tutti i pezzi numerati, così da poter essere assemblati in opera da chiunque".

Il risultato di questi piccoli assembramenti urbani, sparsi per le praterie, vengono spesso rappresentati da Hollywood, nei suoi lungometraggi westerns.

Mentre il Balloon Frame colonizzava l'Ovest americano, in Gran Bretagna veniva sviluppato un tipo di alloggio prefabbricato, in grado di venire in contro alle esigenze di guerra e colonizzazione sia dell'Australia che del Sud Africa che agli inizi del XIX° secolo fronteggiavano un problema di insediamento. I coloni quando giungevano in questi remoti territori dell'Impero Britannico, erano costretti ad insediarsi in tende o capanne di fortuna, soggetti alle bizzarrie del clima, e impossibilitati, vista la carenza di materiali tradizionali a costruirsi una vera e propria abitazione. Inoltre se i carpentieri di stanza sulle navi, fossero già partiti, questi improbabili edifici, venivano realizzati da personale senza alcuna conoscenza di base. L'unica alternativa a questa serie di disagi, era un edificio completamente impacchettato, imbarcato nella stiva delle stesse navi che portavano i coloni in questi territori. Nel 1830, John Manning, un imprenditore di Londra, pubblicò una brochure nella quale pubblicizzava il suo nuovo prodotto, una villetta unifamiliare, che poteva essere eretta in poche ore, completa di porte, finestre, serrature, e pittura. L'esperimento ebbe così tanto successo, che ancora oggi alcune delle parole tecniche presenti nella brochure sono parte integrante del vocabolario giornaliero dei coloni. L'edificio, era costituito da una semplice scatola con un tetto a doppia falda, con un telaio portante di travi e pilastri, pretagliati e assemblati in opera. Nessuna speciale abilità o esperienza veniva richiesta per la costruzione, e nessuno dei componenti era così grande da richiedere per la sua movimentazione più di una persona. Costava £ 15. (da Gilbert Herbert, "Pionieri della Prefabbricazione", capitolo 2). Manning usò la parola "Cottage coloniale portatile" per descrivere il suo progetto, questa fu poi usata dagli altri che come lui decisero in quel periodo di inoltrarsi in questo business. Il sistema di Manning fu però presto superato, da quello che utilizzava la lamiera ondulata. Nel 1844 Thomas Edington brevettò a Glasgow un processo per la produzione di lamiera ondulata curva e piatta. Resistente, leggera, duratura, impermeabile ed economica, questo nuovo materiale si pose come nuova risposta al sogno dei prefabbricatori, specialmente se zincata, per prevenirne la corrosione. Un intero tetto autoportante, di spessore di pochi millimetri fu prodotto, e si diffuse per le campagne come copertura industriale ed agricola nei cento anni a seguire. Negli anni tra il 1940 e il '50, la lamiera ondulata non era vista come un buon materiale per la costruzione di residenze, ma lo scetticismo fu subito fugato in California durante l'emergenza alloggi creata dall'allora corsa all'oro. San Francisco nel 1849 era

stracolma di ricchissimi senza tetto! Ogni centimetro veniva affittato, i prezzi erano alle stelle e le condizioni igieniche erano terribili. Non vi era alcuna impresa di costruzioni locale, dunque la prefabbricazione fu l'ovvia conseguenza. Grandi società di New York, Philadelphia, Baltimora, furono pronte a rispondere con le tecnologie più avanzate dell'epoca, comprese quelle importate dall'Inghilterra. Si è stimato che dalla sola New York nella prima metà del 1849 furono preparate e spedite più di 5000 abitazioni, alcune destinate a raggiungere la California attraverso Capo Horn, altre a dorso di mulo attraverso l'istmo di Panama.

Peter Naylor, un carpentiere di New York, fece fortuna con la lamiera ondulata inglese, spendendo oltre 500 kit casa. Nel suo annuncio sul Giornale del Commercio si trova scritto che la casa completa poteva essere spedita ad un costo di 14 \$ in una pacco di 4 x 3 x 1 m. Un kit "Naylor" comprato a New York per 345 \$ poteva essere rivenduto in California per 5000 \$. (Charles E. Peterson, "Prefabbricazione durante la corsa all'oro in California del 1849") Lungo tutta la decade del 1850, le fabbriche inglesi come la Edward Bellhouse di Manchester, la Charles Young di Glasgow, la John Walker di Bermondsey, e la Samuel Hemming di Bristol, produssero per il mercato Californiano, Australiano, Sudafricano e Sudamericano. E' difficile quantificare un numero preciso di unità costruite e spedite, ma Gilbert Herbert, scrive che nel 1854 nella sola Virginia furono importati 30329 kit.

Dopo il 1860 l'industria dei Cottage portatili, ebbe una arresto, visto che le colonie cominciarono a dotarsi delle proprie strutture produttive, e visto che la lamiera ondulata risultava particolarmente calda nelle zone con clima tropicale. Ma il Cottage portatile è solo la punta di un iceberg nella storia della prefabbricazione del XIX° secolo. Case, ospedali, hotel, baracche, industrie di cotone, granai, mercati, clubhouse, pub, teatri, stazioni ferroviarie, palazzi per i re africani (re Eyambo di Nigeria, ordinò un palazzo in stile palladiano completamente costruito in lamiera ondulata alla Laylock di Liverpool nel 1843), furono tutti prefabbricati in legno o ferro e spediti nella maggior parte dei casi oltreoceano. Anche le chiese, nonostante la loro aura di santità, furono soggette alle regole della prefabbricazione. Nonostante gli architetti si rifiutarono spesso di progettare chiese seguendo i dettami della prefabbricazione, molte delle chiese che apparirono in Inghilterra e nelle colonie furono pensate e costruite con le modalità e la tecnologia della lamiera ondulata, divenendo quasi la normalità.

Comprare una casa via posta, era diventato nelle Stati Uniti la prassi agli inizi del XX° secolo.

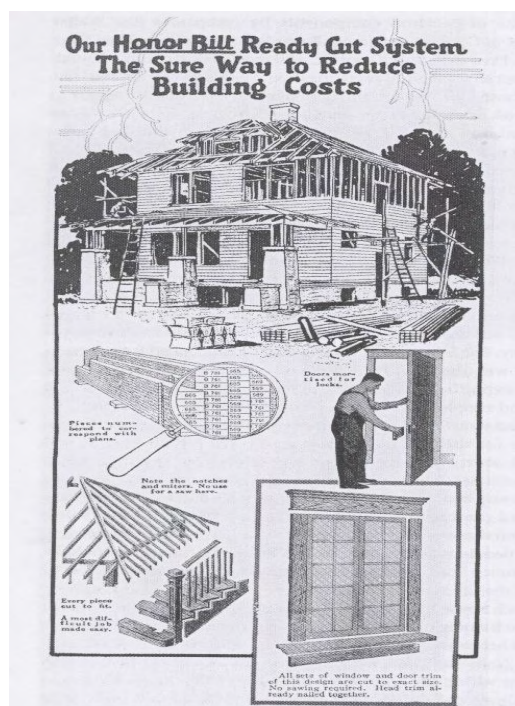


Fig. 2: Opuscolo pubblicitario dell Sears Roebuck 1910

Dopo la diffusione del sistema Balloon Frame, la logica conseguenza era di mandare non solo i disegni ma anche tutti pezzi necessari alla costruzione. Molte industrie cominciarono a vendere i propri prodotti via posta, attraverso i cataloghi. La più grande di queste compagnie era la Sears Roebuck di Newark, New Jersey. Il catalogo primaverile della Sears nel 1908 includeva 4 pagine di case, ma ce n'era anche un altro con ben 22 tipi differenti con prezzi che oscillavano dai 650 \$ ai 2500 \$. "Le nostre planimetrie", reclamava l'annuncio, "sono molto più complete e semplici di quelle che otterreste dagli architetti". Nel 1930 grazie ad una politica di mercato oculata, che offriva sgravi fiscali, vantaggi e aiuti economici nell'acquisto dei prodotti e del terreno, la Sears contava più di 350 punti vendita negli Stati Uniti. Un kit della Sears, era composto da un imballo di telai lignei numerati, un libretto di istruzione e guida al montaggio con raffigurazioni in scala 1:32, e i necessari componenti secondari come finestre, porte, portici ecc... Venivano, inoltre, forniti vernici e chiodi, ma non mattoni e calcestruzzo, mentre su richiesta potevano essere acquistati tubi, impianti e fili. Le spedizioni avvenivano a mezzo ferroviario, in genere una casa occupava due carrelli, e la Sears affermava,

che con i suoi prodotti si poteva risparmiare più del 40%, senza contare poi la precisione garantita, nel taglio e nella predisposizione dei pezzi.

Un altro esempio di case prodotte in serie, è quello della General Houses. Al contrario della Sears, che utilizzava canoni architettonici di stile coloniale e vittoriano, la General Houses promulgava un'architettura più moderna. Era un prodotto del tutto nuovo e non ricavato da forme preindustriali. La General Houses, nasceva come una società supportata dalla General Electric e dalla Pullman Cars, era il 1932, periodo in cui il mercato delle case prefabbricate sembrava essere un buon business. Il suo fondatore Howard T. Fisher aveva come modello quello industriale della General Motors. Differenti compagnie producevano differenti pezzi, che poi venivano assemblati alla General Houses a seconda delle richieste del consumatore. Pullman, per esempio, forniva i pannelli in ferro, e la Curtis Companies Inc. forniva gli ancoraggi. Due case dimostrative furono presentate nel 1933 e nel 1934 all'esibizione del Progresso a Chicago. Si differenziavano leggermente nella costruzione, ma entrambe avevano muri intercambiabili costituiti da pannelli sandwich con un lato prefinito. Quando Fisher comunicò la sua intenzione di produrre su vasta scala, i suoi prodotti si diffusero cambiando il panorama architettonico statunitense. Ma lo stile moderno il tetto piano, non fece vendere più di alcune centinaia dei modelli della General Houses. Con l'ingresso nel 1940 della Sears Roebuck nel consiglio di amministrazione della General Houses, si tornò ad un stile più classico che permise durante la guerra di produrre 2000 unità al mese.

In termini quantitativi, il contributo della prefabbricazione alla necessità abitative degli Stati Uniti nel 1930 fu un piccolo contributo. Ma la speranza che l'industria potesse aiutare a risolvere i problemi economici della nazione generò un grande numero di sviluppi tecnici e istituzionali. I laboratori di ricerca privati come la Fondazione J.B. Pierce, la Fondazione A.F. Bemis cominciarono un'intesa attività di sviluppo dei pezzi e dei materiali utilizzati, come pannelli in plastica, in fibra, in compensato, ridurre i costi di produzione delle case prefabbricate. Economico, flessibile, adattabile, il pannello ad ogni scala della produzione era la logica conseguenza di sviluppo dal telaio pretagliato. Non tutti gli sviluppi interessavano la finitura esterna delle case, ma anche quelli interni, la Fondazione Pierce sviluppò, a tal riguardo, una pannellatura prefabbricata per dividere gli ambienti di cucina e bagno, con al

suo interno già predisposti tutti gli impianti necessari ai due spazi. Nasceva così la prima parete attrezzata prefabbricata.



Fig. 3: Una casa prefabbricata modello Lustrom nelle fasi di costruzione 1949

Il mondo della prefabbricazione americana, ebbe una grande opportunità, quando nel 1942 l'Agenzia Nazionale per la Casa, stanziò 153 milioni di dollari per case prefabbricate temporanee da assegnare ai lavoratori di guerra. Ci si aspettava da parte del governo una produzione media annua di 27450 unità in 90 giorni, anche nella precedente decade non si era superata la soglia delle 10000 unità. Tutti i modelli prodotti dalle 101 società di prefabbricazione non erano che copie delle tradizionali case mono piano con tetto a falda in telai tamburati. Ma la produzione fu impressionante la Perma-Built homes costruiva 35 case al giorno, la Home Building Corporation 160 al mese, la Gunnison Housing Corporation 8 case al giorno e così via. Più di 200000 case furono prodotte durante la guerra, pari al 12% del totale di case realizzate negli Stati Uniti, non fu una rivoluzione, ma una bella mostra delle capacità di questa industria nascente.

Dopo la guerra, ci fu la volontà da parte dei governi nordamericani ed europei, di ritornare ad una attività di costruzione normale nel minor tempo possibile ed esplorando le potenzialità della prefabbricazione. Molti sistemi di costruzione furono approvati, il più famoso dei quali fu quello promosso dalla British Iron and Steel Federation. Una casa interamente costituita di telai in acciaio. Questa era formata

da una serie di elementi prefabbricati e di elementi messi in opera di diversi materiali. Le partizioni interne erano costruite in opera in calcestruzzo, i muri esterni del piano terra in mattoni pieni. Il piano superiore era rifinito con pannelli in lamiera. Il solaio del piano superiore veniva realizzato tramite un getto di 5 cm in opera su una lamiera metallica. Questa curiosa abitazione tradizionale, costruita con elementi non tradizionali eccezion fatta per i mattoni, fu prodotta in 30000 unità tra il 1946 e 1951.

L'Aery Duo Slab è un sistema equivalente progettato negli anni '40, i pilastri erano sostituiti da pareti in calcestruzzo precompresso prodotto in stabilimento. I solai sempre in calcestruzzo precompresso prefabbricato, venivano messi in opera successivamente ed ancorati alle strutture verticali tramite getti di completamento in opera. Le partizioni interne erano costituite da pannelli tamburati con isolamento in lana di vetro o con blocchetti di calcestruzzo. Furono costruite circa 26000 unità fino al 1955.

Possono questi Cottages post-guerra essere annoverati nel mondo dell'architettura? Fu qualche architetto coinvolto nella loro progettazione e produzione? La risposta è sì, per esempio Frederick Gebered, più tardi diventato famoso come pianificatore di Harlow New Town, e come progettista della Cattedrale di Liverpool, fu responsabile della progettazione all'interno della British Iron and Steel Federation.



Fig. 4: AIROH casa prefabbricata dimostrativa e fasi di assemblaggio

Negli anni '50 il sistema di prefabbricazione con elementi in calcestruzzo precompresso si andava affermando come la soluzione più economica e vantaggiosa. Le periferie andavano popolandosi di edifici a più livelli di grande densità abitativa. Ma questi elementi in calcestruzzo prefabbricato, oltre alla loro economicità nella produzione riducevano anche i tempi di produzione, venendo incontro alle esigenze dei governi di avere nel minor tempo possibile i manufatti. Sembrava agli architetti britannici, di star per realizzare le visioni utopiche di Le Corbusier, finché la produzione fu interrotta a causa di un'esplosione dovuta ad una fuga di gas che polverizzò un intero quartiere nel East London.

Durante tutto questo periodo, la produzione di case prefabbricate si aggirò intorno al 10 % della produzione totale di case, con punte in alcune regioni del Nordamerica del 50%. Molte industrie vendettero sia a privati che a rivenditori. Tecnicamente le loro case erano impeccabili, basate su pannellature tamburate ed in stile tradizionale. La differenza era solo nell'impacchettamento, nella presenza o no della cucina, o del sistema di riscaldamento. Negli anni '60 la prefabbricazione nel mondo residenziale ebbe un declino con la fine del boom residenziale e l'avvento di prezzi più competitivi da parte della costruzioni in tecniche tradizionali in opera.

All'interno del Sistema

Regolarità, linearità, ripetizione, simmetria, coerenza geometrica, articolazione, gerarchia: queste sono tutte parole che in genere sono connesse con l'architettura. Con qualche eccezione, generalmente ci si aspetta che i solai siano in piano, che le pareti siano verticali, che gli angoli siano a 90°, che le colonne siano uguali e poste alla stessa distanza le une dalle altre. E' forse stata la tradizione classica, inaugurata con i templi greci a darci queste aspettative.

Qualche volta la regolarità in architettura viene assunta come espressione di un concetto superiore, al di là dell'edificio stesso. Per esempio gli architetti del rinascimento, cercavano una relazione tra musica e architettura. Le semplici proporzioni negli edifici rinascimentali (1:2, 2:3, 3:4) venivano chiamati armonici, perché avevano un loro equivalente geometrico nella musica. La proporzione tra 1:2 usata rappresentava l'armonia di un'ottava musicale. Così la 2:3 rappresentava una quinta, e la 3:4 una quarta. Quindi le proporzioni utilizzate per esempio dal Brunelleschi, nello

schema per la chiesa di San Lorenzo a Firenze hanno stile armonico. L'edificio è una sorta di sinfonia.

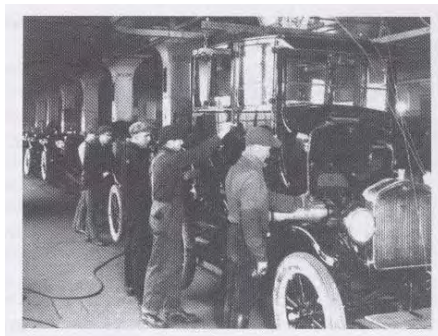


Fig. 5: Catena di montaggio della Ford T 1914

Ma dietro l'idea che l'architettura potrebbe essere letteralmente armonica, c'è un concetto più grande. Per la mentalità Rinascimentale, l'armonia musicale, era un qualcosa di mistico. Un qualcosa che rappresentava l'armonia dell'universo. E dato che la perfezione matematica della musica, era comprensibile a tutti, l'umanità si sentiva partecipe di questa armonia universale, da qui un significato più profondo dell'architettura, un'architettura dal significato cosmico.

Nell'era moderna, l'idea di un significato cosmico dell'architettura non ha più molti sostenitori, ma permane l'idea generale di una coerenza geometrica attraverso la quale i vari edifici possono dialogare fra loro. La geometria diventa uno strumento. Così scrisse Walter Gropius nel 1910 a riguardo delle possibilità di industrializzazione residenziale:

“Per tutti gli elementi vanno definiti in anticipo le dimensioni migliori. Queste dimensioni standard formano le basi per il progetto e vanno mantenute nel corso della progettazione futura. Solo attraverso questo concetto può essere garantita la vendita alle masse e la possibilità di reperire pezzi di ricambio e garantire la riparazione.”

Qui la geometria e la proporzione sono state ridotte ad una mera standardizzazione. Anche le dimensioni di San Lorenzo erano standardizzate, ma vi erano dei motivi religiosi e filosofici dietro, qui al contrario, per Gropius è pura pratica: evitare i pezzi speciali.

La citazione viene dal lungo memorandum inviato alla AEG, intitolato “Programma per la costituzione di una società per la fornitura di residenze basate su principi estetici”. In questo, Gropius, indicò sistematicamente e con rimarcabile intuizione, quello che sarebbe diventato uno dei maggiori temi nell'architettura prefabbricata attraverso il XX° secolo. Molti di questi sono ancora rilevanti tutt'oggi. Egli era

cosciente, per esempio, dell'importanza dell'architettura tradizionale, basando i suoi progetti su “tradizioni testate, il vecchio come benfatto e contemporaneo”. Egli non era ansioso di imporre una uniformità, ma bensì di permettere una scelta, quella che oggi viene chiamata personalizzazione: “il consumatore può comporre la sua casa seguendo il suo gusto personale.”- in altre parole prodotti catalogati. Egli promulgava inoltre una forma rudimentale di quella che oggi viene chiamata una catena di approvvigionamento: “contratti con altre società fornitrici assicura che tutte le parti soddisfino gli standard richiesti dalla compagnia”. Non aveva nessuna idea sentimentale sul concetto che ogni edificio appartiene ad un solo ed unico luogo: “le case.... sono indipendenti, organismi coerenti, non vincolati a nessun luogo”.

Ma il tema principale del memorandum è la produzione di massa. “l'idea che l'industrializzazione dell'edilizia residenziale possa essere tradotta nella realtà dalla ripetizione di parti individuali in tutti i progetti preparati dalla società. Questo fa sì che la produzione di massa sia possibile e favorisce un abbassamento dei costi e un innalzamento delle vendite.”

Quello che voleva presupporre, poi non era una singola casa, o un gruppo di tipologie standard, ma un sistema di componenti – mura, tetti, porte, finestre – che vanno assemblati insieme accuratamente, e questo sembra quasi essere una sorta di coordinamento dimensionale. Un insieme di proporzioni standard possono dare ottimi risultati finali, 1:2, 2:3 e 3:4, per esempio. La proposta di Gropius era molto avanti per i suoi tempi. Considerando che Henry Ford non introdusse nelle sue fabbriche la sua prima catena di montaggio se non tre anni dopo, nel 1913, e per la produzione di una singola auto la Model T con la tristemente famosa mancanza di personalizzazione. Ma l'innovazione maggiore di Henry Ford non fu la catena di montaggio come spesso si pensa. Sigfried Geidion scrisse più tardi che la prima catena di montaggio forse fu introdotta nei mattatoi di Chicago e Cincinnati nel 1850. La più grande innovazione delle industrie Ford, e quella da cui tutte le altre dipendono fu l'introduzione di un grado di precisione nella produzione di componenti in acciaio senza precedenti. Precedentemente i componenti venivano perfezionati a mano per ogni auto individualmente. Questa fu l'unica via per ottenere una precisione adeguata. Ford capì che se i componenti potevano essere costruiti con un accurato standard, essi sarebbero potuti essere prodotti in grandi quantità con la sicurezza di essere compatibili con tutti i veicoli.

In altre parole sarebbero stati intercambiabili. Il principio generale di intercambiabilità dei componenti non era un concetto nuovo. Era stato già sviluppato in altre varie industrie come quella di armi da fuoco, orologi, e lucchetti in America da pionieri come Eli Whitney e Henry Maudslay, ed è diventato il marchio della industrializzazione americana. Ma Ford fu il primo ad applicare il concetto a componenti di acciaio, utilizzando un nuovo prototipo di macchinario che diventerà il cardine della produzione di elementi ingegneristici complessi quali le automobili.

Gropius era certamente a conoscenza dei principi di intercambiabilità tra le parti. Era uno dei fondamenti delle sue proposte. Ma mentre per Henry Ford era il concetto chiave per la produzione in linea, per Gropius è principalmente la via per offrire al consumatore una varietà di scelta: "E' grazie alla previsione di intercambiabilità delle parti che la società può venire incontro alla domanda di mercato ed offrire al cliente il piacere di una scelta e di una iniziativa personale senza nulla togliere all'unicità dell'estetica del prodotto". Gropius era un architetto, non un ingegnere, e l'unicità estetica era per lui molto importante più che l'efficienza della produzione. Questa collisione tra produttività ed estetica caratterizzò il rapporto tra il movimento Modernista e la produzione industriale. È la coerenza geometrica di molti edifici Modernisti la ragione della loro estetica o il loro sistema di costruzione? Cosa viene prima? È impossibile dirlo.

La proposta di Gropius alla AEG si basava sulla sua esperienza acquisita negli anni della Bauhaus, di posizione di equilibrio tra artigianato e industria. Invece di costituire una società per produrre residenze da immettere sul mercato, costituì una scuola per diffondere idee di mercato. La coerenza geometrica, dimensioni standard, e sviluppo di parti intercambiabili furono immesse in un complesso di ideologie caratterizzate da aspetti pratici, estetici e anche morali. Queste idee presto cominciarono ad influenzare progressivamente l'architettura europea sin dal 1920, come il complesso residenziale intorno a Francoforte progettato sotto la guida di Ernst May.

Anche in America, l'idea che un processo edilizio sia esso stato in fabbrica o in opera, potesse essere migliorato attraverso una standardizzazione dimensionale, crebbe. In un saggio di tre volumi intitolato L'evoluzione della Casa, Alfred Farwell Bemis, paragonò direttamente la produzione di case con la produzione di automobili. Non era la prima volta che qualcuno utilizzava questo paragone

(perché le case non possono essere fatte come sono fatte le automobili?). ma in questo tentativo di avvicinare la produzione di case a quella di automobili, Bemis introdusse un nuovo concetto: la coordinazione modulare. (L'uso della parola "modulare" in questo contesto, ha un significato base di dimensione standard, da non confondersi con l'uso posteriore che se ne farà della parola di un edificio composto da scatole prefabbricate). La parola "modulo" viene dal Latino "modulus", che significa unità primaria di misura. Il modulo utilizzato da Bemis era di un cubo di 10 cm di lato. La sua idea era che tutti i componenti dell'edificio potessero essere prodotti di dimensioni multiple del suo modulo base. In questo modo i vari componenti potevano essere facilmente compatibili fra loro e producibili in massa e immagazzinabili con la sicurezza che avrebbero trovato un mercato. L'edificio sarebbe stato progettato come una matrice tridimensionale astratta, dove un insieme di componenti intercambiabili modulari sarebbe stato inserito. Bemis illustrò l'evoluzione del suo pensiero astratto in un disegno lineare semplice. L'idea di un modulo coordinato influenzò per quasi 40 anni le generazioni di progettisti inclini all'industrializzazione.

Infatti il modulo di Bemis era qualcosa di più di una sistematizzazione delle costruzioni tradizionali Americane. Negli anni '40 e '50, istituzioni come l'Associazione Nazionale dei Costruttori Residenziali e l'Associazione delle Industrie di Falegnameria, incoraggiarono l'adozione di una semplice e pratica coordinazione modulare che fu largamente adottata dai piccoli costruttori e dalla grande distribuzione. Il più famoso tra questi imprenditori, fu William Levitt, che produsse più di 17000 case a Hempstead nel Long Island meglio conosciuta come "Levittown". Levitt descrisse la sua società come la General Motors dell'edilizia. Il suo metodo consisteva nel ripulire il sito di ogni ostacolo, inclusi gli alberi, ed erigere villini unifamiliari in stile tradizionale, provenienti direttamente dalle catene di montaggio, posizionati ad intervalli regolari lungo strade rettilinee. La sequenza di montaggio era suddivisa in 26 tappe e i componenti, come telai pretagliati, scale, cucine venivano fornite direttamente dalla casa madre. Levitt asseriva di poter produrre una nuova casa ogni 15 minuti, completa di ogni finitura, come bagno, cucina, e perfino già con la televisione.

In Europa, e specialmente in Gran Bretagna, la coordinazione modulare aveva una applicazione differente. Con la progettazione e costruzione di case, scuole, ospedali, ordinata dal Ministero della Ricostruzione britannico,

dopo la Seconda Guerra Mondiale, la modulazione non era vista come un espediente, ma come una condizione essenziale per la produzione industriale di edifici. L'Hertfordshire County Council propose un programma di costruzione di edifici scolastici basato su pannelli leggeri in acciaio e componenti in calcestruzzo da assemblare su una griglia preordinata. Le scuole della Hertfordshire reclamano un posto all'interno della storia dell'architettura per due ragioni: nella loro leggerezza e semplicità presentano un prospetto ed un'eleganza proprie dell'immaginario Modernista, e la loro architettura era preminentemente progettata per ottenere una praticità confacente al servizio pubblico svolto. Nelle parole di Andrew Saint c'è l'essenza di questo progetto: "volevano costruire per molti, non per pochi, e nel farlo usarono modestia, accortezza ed efficienza" (Attraverso un'architettura Sociale, Londra 1987).

Costruire con efficienza negli anni '50 inevitabilmente significava prefabbricare, che in altre parole significa standardizzazione e modularità. Molte griglie dimensionali furono sperimentate. L'iniziale griglia di 2,5 x 7,3 m che rappresentava una classe, fu presto sostituita da una griglia più flessibile, quella di 1 x 1 m – dieci volte quella di Bemis. Una volta individuata la griglia modulare, la Hertfordshire cominciò a produrre edifici scolastici con incredibile velocità: 91 scuole furono costruite nella contea tra il 1945 e il 1955. Il governo fu impressionato e molto presto la griglia modulare fu adottata come la griglia ufficiale per l'edilizia scolastica, come si evince dal bollettino del Ministero dell'Educazione. Nel 1953 la Modula Society fu fondata per promuovere l'idea e per coordinare il processo di modularizzazione. Non è sorprendente se il modulo base raccomandato fu proprio quello di 1x1 m. Molte altre autorità locali seguirono l'esempio della Hertfordshire, formando un consorzio per sviluppare un nuovo sistema costruttivo per l'edilizia scolastica e pubblica. Il Consorzio per il Programma Speciale delle Autorità Locali (CLASP), fu fondato nel 1957, e sostituito nel 1961 dal Secondo Consorzio per le Autorità Locali (SCOLA). Entrambi favorirono lo sviluppo di sistemi basati su griglie di 1x1 m. Dalla metà del 1960, la modularità cominciò a svilupparsi con un grado di raffinatezza e complessità del tutto estranea al concetto tecnologico degli edifici del tempo. La volontà di base rimaneva sempre quella di incoraggiare la produzione di massa di componenti standard, che potessero essere utilizzati in programma edilizio. Ma ora sembrava essere più importante lo sviluppo di una metodologia

interna alla logica della modularità piuttosto che ad un effettivo vantaggio nella produzione. Distinzioni cominciarono ad essere fatte all'interno di differenti griglie: griglie strutturali, griglie di pianta, centrate, di facciate piane ecc... La griglia era divenuta un enorme e complicatissimo puzzle geometrico che il progettista doveva risolvere da risolvere sul suo piano di lavoro, distante da ogni cantiere e fabbrica. L'obiettivo era quello di progettare l'edificio perfetto modularmente, un'immensa griglia tridimensionale dove i componenti standard potevano essere inseriti. Ma gli edifici reali erano una cosa ben diversa. In pratica tolleranze generose, o margini di errore, dovevano essere consentiti. Le tolleranze che andavano accumulandosi eliminavano di fatto ogni controllo, quindi esse dovevano essere prestabilite ed inserite nella griglia. Tutte le gerarchie di variazioni consentibili erano tabulate, e un intero glossario di termini fu inventato: "modulo-piano", "modulo-spaziale", "dimensione modulare", "dimensione di lavoro", "dimensione coordinata" ecc...

La modularità è diventata una scienza in continua evoluzione. L'idea predominante adesso non è solo quella di sviluppare un sistema per specifiche tipologie edilizie – scuole o case o ospedali – ma quella di trovare un sistema in grado di essere applicato a tutte le tipologie edilizie: un sistema aperto. Questo significherebbe avere a disposizione un sistema che conti sull'intercambiabilità dei pezzi con logica conclusione; e non sarebbe applicabile solo nazionalmente, ma attraverso l'intera Europa. All'inizio del 1956, l'Organizzazione Europea per la Cooperazione Economica pubblicò un report intitolato "Coordinamento Modulare nell'Edilizia". Affermato il fatto indiscutibile, che i metodi di produzione industriale fossero l'unica soluzione per l'edilizia residenziale in Europa, il report afferma: "Una condizione fondamentale per una tale industrializzazione della produzione di edifici è l'adozione di un sistema modulare come base per la standardizzazione dei componenti edilizi".



Fig. 6: In alto Burleigh School 1947; in basso Monkfirth School 1950, entrambe facenti parte del programma scolastico dell'Hertfordshire

La verità è, che lungi dall'essere una condizione fondamentale per l'industrializzazione, la modularità fosse un profondo sbaglio concettuale basato sul fraintendimento della natura del processo di fabbricazione e un sovra-stimato ottimismo nel raggiungimento di una precisione nelle metodologie di costruzione. Concepita principalmente dai progettisti, era un pezzo di astrattismo concettuale architettonico, e come molta architettura conteneva al suo interno elementi di finzione. Sembrava essere una storia di produzione e costruzione, ma il mondo rappresentato non era quello effettivamente esistente. Tutto era cominciato con la perenne e provocatoria domanda: perché non si possono fare gli edifici come le automobili? L'immagine della fabbrica di Highland Park di Henry Ford, una gigantesca macchina che produceva dieci migliaia di automobili all'anno, ispirò l'idea di produrre edilizia prefabbricata e spinse i progettisti verso una inutile ricerca del sistema perfetto. Ma c'era un grosso fraintendimento di fondo sin dall'inizio. La modularizzazione era basata sul concetto di intercambiabilità dei componenti, che fu il concetto base del Sistema Americano di Produzione e, poi del sistema di produzione di massa di Henry Ford. Ma nella produzione delle armi, degli orologi, dei lucchetti e delle automobili, l'intercambiabilità delle parti significa l'intercambiabilità di parti identiche. Quello che la modularizzazione, invece, cercava di fare, era quello di applicare questo

principio ad un'insieme di parti differenti, con differenti funzioni – porte, finestre, muri, pannelli, ecc.. Questa era un'idea interessante, un'idea, come si vedrà, che forse sarebbe potuta diventare rilevante nel mondo moderno della personalizzazione del prodotto, ma non aveva niente a che fare con la praticabilità della produzione di massa.

Nel tentativo di ricercare un sistema di intercambiabilità di differenti componenti, il sistema modulare perse il contatto con la realtà. La vera produzione di massa industriale non aveva mai provato a sviluppare un sistema del genere. L'idea di un sistema aperto sarebbe sembrato per loro un incubo. Come Chris Abel puntualizzò nel 1969, essendo arrivato alla conclusione logica che il sistema aperto implica che "nessun componente potrebbe seriamente essere modificato prima che siano state apportate delle modifiche all'intero processo e ai suoi componenti".

L'industria automobilistica trovò difficile assemblare i propri componenti ad automobili differenti dalle loro. Nell'ingegneria meccanica ci sono stati vari livelli di standardizzazione industriale, ma non fu mai progettato un modulo universale.

Nell'articolo di J.F.Eden del 1967 Design Architettonico, puntualizzò che mentre l'industria dell'ingegneria meccanica aveva fatto grandi passi in avanti nel risolvere il problema dell'intercambiabilità, mostrando nessun interesse nella modularizzazione. Wryly Eden suggerì che il mondo della modularizzazione nell'edilizia dovesse avere dei contatti con il mondo dell'ingegneria, perché sicuramente entrambi le parti ne avrebbero beneficiato.

La modularizzazione, ad ogni modo, non aveva solo il proprio linguaggio. Di nuovo Eden, che aveva posto attenzione sul fondamentale limite della modularizzazione, lo strumento base di questo sistema: la griglia di riferimento. I progettisti avevano identificato una griglia regolare alla quale tutte le dimensioni si riferivano. L'applicazione pratica di questa soluzione ha costantemente prodotto problemi di tolleranza e precisione in cantiere. Non era così fuori dal comune avere un muro fuori posizione di qualche centimetro. Ci sono state, chiaramente, diverse ragioni per questi problemi, inclusa la mancanza di esperienza degli operai, ma una sopra le altre va analizzata: mentre i progettisti avevano coscientemente applicato agli elementi delle tolleranze sui componenti, ne avevano ommesso l'applicazione di queste alla griglia. Il risultato fu che la differenza tra componenti era molto più grande di quella prevista e le discrepanze multiple sulla lunghezza dell'edificio. Come Eden disse: "Il componente immaginario può

essere infilato in alloggiamenti immaginari, il componente reale si infilerà o no in un alloggiamento reale, ma inserire componenti reali in alloggiamenti immaginari non ha alcun senso.” Era un riassunto del totale fallimento del sistema modulare.

Se la modularizzazione non funzionava in opera, non sarebbe funzionata neanche in fabbrica. Forse i progettisti di case, scuole e ospedali, veramente immaginavano milioni di pezzi sulle linee di produzione pronti per essere a disposizione per l'assemblaggio. La realtà dei fatti, era che un programma edilizio che prevedesse 91 scuole in 10 anni, non giustificava neanche remotamente una produzione di massa simile a quella della Ford. Finestre, pannelli parete ecc.. – sono componenti che vengono prodotti in piccole quantità su specifico ordine. Nell'industria edilizia, la produzione di massa – la giustificazione basilare della standardizzazione – era praticamente sconosciuta.

Anche la standardizzazione era una illusione. Uno studio portato avanti dall'Unità di Ricerca Economica Edilizia sottolineò come ci fosse una mancanza di comunicazione tra progettisti e industrie, e che i progettisti credevano di aver standardizzato molto di più di quanto effettivamente avevano fatto. I vari sistemi edilizi furono pubblicati in forma di manuali e cataloghi dei componenti disponibili. I progettisti si riferivano ai componenti in genere solo in termini di tipologie base. Per esempio se un progettista utilizzava 50 pannellature esterne uguali per una scuola per lui si trattava di una standardizzazione con un conseguente risparmio di denaro. Al contrario, il supervisore alla produzione dei pannelli, avrebbe detto senza dubbio, che queste pannellature, non erano tutte uguali fra loro, ma celavano varie differenze. Le finiture potevano essere differenti in accordo con quanto scritto nelle specifiche di cui il progettista non era a conoscenza. Quando l'ordine arriva alla fabbrica, il produttore avrebbe operato ad un altro livello di complessità. Gli accorgimenti di assemblaggio sarebbero potuti essere differenti da pannello a pannello, a seconda che questo fosse stato in prossimità di pilastri, porte, finestre e così via. Quando tutte queste varianti fossero state combinate tra loro, il numero di pezzi identici sarebbe stato drammaticamente ridotto. In un esempio citato nel report, il progettista riconobbe 229 componenti differenti, mentre il direttore dei lavori ne riscontrò 443, l'addetto alla produzione 2204. Troppi per una standardizzazione.

L'ironia sta nel fatto che dal punto di vista dell'industria, questo non è un vero problema. Sono abituati a produrre componenti in quantità

relativamente piccole su specifici ordini con un'alta presenza di pezzi speciali. Se i progettisti sono convinti di immaginare che il loro progetto sia il risultato di un assemblaggio perfetto di parti standard, e l'ordine di componenti rimane alto, non saranno di certo le industrie a farlo notare. Un produttore di pannelli prefabbricati in calcestruzzo, una volta chiese quale fosse la differenza tra componenti Standard e non, non era in grado di distinguerne la differenza. Uno dei principali problemi più grandi per un produttore è la natura erratica del processo di ordinazione. La standardizzazione e la domanda di consumatori consorziati, avrebbero da soli dovuto consolidare la domanda e rendere la produzione di massa conveniente. Ma se gli ordini arrivano tutti in una volta a causa della simultanea erogazione dei finanziamenti, i piccoli vantaggi di una standardizzazione, vengono erosi dai problemi di stoccaggio e di doppi turni di lavoro.

In termini di efficienza e produttività, l'approccio del sistema edilizio offre pochi vantaggi e molti svantaggi, non ultima la sconsolante monotonia architettonica dei prodotti. È sicuramente vero che per edifici medio-piccoli come le scuole, i sistemi tradizionali di costruzione sono altrettanto validi e performanti. Nonostante tutto i sistemi edilizi resistettero bene negli anni '70, e il CLASP, il più grande e più famoso sistema, è sopravvissuto per il momento a anche al XXI° secolo. Il CLASP fu ed è il più grande successo, anzi l'unico successo del sistema edilizio britannico, ma persino loro ammettono, che la sua sopravvivenza è dovuta solo ed esclusivamente all'utilizzo degli stessi progettisti e delle stesse industrie in una continua collaborazione più che per una standardizzazione, una produzione di massa o una modularizzazione.

Il programma scolastico Hertfordshire raggiunse il suo picco di produzione solo agli inizi degli anni '50, i principi della produzione di massa della Ford, che l'avevano ispirata, cominciarono ad essere messi in discussione. Taiichi Ohno, un brillante ingegnere di produzione della Toyota stanziato nella fabbrica di automobili di Nagoya, aveva visitato le grandi fabbriche degli Stati Uniti, prima della guerra, ritornando in Giappone con l'idea non di copiare il sistema, ma di reinventarlo. Ohno e i suoi successori, accantunarono i principi fondamentali della produzione di massa (divisione del lavoro, economia di scala, assoluta necessità di standardizzazione) e li rimpiazzarono con il concetto e filosofia della produzione assistita. Uno dei concetti base della produzione di massa, è stato la necessità

di produrre su vasta scala un numero sufficiente di prodotti identici che potesse giustificare l'investimento in un catena di montaggio ad essi dedicata. Una volta costruita la catena di montaggio, essa sarebbe rimasta in piedi il più al lungo possibile per massimizzare la produzione ed il profitto. Il prodotto, doveva necessariamente essere standardizzato, visto che ogni variazione avrebbe comportato una dispendiosa modifica alla catena di montaggio. Questo era un principio cardine dell'industria. Ohno, al contrario, credeva di poter competere con questo assunto, immaginando la possibilità di una catena di montaggio flessibile, in grado di produrre una varietà di prodotti.

Gli operai erano la chiave del progetto di Ohno. Nelle fabbriche Ford, gli operai erano delle parti intercambiabili di un'unica grande macchina. Gli addetti alla catena di montaggio ripetevano le stesse operazioni migliaia di volte al giorno venendo considerati ottusi per il loro ridondante lavoro come la quello della macchina che doveva rimpiazzarli. Gli operai di Taiichi Ohno, invece, avevano posti di grande responsabilità. Dovevano capire il funzionamento delle macchine e del processo di produzione nel complesso, perché essi dipendevano strettamente da loro. Non era dei robot, ma dei compartecipanti attivi, che avrebbero risolto le complicazioni, migliorato la routine, rendendo possibile la flessibilità della catena di montaggio, apportando suggerimenti per il suo miglioramento.

La flessibilità, non fu l'unico aspetto del sistema di Ohno. Il cuore della produzione assistita era la riduzione degli sprechi, non solo quelli di materiale, ma anche quelli di tempo e di energia. Ohno vedeva l'intero processo produttivo in termini di "valore aggiunto". Ogni attività, che non arrecasse un valore aggiunto al prodotto, dal punto di vista del consumatore, andava minimizzata e se possibile, eliminata. Seguendo la sua logica intuizione, Ohno cominciò a vedere l'intero processo al contrario, vale a dire dal punto di vista della domanda più che del produzione. Intuì che non c'era efficienza e produttività di una fabbrica che tenesse nella produzione di prodotti identici ed economici, se questi non erano quelli voluti dal consumatore. Una industria di questo tipo avrebbe potuto avere successo solo attraverso un gruppo limitato di prodotti: il mondo della Ford T. In un mondo dove la competizione andava aumentando, i prodotti non venduti si accumulavano nei magazzini (o parcheggi) finché i costi non calavano rendendoli appetibili al consumatore. I costi dei magazzini, furono uno degli sprechi che Ohno cercò di eliminare. La sua fabbrica ideale era una fabbrica che rispondesse ad una specifica domanda – un

ordine attuale del consumatore. Avrebbe prodotto quello che il consumatore voleva e lo avrebbe fatto immediatamente. I consumatori avrebbero letteralmente tirato fuori dalla catena di montaggio il prodotto. La produzione assistita fu progettata per avvicinarsi il più possibile a questa concetto. Il concetto del tirare, più che dello spingere fuori, l'obbligo di andare a prendere più che di portare, fu introdotto nel cuore del processo di produzione, compreso il sistema di approvvigionamento dei materiali e dei sottocomponenti, così che tutto quello che c'era nella scatola sarebbe stato sufficiente a completare una automobile nei tempi giusti.

La produzione assistita ha ora rimpiazzato la produzione di massa come nuovo concetto dominante nel mondo dell'industria. Pensato come sviluppo del processo di produzione automobilistico, fu applicato anche ad altri campi dell'industria. Nel mondo delle costruzioni, o almeno in quello dove sono coinvolti i progettisti, la produzione assistita non ebbe un grande impatto. I progettisti si sono preoccupati più di evidenziare i motivi per cui il sistema industriale non fosse compatibile con quello edilizio, più che cercare un punto d'incontro. Qui di seguito vi sono alcuni esempi:

"E' economicamente fuori da ogni dubbio (emulare la produzione di automobili) a meno che non si producano migliaia di edifici identici..... La necessità di un continuo adattamento alle problematiche del sito e dei diversi usi, fa sì, infine, che gli edifici costruiti in mattoni siano più economici." (Colin Davies, Architettura High Tech Londra, 1988).

E ancora:

"(Prefabbricazione) solo salvando denaro con unità prodotte identicamente, una fabbrica può entrare nel mercato. Cambiare le specifiche, o pagare dei lavoratori per assemblare mentre la catena di montaggio non va a regime porta l'equazione necessariamente al collasso." (Paul Barker articolo su New Statesman circa il problema delle abitazioni a Londra, 2002).

Questa è una visione antica ora che i principi della produzione assistita sono generalmente accettati. Flessibilità, prodotti rispondenti al mercato nella piccola scala, sono tutti pregi che rendono applicabile il sistema sia alla produzione di componenti per edifici, che di interi edifici. La standardizzazione così zelantemente promulgata dai progettisti degli anni '50 e '60 fallì perché era basata su una visione irrealistica della posizione dell'industria nell'insieme architettura. I prefabbricatori di telai in acciaio e di pannelli in calcestruzzo, non

avevano bisogno di una produzione di massa e di una rigida standardizzazione. Ma si può intravedere in questo una sorta di primordiale produzione assistita. Se i progettisti fossero stati meno ossessionati da un sistema aperto ed avessero messo più attenzione a cosa le fabbriche avrebbero potuto fare, allora il vero progetto e l'associazione di idee si sarebbe sviluppata divenendo la norma. Il susseguente ritiro della prefabbricazione e il conseguente rispolverare della vecchia e più economica idea di costruire in mattoni non sarebbe avvenuto.

Quando Taiichi Ohno inventò la tecnica che riduceva il tempo necessario per cambiare una matrice di una macchina a stampo da una giornata a tre minuti, utilizzando solamente la semplicità dei macchinari e le qualità degli operai. Ma era solo questione di tempo prima che la produzione assistita, con l'introduzione di nuove tecnologie scalzasse dal suo dominio la produzione di massa, aprendo il mondo ad una nuova varietà di scelta. Nel 1952 la prima macchina a controllo numerico fu costruita per la Aviazione americana, in un laboratorio del MIT. Fu l'inizio di una compenetrazione della tecnologia digitale all'interno dell'industria che culminerà nel concetto di Fabbrica Informatizzata, in poche parole un'intera fabbrica controllata dall'informatica.

La più importante di queste tecnologie, dal punto di vista del progettista, fu il CAM (Computer Aided Manufacturing). Fu importante perché li dispensava una volta per tutte dalla necessità della standardizzazione. Un macchinario informatizzato, poteva produrre centinaia di componenti differenti più o meno nello stesso tempo in cui poteva fare lo stesso numero di componenti identici. Per esempio, una macchina di taglio termico può con precisione e in continuazione tagliare centinaia di pezzi con lunghezze differenti da un foglio di alluminio, secondo le istruzioni CAD (Computer Aided Design) disegnate come un campionario tessile. (Il programma CAD automaticamente predispone la sequenza di taglio del foglio di alluminio più economica). Lo studio di architettura Future System utilizzò questa tecnica utilizzata per la costruzione navale, per il Media Centre al Lord's Cricket Ground, costituito da elementi a forma di bolla.

La variazione di standard nelle pannellature nel sistema costruttivo delle scuole degli anni '60 non presenterebbe alcun problema oggi. Un tornio multiasse, potrebbe tranquillamente produrre centinaia di nodi sferici spaziali con angolazioni di ancoraggio tutte diverse. Le viti di connessione potrebbero essere tutte differenti tra loro a loro volta. È questa tecnologia che rende possibile la copertura strutturalmente irregolare della Great Court al

British Museum di Londra progettata da Norman Foster.

La libertà di forme e dimensioni che permette il sistema CAM, inserita nella produzione assistita, fa sì che sia possibile fabbricare un edificio non standard. Il consumatore – colui che per esempio sta per comprare una casa – realmente potrebbe avere a sua disposizione quello che realmente desidera, un pò come accade quando ci si rivolge ad un architetto ma senza parcelle e rischi. Le limitazioni sono umane e non tecnologiche. I consumatori non sono dei progettisti o degli inventori, e i prodotti vanno sviluppati e testati, specialmente se traggono origine da una forma tradizionale. In pratica la scelta ricadrebbe all'interno di un insieme di prodotti semi-standard, o all'interno di una combinazione di componenti semi-standard. In altre parole il prodotto sarebbe al tempo stesso prodotto in massa e personalizzato. “La personalizzazione di Massa” è come la chiama l'industria. L'industria automobilistica ora guarda ai suoi prodotti come un insieme di componenti – telai, motori, assi, sedili, interni, cruscotti, radio, ecc...– questi possono essere assemblati in differenti combinazioni. Alcune volte le possibili combinazioni sono nascoste al consumatore (una Citroen con una scocca differente è una Peugeot) e qualche volta sono esplicitate così da poter fare scegliere il consumatore. Non c'è niente di nuovo circa il fatto che il compratore possa comprando avere una scelta, dire il colore, gli interni che vuole, ma in passato, in regime di produzione di massa, gli imprenditori dovevano prevedere l'andamento del mercato ed ogni prodotto se necessario doveva avere la possibilità di essere immagazzinato, nella speranza che le previsioni di mercato fossero giuste. Con un processo di produzione assistito ed informatizzato, le automobili possono essere costruite su ordine, cosa che ha incrementato enormemente il numero di possibilità di combinazione di assemblaggio tra differenti componenti.

Kent Larson, un architetto e ricercatore del laboratorio Case del Futuro del MIT, ha cercato di applicare il concetto di personalizzazione di massa all'edilizia residenziale. Egli ha previsto un futuro dove le fabbriche non differenti dall'attuale IKEA e BMW avrebbero prodotto componenti per le case. Avrebbero integrato le loro catene di montaggio, con dei portali internet dove il consumatore, assistito da una guida in linea, avrebbe, tramite l'ausilio di programmi CAD, potuto progettarsi e ordinare la casa che più gli confacesse, semplicemente combinando differenti componenti presi da uno o più insiemi predeterminati. “Ordinare la propria casa” questo teorizzava Larson

“(sarebbe stato) non più complicato di comprare un’automobile on-line”. La visione di Larson è seducente oltre che provocatoria, anche se cadde nella trappola che tutto quello che sarebbe dovuto essere nuovo doveva essere necessariamente elettronico. I componenti, diceva, includeranno sensori e display digitali, così da poter permettere alla casa stessa di autoconformarsi alle necessità dello stile di vita del suo residente. Potrebbe anche avere ragione, ma in questa visione di frontiera della trasformazione dell’edificio residenziale, rimane solo come fumo negli occhi. Inoltre Larson non si accorse che la sua idea di progettazione on-line da parte del consumatore, era in effetti già esistente in quei cataloghi cartacei delle fabbriche di case tradizionali in legno. Egli inoltre intendeva imporre agli imprenditori l’adesione agli standard architettonici aperti, basati su standard definiti universalmente ed usati nell’industria dell’informatica, cercava di forzare disperatamente la necessità di tecnologia innovativa nell’edilizia. Questa suonava più come un vecchia mentalità aperta – una rottura con il concetto di innovazione, non una sua logica evoluzione. La visione di Larson dell’architettura residenziale rimane quella ideale americana della casetta unifamiliare. Applicare il concetto in Europa dove le forme di abitazione collettive sono la norma, sarebbe più problematico.

Ad ogni modo la personalizzazione di massa, è un concetto utile che si potrebbe applicare alla produzione di edifici comuni, come scuole e case. la produzione assistita ed informatizzata ha abolito i concetti della produzione di massa, inclusa la modularizzazione e l’utilizzo di griglie regolari. Dimensioni e proporzioni non sono più necessarie per la standardizzazione volta ad una produzione efficiente facilitata. Bisogna riflettere ricordano le vere ragioni della standardizzazione di Brunelleschi.

Potenzialità del Sistema

Un fervente desiderio di convertire l’architettura moderna in un prodotto, allontanandola dalla permanenza verso il concetto di transitorietà, e allontanandola dall’eliteratismo verso l’universalismo, è il pensiero che più contraddistingue le teorie architettoniche moderne. Anche se questa voglia è nata all’inizio del XX° secolo ed ha permeato anche le generazioni successive fino ad oggi, ogni tentativo di materializzarla è fallito.

Focalizzarsi sull’ottenimento di un risultato è di norma il prerequisito per ottenere il successo. Nel caso dell’architettura è stato invece fatale. È l’origine del fallimento di ogni nuovo tentativo.

Ognuno dei tentativi di trasformare l’architettura in un prodotto fu a stento definito politicamente, proceduralmente, programmaticamente e stilisticamente. Ognuno di questi ferventi sistemi di cambiamento, furono sempre “monoteistici” e quindi di conseguenza di bassa diffusione, durata e applicabilità autosostenibile. Una delle lezioni che gli ingegneri hanno carpito ed assimilato, mentre gli architetti hanno rifiutato, è che il processo è fatto di stadi successivi. Senza un processo base che entri all’interno del cuore della fabbricazione dei prodotti, ogni parvenza di successo rimarrebbe fluttuante e insostenibile. Tutte le visioni avveniristiche dell’architettura di inizio XX° secolo per un mondo migliore e più accessibile sono fallite. Quello di cui aveva bisogno per materializzarsi era una pluralità di processi. Più che un’imposizione di visioni, doveva essere un processo che spaziassse lungo tutto l’insieme di possibilità e capacità nel modo di fare architettura. Bisogna avere un nuovo concetto di processo, più che un nuovo prodotto. A parte i progettisti, all’interno di questo processo vanno inserite anche delle nuove figure, quali i consumatori, coloro che costruiranno e assembleranno i pezzi, e coloro che svilupperanno i materiali che poi diventeranno architettura. Il presupposto è un processo di progettazione e costruzione integrato, dove un’intelligenza collettiva rimpiazza la singola mente decisionale del progettista. Esso deve diventare un concetto allargato, prima ancora di un prodotto, standardizzare il significato di architettura costruita.

La personalizzazione di massa dei prodotti, oggi, sta rimpiazzando rapidamente la produzione di massa. Quest’ultima era un tipo di economia basato sulla produzione di quantità, ma la prima, non dipende dalla quantità per essere competitiva. La personalizzazione di massa dei prodotti è più vicina, di quanto non si creda, ad una produzione di “cultura”, intesa come abitudini che contraddistinguono un determinato mercato, sia esso globale che regionale, esatto opposto della produzione di massa, dove il prodotto è imposto tramite quantità sul mercato. In altre parole più che decidere tra alcune opzioni, il consumatore definisce il prodotto attraverso le proprie scelte all’interno del processo di progettazione e costruzione di questo.

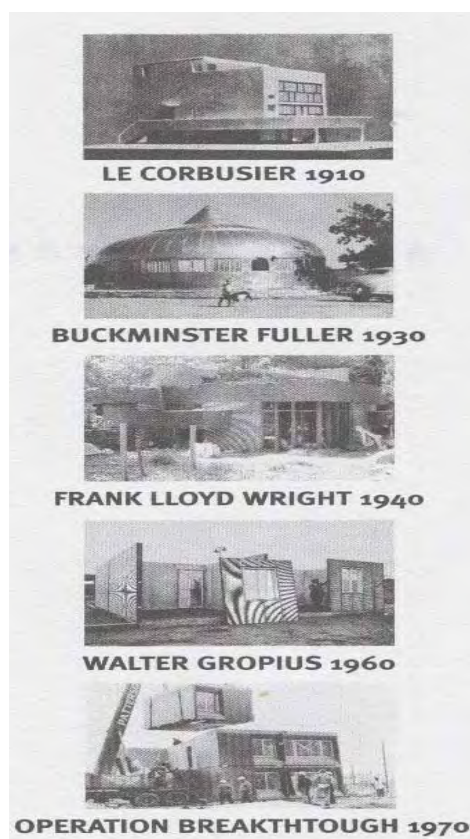


Fig. 7: Un secolo di fallimenti illustri

Non a caso, gli acquirenti spingono per un cambiamento. Non è più accettabile che ogni anno i tempi e i costi dell'architettura aumentino, mentre la qualità vada peggiorando.

Per tutto il XX° secolo, la pratica e la teoria di realizzare la prefabbricazione è rimasta più o meno la stessa. Il modello Ford T era una immagine irresistibile per la sua assonanza con il replicamento. Le Corbusier intuì il potenziale di quest'idea, promuovendo la sua adozione in architettura. Non solo fisicamente la realtà sarebbe diventata più bella e potente attraverso al sua riduzione ad "oggetto-tipo", ma questo "oggetto-tipo" sarebbe stato accessibile come costi alla maggioranza, portando a tutti un prodotto ben progettato di alta qualità. Come per le automobili anche per gli edifici.

Il problema di fondo con l'architettura prodotta in serie, era e rimane, quello di un'estetica poco accattivante. L'unico caso di mercato sostenibile per un edificio prefabbricato e prodotto in serie fu quello della richiesta di abitazione per i lavoratori durante la Seconda Guerra Mondiale. C'era una scarsa estetica nel 1920 nella produzione di questi alloggi, c'è ancora una scarsa estetica nell'idea di oggi.

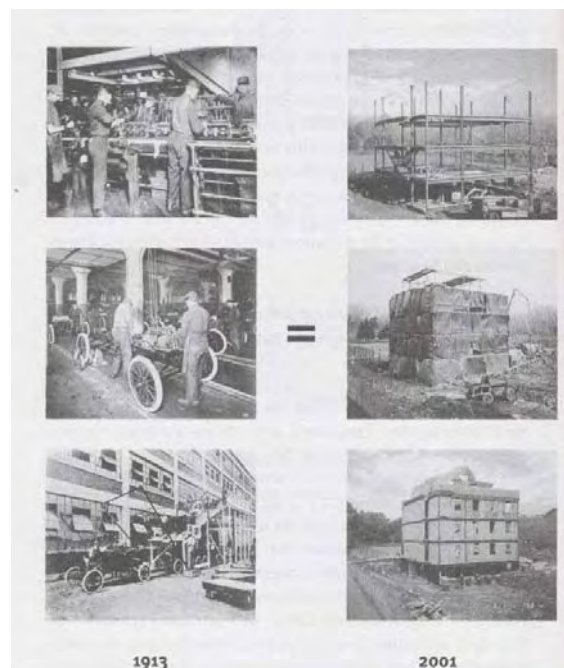


Fig. 8: Il mondo dell'edilizia contemporanea è fermo al concetto di catena di montaggio della Ford T di inizio secolo

Quando un prodotto rimane immutabile, è il tempo che fa la differenza. Nel XXI° secolo, non si ha più bisogno di aspettare, c'è l'opportunità all'interno dei metodi industriali per ottenere dei buoni risultati. Come un prodotto informatico, può essere personalizzato semplicemente con una telefonata, così come altre centinaia di prodotti, anche l'architettura può assumere le forme e le funzioni che più si addicono all'usufruttore e al luogo dove verrà eretta. La costruzione modulare, non è più schiava della produzione di massa, della ripetizione, dell'immobilità. Anche la stessa parola "modulare" è stata rimpiazzata da "fuori-opera" o "in stabilimento". L'80 - 90% dei progetti che richiedono una personalizzazione dell'edificio possono essere tranquillamente eseguiti in fabbrica; la ripetizione seriale del prodotto non è più necessaria per rendere l'operazione vantaggiosa.

Le fabbriche, i macchinari, gli equipaggiamenti, i sistemi di trasporto, di sollevamento, devono essere tutti creati e sviluppati prima che il mercato della prefabbricazione sia aperto. Il regolamento edilizio va modificato e sviluppato secondo le nuove necessità. La forza lavoro va addestrata. Tutti questi concetti industriali legati alla produzione di massa sono da accantonare. Tutto quanto è necessario per ottenere un prodotto architettonico personalizzato sia esso in acciaio, legno, calcestruzzo o muratura, è già a disposizione. Manca solo la volontà di iniziare.

Non solo si potrebbe cambiare l'edilizia da una produzione di massa ad una personalizzata, ma bisogna farlo. Il mondo e i suoi clienti, hanno già a disposizione una vastità di prodotti di questo genere, siano essi computer, navi, aeroplani, automobili. Alta qualità, bassi costi, e tempi di realizzazione brevi. L'antico equilibrio tra costi e tempi non è più sostenibile. Ora il vento del cambiamento necessariamente sta attraversando il mondo dell'architettura. Solo interagendo tra le varie figure, architetti, ingegneri, clienti, imprese, nel tentativo di raggiungere una mentalità collettiva si può rispondere alla nuova domanda del mercato.

Un'architettura costruita in fabbrica in parti separate che verranno assemblate solo in opera ha bisogno di una nuova via di controllo, e di comunicazione delle informazioni progettuali e costruttive.

Nel motus operandi dell'architettura tradizionale, un edificio eretto convenzionalmente è parte di un processo che vede partecipi architetti ed imprese, alla ricerca di continuità degli elementi per la realizzazione dell'opera. Oggi, invece, si comincia con una rappresentazione dell'idea architettonica che rappresenti la volontà di un oggetto finito, per poi passare attraverso una compilazione di dettagli e metodologie per ottenere il prodotto finito.

Il metodo convenzionale di giustapporre pezzi adiacenti, elemento dopo elemento, non è funzionale con parti assemblate in stabilimento. La prefabbricazione dei componenti, implica un loro assemblaggio sin da quando essi arrivano in cantiere, e molto spesso non posso essere modificati, per venire incontro a cambiamenti effettuati durante la costruzione. Infatti le modifiche applicate sul campo, vanificano il vantaggio di una costruzione prefabbricata.

Fortunatamente, oggi, il sistema di controllo delle informazioni sia all'interno che all'esterno della fabbrica può far monitorare il processo in tempi reali. Si posso creare delle simulazioni, che siano in grado di prevenire eventuali problematiche legate al cantiere. Ci sono programmi in grado di fornire dati circa costi, tempi e quantità, mentre il progetto è in fase di elaborazione. Le reti telematiche interne ed esterne, sono in grado di far comunicare le varie figure coinvolte.

La nuova frontiera della prefabbricazione nasce da una coscienza collettiva della progettazione. Solo grazie a questa conquista la produzione personalizzata che richiede il mercato può essere sostenuta. Dall'interazione tra le varie figure coinvolte, si può ottenere finalmente un prodotto costruito in fabbrica, assemblato in opera, che ricalchi le aspettative di qualità, di

costo e di estetica richieste dall'acquirente. Rinasce dalle esigenze di mercato una figura che ha contraddistinto l'architettura passata, il capomastro, con l'unica differenza che non si parla più di un singolo individuo, ma di una singola coscienza costituita da un'insieme di figure coinvolte nel processo di progettazione e di costruzione.

L'insuccesso degli esperimenti condotti all'inizio secolo durante il periodo Modernista, fu dovuto anche ad una semplicità dell'organismo architettonico dell'epoca. Gli edifici erano ancora molto più simili ad una capanna che ad un'automobile. C'erano solamente due sistemi, nel 1900, che potevano essere inseriti in un edificio, sia anche esso stato il più avanzato: un camino per l'illuminazione ed il calore, una sistema di tubature per convogliare le acque piovane. Il 95% del costo di fabbricazione era coperto dai materiali impiegati per la costruzione delle strutture, dei muri, delle finestre e delle porte e delle finiture. Gli impianti costituivano solo il 5% della spesa totale.

Nel 1900, l'architettura era ancora lontana dall'essere paragonata ad una macchina, era ancora una metafora sognante. Per strutture semplici come quelle, i vantaggi della prefabbricazione non erano ancora apprezzabili ed economicamente validi. In paragone tra un dormitorio da 100 posti di allora e uno di adesso ci sono per lo meno 10 impianti in più: termosifoni, ventilazione, controlli automatici, energia elettrica primaria e di emergenza, impianti antincendio, di adduzione e smaltimento delle acque ecc... Il costo totale di questi impianti è quasi 5 volte più grande di quello di 100 anni fa, 25% attuale contro il 5%. Per strutture più complesse come un laboratorio di ricerca, in proporzione, il costo inerente agli impianti è stimato in circa il 50%, la metà esatta dell'intero costo di costruzione.

Solo adesso finalmente, 100 anni dopo la prima idea di accostare l'architettura alla macchina, metaforicamente parlando, questa è diventata realtà. Ma nonostante questo fatto, l'edilizia continua a costruire i suoi edifici, come faceva 100 anni fa, ora che gli immobili sono percorsi da centinaia di metri di cavi, fili, e tubi. Ci sono così tanti impianti che da soli potrebbero sostenere l'edificio stesso.

Il complesso intreccio di infrastrutture, sistema dopo sistema, cablaggio dopo cablaggio, non è proprio adatto ad una costruzione pensata in termini tradizionali.

Prefabbricare larghe porzioni degli edifici, oggi in virtù di questa predominanza di impianti, è necessario e fattibile. Integrare nei componenti prefabbricati parti degli impianti complessi,

semplifica e riduce di molto i costi e i tempi, aumentando l'efficienza e la produttività dell'involucro edilizio. Si può integrare completamente l'impianto all'interno dell'elemento prefabbricato, incrementando qualità, funzionalità, e obbiettivi come avviene nel processo di produzione delle automobili.

Si potrebbe far architettura seguendo le regole dettate dall'esempio di Henry Ford. Costruire un edificio con le stesse modalità di un'automobile di inizio XX° secolo. Si userebbero allora, un solo tipo di struttura, un solo tipo di finestre, un solo tipo di finiture interne, un solo tipo di rivestimenti esterni. Oppure si potrebbe fare dell'architettura come il signor Michael Dell produce i suoi computers all'inizio del XXI° secolo. Utilizzare quello che è più appropriato, lasciare all'acquirente la facoltà di scelta, e fargli avere il prodotto finito nel più breve tempo possibile, nel miglior modo e al miglior prezzo. In questi tempi, in questo mondo, la regola di Ford "un tipo per tutti", non ha più modo di essere competitiva sul mercato, sia come prodotto, che come progetto, che come servizio. Il motivo è che dietro questa regola, l'idea del sogno di Ford, era quella di vendere un prodotto al più grande gruppo di potenziali consumatori possibile. Oggi un evento tale è una rarità. Quando le automobili venivano progettate e costruite in maniera semplice, questo teorema: modesta qualità, prezzo contenuto poteva essere semplicemente raggiunto da una standardizzazione del prodotto, quindi da una ripetizione metodica dell'assemblaggio. Quello che non andava poteva essere riparato con pochi gesti. L'idea di scelta di Ford: "potete volere qualsiasi colore, ma sarà sempre nera", contenne i prezzi del mercato e delle transazioni basso. Milioni di copie della stessa identica macchina furono prodotte per oltre due decenni.

In questo secolo, il consumatore, vuole avere la possibilità della scelta, di esprimersi, di essere individuale e di essere libero di cambiare idea all'ultimo minuto. Questa nuova richiesta del mercato, è stata subito recepita dall'industria. La Dell computer company, la Nike shoe company, la Swatch, e l'industria automobilistica, hanno riorganizzato le loro fabbriche sulla possibilità della richiesta in tempo reale, a prezzi contenuti e con un'alta qualità del prodotto. Questa capacità attribuisce nuovi orizzonti all'incremento di quote di mercato. Suddividendo i loro prodotti in piccoli componenti assemblabili, queste compagnie posso soddisfare qualsiasi richiesta dei loro consumatori. Attraverso un'organizzazione telematica esse possono assemblare e spedire il prodotto personalizzato in tempi brevi e in

costi contenuti. Milioni di prodotti differenti tra loro, ma appartenenti alla stessa famiglia, sono venduti giornalmente. Con questo modello di produzione, le teorie economiche di mercato, rispondono ad una domanda più ampia.

In uno studio di architettura a Philadelphia, il KieranTimberlake, si sono chiesti il perché questa idea di mercato non potesse essere applicata anche all'edilizia, ponendosi le seguenti domande: "Perché continuare a vedere i costi di vendita e costruzione degli edifici continuare a salire eccedendo le possibilità economiche dei compratori? Perché i progettisti sono sempre di più costretti a fare delle forzature progettuali sulla base di costi che limitano la scelta, aumentando la standardizzazione e riducendo la qualità? Perché i progettisti si scontrano con numerose richieste di qualità alla fine della costruzione di un edificio, risolte solamente da innumerevoli pagine di computo e orari di lavoro? La risposta sta nell'organizzazione del sistema di progettazione così lontano dalla pratica industriale. Come progettisti, si trova difficile fermarsi nella progettazione e farsi coinvolgere di più dal processo di costruzione. Non si è chiaramente soddisfatti dallo stato di fatto attuale. Il progetto continua anche attraverso la costruzione.

E' difficile trovare una produzione di massa, che offra reali opportunità di cambiamento all'interno dell'architettura e dell'industria delle costruzioni. Lo studio KieranTimberlake, ha provato a capovolgere il dogma di Henry Ford "un tipo per tutti", in "tutti i disegni, tutti i progetti, tutti i siti, tutti i clienti". Nei progetti che seguiranno verrà esposto il tentativo di questo gruppo di progettazione di ricercare la via e l'essenza del fabbricare architettura in un nuovo modo. Dalle porte ai muri, ad interi gruppi bagno, ad interi edifici. Un vero cambiamento, affermano, non può nascere se non da un inizio, ed è ora di iniziare.

Conclusioni

L'architettura acquista il suo prestigio attraverso il linguaggio, la metafora delle forme, le decorazioni, i giochi di luce. La leggerezza dei pannelli e la prefabbricazione sembrano quasi scontrarsi con la dignità dell'architettura. Specialmente se questa sembra allontanarsi, rifugiandosi nell'espressionismo dei materiali e delle strutture classiche, facendone diventare la regola.

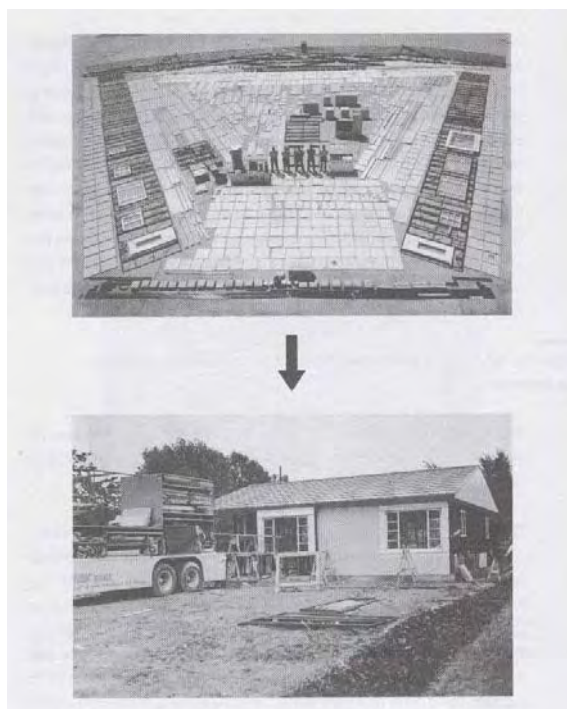


Fig. 9: Con l'ausilio della nuova tecnologia CAD CAM è possibile produrre diverse tipologie di elementi nello stesso tempo e con lo stesso costo.

La regola, però può essere facilmente rimossa. Secondo Gottfried Semper, il trasferimento di forma da un materiale all'altro è una parte essenziale dell'architettura. I pannelli, le scatole hanno, infine, la loro propria dignità e la loro propria giustificazione teorica.

La paternità è un'altra sorgente di prestigio per l'architettura, ed un altro dubbioso concetto, fondamentalmente in disaccordo con le singolarità della prefabbricazione. Costruire è essenzialmente una collaborazione di più parti, in special modo se questa si muove attraverso gli ambienti dell'industria. Il progetto di un prodotto semi-standard, anche se infinitamente più semplice rispetto ad una casa, non può essere il risultato di un singolo. I dirigenti, gli ingegneri, i compratori, i venditori, i pubblicitari, i trasportatori, sono tutti potenziali collaboratori alla progettazione del prodotto. Certamente ci dev'essere una guida, una persona che prenda le decisioni e porti a termine l'opera, e questa persona può essere individuata nell'architetto, ma questa non sarà l'autore del progetto, come un'artista lo è del suo quadro e della sua scultura. Molto più importante della collaborazione e del dialogo con il gruppo di lavoro, è la collaborazione ed il dialogo con il consumatore. Una casa progettata secondo tutti i canoni dell'architettura, non è detto che si accordi con lo stile di vita e le esigenze dell'inquilino, minando la giusta relazione tra il progetto e il compratore di una casa

prefabbricata. Il consumatore, non è una figura individuale, ma un mercato, il prodotto deve avere il suo fascino. Per molti mercati questo significa che la casa prefabbricata deve parlare un linguaggio architettonico comprensibile da tutti, quindi un linguaggio classico. I progettisti dovrebbero capire che a volte non sempre il colpo di genio è quello che fa la differenza, riconoscendo il giusto valore a quel linguaggio tradizionale dell'architettura, che è di dominio pubblico.

La sensibilità che si insegna nelle scuole d'architettura, verso la formazione dei nuovi linguaggi, e l'interpretazione dell'architettura come evento singolare della città, in grado di stravolgere il quotidiano, non aiuta i giovani progettisti a misurarsi con questo linguaggio e la realtà. L'idea che un edificio si generi dalla combinazione di fattori come un particolare committente, un particolare sito, una particolare libertà d'azione, è del tutto irrealistica. Molte abitazioni sono prodotti standard che si possono adattare a diversi luoghi. Non c'è nulla di sbagliato. E' stato sempre così, il linguaggio dell'architettura tradizionale, è l'unico veramente amato, è il mondo del dettaglio standard applicato nella tipologia standard.

La differenza tra spazio costruito, e spazio progettato è importata ai fini della comprensione. I progettisti generalmente si assumono la responsabilità di entrambi, trattandoli come se fossero una cosa sola. L'industria residenziale ne sa qualcosa. La tecnologia di un edificio, sia essa stata sviluppata attraverso i secoli attraverso un continuo apporto dei soggetti interessati, o sia stata concepita all'interno di un'industria, è qualcosa di prezioso di cui non si dovrebbe far a meno tanto facilmente. Raccoglie veri esperti nello sviluppo, preferibilmente con ottime conoscenze dei materiali e degli strumenti utilizzati. Le nuove tecnologie vanno sviluppate e non disegnatte, c'è bisogno di un luogo adeguato per farlo, e quel luogo è la fabbrica. Ad ogni modo è molto più semplice ed economico adattare una vecchia tecnologia, piuttosto che adottarne una completamente nuova. Molte delle case prefabbricate di oggi sono semplicemente una leggera variazione sul tema predominante negli Stati Uniti 170 anni fa il Balloon Frame. Al contrario dello spazio costruito, quello progettato è più economico e più sicuro. Tutti posso farlo, e questo è il motivo perché i campionari sono pieni di centinaia di tipi di case. Nessuno bada a chi le ha progettate. Le planimetrie residenziali prodotte da progettisti, sono indubbiamente migliori e più vivibili, ma questo non le rende più valide. Gli architetti dovrebbero smettere di disprezzare questi campionari, ed imparare ad usarli a loro

stesso vantaggio.

I costruttori, in genere sono molto felici di non dover ricorrere a progettisti per le loro zonizzazioni suburbane, ma sono costretti a cercarne aiuto quando si trovano di fronte a piani urbanistici densamente popolati. Ricomponendo la domanda di prefabbricazione e la complessità di un edificio multipiano all'interno di un tessuto urbano, i progettisti riescono a far bene. L'Immeuble Villas di Le Corbusier progettata nel 1925, ne è un potenziale esempio. Essa era essenzialmente un prodotto venuto fuori da un blocco di schizzi per un'esposizione universale. Ogni appartamento aveva un salone a doppia altezza e un terrazzo giardino di fianco, c'erano molte possibilità di adeguamento alle varie necessità. Se vi era la possibilità, si poteva comprare un'unità e inserirla staccata dall'edificio in un contesto suburbano.

La prefabbricazione è stata a lungo associata con sistemi di quello o di quell'altro tipo: sistemi chiusi, sistemi aperti, sistemi dimensionalmente coordinati. I sistemi nel loro insieme, sono essi stessi un'architettura. Elementi geometricamente astratti che ingoiano i loro stessi creatori, quando essi tendono al raggiungimento della perfezione. Ne è stato un esempio eclatante la Packaged House, con cui Konrad Wachsmann tentò di risolvere al crisi degli alloggi del dopo guerra negli Stati Uniti. Un piccolo pannello, che con le sue infinite combinazioni, sembrava in grado di dar vita così tante soluzioni architettoniche da poter da solo risolvere ogni problema. Wachsmann, non era interessato a costruire edifici, ma bensì ad ottenere il sistema perfetto. E come in una fiaba dal finale amaro, non riuscì a condividere il suo sistema con il mondo, a lasciarlo andar via, meglio un investimento fallito, una fabbrica chiusa, che un sistema violato. I sistemi sono essenzialmente utopici. Aspirano alla perfezione mettendo fine allo sviluppo e al cambiamento. I prodotti industriali di successo, infatti, non sono mai fermi, ma si evolvono, c'è sempre un modello superiore pronto ad essere immesso nel mercato. Per questo la paternità non è importante in questo settore. Solamente quando il corso della vita di un prodotto è finita, e questo viene dismesso approdando in un museo, che ci si domanda chi ne fosse l'autore. Dai i giorni che videro Wachsmann protagonista, la doppia rivoluzione della produzione assistita e dell'ausilio dei calcolatori, ha di fatto cambiato la moderna industria. La produzione di massa stile Ford T è morta, e con essa i vecchi preconcetti sui prodotti industriali, ai quali, in genere, i progettisti si rifanno per rimanere al di fuori di questo mondo. Essi tendono ad addurre come motivazione: "le

industrie fanno migliaia di unità identiche, sono nate per fare questo. Quindi se si vuole prefabbricare un edificio, bisogna necessariamente standardizzarlo per poi produrlo in massa. Questo, però, è impossibile, per varie ragioni, il mercato non è così grande da giustificare l'investimento; ogni luogo dove erigere un edificio è unico, quindi necessariamente la costruzione deve essere differente. Gli edifici sono delle strutture semplici e non complicate come le macchine, devo semplicemente rispondere alle azioni climatiche. Gli edifici sono meglio se costruiti in opera."

L'arrivo delle macchine a controllo numerico, assistite da tecnologia Cad e Cam, ritrovano nelle parole di Taichii Ohno della Toyota, il loro nuovo verbo. Le industrie possono adattarsi a tutte le esigenze dei consumatori. La linea di assemblaggio può essere modificata per produrre oggetti unici. Per i giapponesi questo fu sufficiente per tuffarsi nella prefabbricazione residenziale, con investimenti massicci. Non case economiche, ma prodotti altamente tecnologici di alta qualità. L'enunciato fondamentale sembra essere che la prefabbricazione, la standardizzazione, e la produzione di massa, siano il medesimo aspetto dell'imperativo industriale. L'ironia, è che nonostante non sia mai stato applicato questo imperativo al singolo prodotto, come può essere una casa, l'industria delle case mobili negli Stati Uniti ha, con successo, prodotto case su misura per anni, senza conoscere minimamente il significato di produzione assistita e di Cad/Cam.

Prefabbricare, non implica necessariamente una produzione di massa o una standardizzazione. Infatti nessuno di questi tre termini implica gli altri due. La standardizzazione non è essenziale, come la monotonia del prodotto è evitabile. I consumatori, possono partecipare al progetto delle loro case, al limite aumentando l'insieme degli optional, un po' come accade quando si acquista un automobile. D'altro canto la standardizzazione non è così negativa. Ha delle virtù proprie a parte ogni considerazione sull'efficienza o l'economicità. Le persone amano i prodotti standardizzati, provati e testati e che si possono reperire in magazzino. Ci si imbattono camminando per strada, il loro vicino potrebbe averne uno. Il perfetto sistema di consumo, potrebbe essere così futile e non necessario quanto una perfetta griglia pianificata. Offrire al consumatore una scelta è una cosa, chiedergli di progettare un intero edificio è un'altra. La migliore possibilità di successo, sicuramente si trova a metà strada tra il sistema universale e il sistema "prendi

questo o vai da un'altra parte". Un insieme di modelli e di opzioni potrebbe senza dubbio essere una strategia giusta.

Dovrebbe essere stato ormai radicato nella mente il pensiero che una casa non è necessariamente una singola entità. Nel 1932 Frank Lloyd Wright immaginò di assemblare una casa, alla quale degli ambienti già pronti potevano essere aggiunti a piacimento. Non

riuscì mai a realizzare il progetto, ma il concetto di fondo è quello che potrebbe considerarsi a tutti gli effetti la base giusta per cominciare a sviluppare un nuovo modo di guardare alla prefabbricazione da parte di tutti, siano essi industriali, progettisti e compratori.

Bibliografia

- Abel C., *Identità e architettura* (Oxford 2000)
- Actar, *Kazuyo Sejima in Gifu* (Barcellona 2001)
- Arieff A., *Prefabbricazione* (Salt Lake City 2002)
- Baham, R. *Teoria e Progetto nella prima età industriale* (Oxford, 1962)
- Bemis A.F. *L'evoluzione della casa* (Cambridge MA, 1933)
- Bender r. *L'incrinatura dello specchietto retrovisore* (New York 1973)
- Bernhardt A.D. *Gli edifici del domani* (Londra, 1980)
- Callicott N. *Il CAD/CAM nell'architettura* (Oxford 2001)
- Davies C *Prefabricated Home* (Londra 2005)
- Davies C *L'Architettura High Tech* (New York 1988)
- Davies/Hopkins *Monografia di M.Hopkins & Partners* (Londra 1993)
- Finnimore B. *Case dalla fabbrica* (Londra 1989)
- F.O.A. *Il Progetto Yokohama* (Barcellona 2002)
- Gann D. *Innovazione edilizia: Complessità costruttive in un mondo in cambiamento* (Londra 2000)
- Giedion S. *La meccanizzazione prende il controllo* (New York 1948)
- Giedion S. *Spazio, Tempo, Architettura* (Londra 1967)
- AAVV *Il mondo sconosciuto della casa mobile* (Baltimora 2002)
- Hitchcock H.R. *Nella natura dei materiali: Gli edifici di F.L.Wright* (New York 1942)
- Katz P. *Il nuovo urbanesimo: Attraverso un'architettura della comunità* (New York 1994)
- Kelly B. *La prefabbricazione della casa* (Cambridge, MA 1951)
- Kieran S. *Rifabbricare l'architettura* (New York 2004)
- Le Corbusier *Verso un'architettura* (Parigi 1923)
- AAVV *Una guida per la casa americana* (New York 1984)
- Nute K *K.L.Wright e il Giappone* (Londra 1993)
- Pawley M. *Architettura dei Terminal* (Londra 1998)
- Pawley M. *Teoria e Progetto nella seconda età industriale* (Oxford 1990)
- Pevsner N. *Uno sguardo sull'architettura Europea* (Londra 1963)
- Reaburn/Wilson *Le Corbusier: Architetto del secolo* (Londra 1987)
- Russell B. *Sistemi edilizia, Industrializzazione e architettura* (Londra 1981)
- Ryan D. *La casa ideale del XX° secolo* (Londra 1997)
- Saint A. *Attraverso un'architettura sociale: il ruolo dell'edilizia scolastica inglese nel dopo Guerra* (Londra 1987)
- Sasaki M. *Flux Structure* (Tokio 2005)
- Sergeant J *F.L.Wright e le case Usonian* (New York 1976)
- Stevenson K.C. *Case per posta* (Washington DC 1986)
- Stickley G. *Case per artigiani* (Londra 1988)
- Summerson J. *Architettura in Gran Bretagna 1530-1830* (Londra 1993)
- Vale B. *Precafabbricazione: Storia del programma edilizio pubblico in Gran Bretagna* (Londra 1995)

Verb Actar *Matters* (Barcellona)
Verb Actar *Nature* (Barcellona)
Verb Actar *Connection* (Barcellona)
Verb Actar *Processing* (Barcellona)
Verb Actar *Conditioning* (Barcellona)
Wachsmann C. *Costruire la casa di legno: Tecniche e progetto* (Basilea 1995)
White R.B. *Prefabbricazione: Storia del suo sviluppo in Gran Bretagna* (Londra 1965)
White R.B. *Il punto di svolta dell'edilizia* (New York 1961)
Womack J. *Pensare assistito* (Londra 1996)

