



## Innovazione tecnologica per l'architettura e il disegno industriale

Gli esiti di un dottorato di ricerca



## ATTI E RASSEGNA TECNICA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

**LIX-1**  
NUOVA SERIE

GENNAIO 2005



# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI IN TORINO

RIVISTA FONDATA A TORINO NEL 1867

NUOVA SERIE - ANNO LVIX - Numero 1 - GENNAIO 2005

## SOMMARIO

Giovanni Torretta, <i>Editoriale</i> .....	pag. 5
Marco Filippi, <i>Introduzione</i> .....	pag. 7
Luigi Bistagnino, <i>Un'occasione di dialogo tra discipline</i> .....	pag. 10
Cristian Campagnaro, <i>Colore in periferia. Linee guida metaprogettuali per una riqualificazione tecnologica e semantica dell'edilizia popolare</i> .....	pag. 12
Andrea Virano, <i>Dalla barriera antirumore verso l'integrazione percettiva dei bordi lineari per autostrade ed infrastrutture in genere</i> .....	pag. 32
Claudio Germak, <i>Metodo e interdisciplinarietà per il Disegno Industriale</i> .....	pag. 54
Marco Bozzola, <i>Sistema di componenti in policarbonato alveolare estruso per l'impiego in campo edilizio e ortoflorovivaistico</i> .....	pag. 57
Marco Filippi, <i>Un altro passo avanti per assicurare la qualità della costruzione</i> .....	pag. 84
Cinzia Maga, <i>La certificazione energetica degli edifici esistenti</i> .....	pag. 87

*Direttore:* Giovanni TORRETTA



*Segretario:* Davide ROLFO

*Tesoriere:* Valerio ROSA

*Art Director:* Riccardo FRANZERO

*Redattori:* Franco CAMPIA, Beatrice CODA NEGOZIO, Alessandro DE MAGISTRIS, Guglielmo DEMICHELIS, Luigi FALCO, Marco FILIPPI, Evasio LAVAGNO, Aline MARSAGLIA, Alessandro MARTINI, Franco MELLANO, Carlo OSTORERO, Costanza ROGGERO, Chiara RONCHETTA, Bernardo SARA, Agata SPAZIANTE, Paolo Mauro SUDANO, Marco TRISCIUOGLIO

*Sede:* Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, Corso Massimo d'Azeglio 42, 10123 Torino, telefono 011 - 6508511

**ISSN 0004-7287**

Periodico inviato gratuitamente ai Soci della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.

# ATTI E RASSEGNA TECNICA

DELLA SOCIETÀ DEGLI INGEGNERI  
E DEGLI ARCHITETTI DI TORINO - N.S. A. 59 - N. 1 - GENNAIO 2005

Curatore del numero: Cristian Campagnaro.

# Editoriale

*I laureati in architettura sono tanti, forse troppi. Per avere la percezione del fenomeno è sufficiente ricordare che gli iscritti agli albi professionali del Piemonte di quaranta anni fa erano poco più di trecento, ora sono oltre dieci-mila. In più bisogna tener conto che in allora pressoché tutti gli architetti laureati si iscrivevano all'Ordine, oggi assai meno.*

*Cosa fanno? Le risposte, spesso generiche, sostengono che gli sbocchi professionali nuovi sono sufficienti ad assorbire la grande offerta.*

*Le facoltà hanno cercato e cercano di adeguare i propri curricula inseguendo le nuove professionalità emergenti o presunte tali.*

*Le quattro tesi di dottorato che questo numero di "A&RT" pubblica rientrano nel panorama, nel ventaglio, di offerta didattica che le facoltà torinesi possono offrire. In particolare ogni tesi di dottorato è già in se una ricerca di filoni nuovi in cui la professione si può sviluppare. Il campo della tecnologia risulta particolarmente fertile anche se si deve evitare di far ricoprire agli studi che la riguardano il ruolo di cassa di risonanza di illusori e strumentali obiettivi come in alcuni casi è successo nel recente passato (lo stesso Giuseppe Ciribini, uno dei padri della ricerca sui sistemi costruttivi, ripensando alla propria esperienza con quella lucidità e sincerità che lo distingueva, ebbe a confessare a chi scrive il ruolo ambiguo svolto dalle scuole durante gli anni Sessanta, in sede di promozione della prefabbricazione pesante).*

*Le quattro tesi di dottorato non corrono questo rischio. Esse toccano problematiche reali che richiedono di essere affrontate ed approfondite.*

*Oltre alle note dei relatori qualche appunto del direttore della rivista può essere aggiunto.*

*La tesi di Cristian Campagnaro affronta il tema della ristrutturazione degli edifici residenziali di proprietà pubblica e si chiude con argomenti che toccano il significato degli interventi nell'ottica degli utenti. L'argomento è intrigante e delicato. Si tratta di edifici che, contrariamente a quelli immessi sul mercato da imprenditori privati, non sono stati sottoposti a verifica di gradimento da parte dei destinatari. Le scelte formali che attribuiscono loro un senso sono effettuate dai progettisti e dall'apparato burocratico senza riscontro da parte degli abitanti. Così il senso viene attribuito dall'utenza nel tempo. È successo che l'orgogliosa anomalia degli edifici del primo dopoguerra, supposti emblematici della onestà intellettuale della "classe operaia", si sia rapidamente trasformata in elemento di ghettizzazione. Per porre rimedio negli anni sessanta e settanta, prima della totale contrazione della produzione di nuova edificazione pubblica, è succeduta una fase in cui la progettazione ha inseguito nelle forme l'edilizia privata in un tentativo di mimesi spesso goffo, declassante. La tesi affronta il tema del cambiamento di senso che investe gli edifici in conseguenza di interventi di ristrutturazione. È argomento di grande interesse che non può non coinvolgere l'utenza, tenendo conto che l'utenza è presente e non è un'entità astratta come quella che si costruirono gli antichi progettisti.*

*Le barriere antirumore stanno diventando barriere anti vista, anti panorama, costruttrici di un nuovo panorama. Lo sviluppo della tesi di Andrea Virano dedica pertanto più attenzione agli aspetti visivi che non agli aspetti propriamente anti rumore. L'ottica quasi riprende le teorizzazioni della pura visibilità che tanto interessarono la cultura tedesca di qualche decennio addietro integrati dalla componente della velocità. È condivisibile il modo di approccio perché rivela quanto si possa fare costruendo modalità di studio sistematiche, adattabili al caso per caso, ma fondate su una base solida di competenza progressivamente affinabile. C'è da augurarsi che analoga attenzione venga dedicata ai guard-rail che stanno progressivamente trasformando, con le barriere al rumore, le nostre strade in tunnel continui. Il business della sicurezza rischia di traboccare oltre i limiti del buon senso comune.*

*Occuparsi di un materiale trasparente destinato alle serre in accordo con la ditta produttrice vuol dire tuffarsi nel mondo della produzione con tutte le implicazioni relative al mercato, ai modi di produrre, ai costi, all'uso possibile. Vuol dire porsi in quel rapporto tra industria ed università tante volte auspicato. L'aggressività dei mercati internazionali sollecita sempre più ad intraprendere ogni strada che consenta di migliorare le prestazioni dei prodotti e*

*di procedere con qualche anticipo rispetto a quello che potranno fare gli altri. Forse la produzione nazionale può essere sostenuta, più che da una qualità intesa come nicchia di prodotti di gran pregio ed eccelsi ma quantitativamente di modesta entità, da una produzione che anticipa, compatibile con quantità ancora rilevanti e quindi in linea con le necessità del nostro paese. La tesi di Marco Bozzola si muove in questa direzione e porge un contributo concreto.*

*Certificare vuol dire far riferimento a norme. Le norme sono positive se consentono un giusto equilibrio tra i benefici che ottengono e le perdite che impongono. Quante fughe negli interni dei nostri edifici trasformate in "vie di fuga" sono state diaframmate da porte blindate con oblò alla marinara?*

*L'argomento dell'ultima tesi riguarda la certificazione energetica. Si sta affacciando la necessità di porre qualche rimedio agli sprechi derivanti da troppa disattenzione nei confronti dell'uso dell'energia. È quasi impossibile calcolare con attendibilità l'entità del danno, in presenza di costi quotidianamente variabili, quindi il rapporto costi-benefici. L'unica sicurezza sta nel suo aumento progressivo. L'approfondimento della tematica è quindi necessaria, sia per l'urgenza, sia per valutare i vantaggi, sia per ridurre le perdite che derivano da approcci improvvisati. La tesi di Cinzia Maga è una cognizione di quanto si sta facendo in questo campo e tenta di selezionare le linee di approccio più condivisibili.*

*In chiusura di questa breve presentazione mi consento una divagazione di tipo lessicale. E' sempre più diffuso l'uso del termine "scenario" quando si vuol definire un ambito di ricerca, un panorama di tematiche. Il termine sembra assicurare una miglior definizione di confini che invece sono sempre labili, tanto più labili quanto più le ricerche si approfondiscono. La derivazione teatrale è dimenticata e con essa la simulazione che ne costituiva il significato; forse sarebbe utile non fidare troppo sul suo oblio per non trovarsi di fronte a improvvise apparizioni di remote accezioni. Auguri ai nostri dottori.*

Giovanni Torretta

# Introduzione

MARCO FILIPPI

Il Dottorato di ricerca in “Innovazione Tecnologica per l’Architettura e il Disegno Industriale” presso il Politecnico di Torino nasce con il XVII ciclo di studi (2002-2004), per volontà di un gruppo di docenti afferenti a tre diversi settori scientifico-disciplinari, il Disegno Industriale, la Fisica Tecnica Ambientale e la Tecnologia dell’Architettura. Partecipano alla costruzione del nuovo Dottorato, mettendo a disposizione spazi e risorse strumentali, quattro Dipartimenti: Casa Città, Energetica, Progettazione Architettonica e Scienze e tecniche per i processi di insediamento.

I *curricula* formativi che vengono proposti riguardano la cultura e la gestione dell’innovazione, le tecnologie innovative e le innovazioni di processo.

L’intento è quello di formare professionalità in grado di “progettare la tecnologia” e di “progettare con la tecnologia” nei settori dell’edilizia e dei beni di largo consumo, in grado di svolgere ricerche in campi disciplinari specifici, vuoi approfondendo la conoscenza dei fenomeni, dei materiali e delle tecniche produttive, vuoi simulando con tecniche numeriche, con modelli reali e con modelli virtuali il comportamento dei prodotti e dei sistemi, ed in grado, infine, di cogliere le opportunità di trasferimento tecnologico dei più diversi settori scientifici.

Attualmente hanno portato a termine il proprio percorso formativo 4 dottorandi, mentre altri 16 lo stanno frequentando (8 del XVII ciclo, 4 del XIX ciclo e 4 del XX ciclo).

Le attività dei dottorandi sono state supportate da non poche borse di studio finanziate dall’ateneo e da enti esterni, pubblici e privati: 15 dottorandi hanno goduto o godono di borse di studio finanziate dall’ateneo (9) o da enti esterni (6), quali la Regione Piemonte, l’Agenzia Territoriale per la Casa di Torino e le società SITAV di Torino, Tecnopiemonte di Romagnano Sesia (Vercelli), Gozzo Impianti di Pianezza (Torino) e Teleya – Coopsette di Falerno (Reggio Emilia).

Peraltro tre dei cinque dottorandi iscritti senza borsa di studio hanno successivamente potuto godere di specifici finanziamenti *ad personam*, di durata annuale o biennale, connessi a progetti di trasferimento tecnologico finanziati dalla Provincia di Torino (Progetto Sinapsi) o a progetti di rafforzamento delle conoscenze di impresa finanziati da Unicredit (Progetto Lagrange).

I temi di ricerca affrontati dai dottorandi possono essere schematicamente suddivisi in ricerche relative all’innovazione di prodotto, sia

esso un singolo elemento oppure un insieme di elementi in relazione sistematica, e ricerche relative all'innovazione di processo.

Fra le prime si possono citare ricerche relative a:

- componenti in policarbonato alveolare estruso per la costruzione di serre ad uso agricolo;
- barriere antirumore per strade ed autostrade;
- facciate vetrate ventilate ed integrate con i sistemi impiantistici per la climatizzazione e l'illuminazione;
- schermature solari per il comfort e il risparmio energetico;
- sistemi di integrazione luce naturale / luce artificiale per edifici del terziario;
- vetrine museali innovative;
- sistemi di imballaggio atti a consentire la tracciabilità del packaging dalla produzione al riciclo.

Fra le seconde si possono citare ricerche relative a:

- riqualificazione tecnologica e semantica dell'edilizia economico popolare;
- certificazione energetica degli edifici esistenti;
- valutazione di bioecocompatibilità di elementi tecnici in edilizia;
- argomenti, progetti, tecnologie per l'illuminazione dell'ambiente urbano;
- ciclo di vita degli edifici;
- progettazione acustica per l'edilizia scolastica;
- il tema dell'acqua nell'edilizia civile;
- valutazione costi-benefici di politiche energetiche locali;
- innovazione tecnologica in programmi integrati di riqualificazione urbana;
- classificazione e certificazione della qualità dell'ambiente interno;
- innovazione tecnologica a sostegno della didattica a distanza;
- la comunicazione del rischio.

In questo numero monografico della rivista della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino si vuole dare testimonianza dei lavori compiuti dai dottorandi che hanno frequentato il primo ciclo di formazione (XVII ciclo).

Le tematiche affrontate in questo primo ciclo hanno riguardato ricerche relative all'innovazione di prodotto per quanto riguarda le tesi di Marco Bozzola (relatore C. Germak) e di Andrea Virano (relatore L. Bistagnino) e ricerche relative all'innovazione di processo per quanto riguarda le tesi di Cristian Campanaro (relatore L. Bistagnino) e Cinzia Maga (relatore M. Filippi).

La prima tesi riguarda l'impiego innovativo in edilizia ed in particolare nel settore florovivaistico del policarbonato alveolare estruso.

Essa è stata svolta in stretta collaborazione con l'Industria Materie Plastiche dott. Gallina di La Loggia (Torino), un'azienda che produce in generale materiali termoplastici estrusi e coestrusi ed in particolare lastre e sistemi modulari in policarbonato per applicazioni edilizie, commercializzandoli sia in Italia e in Francia, dove è leader di mercato, sia in paesi del Nord Europa, dell'Europa dell'Est e del Nord Africa. Al fine di sviluppare il mercato del policarbonato l'azienda ha da tempo intrapreso una attività di ricerca intesa a promuovere la sostituibilità delle lastre vetrificate con lastre di policarbonato e, con riferimento a tale strategia aziendale, la tesi di dottorato di Marco Bozzola ha affrontato il tema della progettazione e della costruzione per componenti di serre per la coltivazione intensiva di prodotti orto-floro-frutticoli e per la preparazione di materiali di moltiplicazione delle piante.

La tesi è da segnalare non solo per lo studio attento delle caratteristiche dell'ambiente serra, in cui, fra l'altro, si devono verificare particolari condizioni di luce, temperatura e umidità, ma soprattutto per lo sviluppo del progetto esecutivo e la realizzazione di un prototipo, per l'attenta analisi dei costi e per la dettagliata pianificazione dei test prestazionali utili per verificare le caratteristiche meccaniche e fisico tecniche del prototipo stesso.

La tesi di Andrea Virano, finanziata dalla SITAV, un'azienda torinese che produce barriere antirumore per esterni e sistemi e componenti per la protezione dal rumore nel settore industriale, nasce con l'obiettivo di sviluppare un nuovo prodotto di barriera antirumore stradale a carattere polivalente.

A partire da una serie di considerazioni sulla diffusione della barriere per la protezione dal rumore prodotto dal traffico automobilistico in strade ed autostrade e sull'evoluzione dei componenti destinati a completare le infrastrutture stradali (dall'introduzione di strumenti di segnaletica con possibilità di aggiornamento in tempo reale all'installazione di dispositivi elettronici di controllo del traffico), il lavoro di tesi si è sviluppato sulla linea del miglioramento dei prodotti standard attualmente disponibili, cercando di interpretare il mercato e cogliere le nuove istanze della domanda.

In particolare l'attenzione di Andrea Virano si è concentrata sui pannelli metallici antirumore che, a suo

parere, presentano "un più elevato grado di artificialità e di decostestualizzazione rispetto al paesaggio naturale e antropico".

La tesi di Cristian Campagnaro è stata finanziata dall'Agenzia Territoriale per la Casa di Torino allo scopo di approfondire il tema della manutenzione edilizia non tanto in termini di prodotti e/o di soluzioni costruttive quanto in un'ottica di innovazione culturale del processo progettuale che ha per finalità la riqualificazione edilizia.

Dopo aver analizzato la domanda di manutenzione caratteristica del patrimonio di edilizia economica popolare torinese ed aver effettuato, in collaborazione con i tecnici ATC, una indagine dettagliata di un campione di cinque edifici risalenti agli anni '50 e '70 del Novecento, Cristian Campagnaro sviluppa la sua tesi con un approccio metodologico proprio del settore del disegno industriale, proponendo di arricchire il progetto manutentivo in termini sia funzionali che semantici.

Al fine di sperimentare le linee guida metaprogettuali messe a punto, egli applica poi tali linee guida nella redazione, a fianco di ATC e nell'ambito di un recente bando relativo ai contratti di quartiere, del progetto preliminare per un edificio a Torino.

La tesi di Cinzia Maga, non condizionata da un finanziamento esterno e svolta in un contesto di ricerca dipartimentale, ha sviluppato un tema oggi di grande attualità in edilizia, cioè il tema della certificazione energetica degli edifici, sia esistenti che di nuova costruzione, introdotta come obbligo per gli stati membri della Comunità Europea dalla direttiva europea 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 sul "Rendimento energetico nell'edilizia". L'applicazione della Direttiva è prevista a partire dal gennaio 2006 ed in tutti i paesi della Comunità Europea ferme l'attività legislativa, normativa e tecnica per fare sì che tale direttiva venga applicata, ma si registrano problemi di varia natura, alcuni di carattere metodologico (come si "normalizza" il comportamento del sistema edificio-impianti anche in relazione al comportamento dell'utente, come si valutano i consumi energetici per i vari usi finali, quali *benchmark* si devono utilizzare per dare un giudizio sull'entità dei consumi), altri di

carattere strumentale (chi effettua la certificazione, chi forma i certificatori, come si incentiva la certificazione).

La tesi analizza tali problemi e, a partire sia dalla lettura critica di esperienze di certificazione energetica già avviate a livello nazionale ed europeo sia dalla effettuazione di esperienze dirette su edifici residenziali e scolastici, si propone di indicare le strade per una loro soluzione.

Le attività di ricerca qui presentate mostrano varietà di tematiche ed approcci scientifici alquanto diversi, ed una tale situazione si sta ripetendo nei lavori di ricerca che stanno svolgendo i dottorandi dei cicli successivi. Pertanto nel corso dell'anno accademico 2004/05, al fine di meglio caratterizzare le attività di formazione e di ricerca, i docenti e la Scuola di Dottorato del Politecnico hanno convenuto sull'opportunità di suddividere il Dottorato in "Innovazione Tecnologica per l'Architettura e il Disegno Industriale" in due diversi corsi di studi, uno più propriamente dedicato all'edilizia, rafforzato con la fusione con il Dottorato in "Ingegneria Edile", ed uno più propriamente dedicato al disegno industriale, una scuola, quest'ultima, in forte sviluppo a livello territoriale.

Con il XXI ciclo (2006-2008) è nato così il nuovo Dottorato in "Innovazione Tecnologica per l'Ambiente Costruito" cui aderiscono docenti afferenti ai settori scientifico-disciplinari della Fisica Tecnica Ambientale, dell'Ingegneria Edile e della Tecnologia dell'Architettura e facenti capo ai Dipartimenti di Casa Città, Energetica, Ingegneria dei Sistemi Edilizi e Territoriali, Progettazione Architettonica e Scienze e tecniche per i processi di insediamento.

Obiettivo del nuovo Dottorato è la formazione di figure scientifiche e professionali capaci di operare nell'ambito dell'edilizia, affrontando e risolvendo problemi progettuali e tecnologici, sviluppando soluzioni tecniche e processi realizzativi, concependo, progettando e sperimentando prodotti e servizi innovativi, gestendo processi di innovazione tecnologica.

*Marco Filippi, Ingegnere, ordinario di Fisica Tecnica Ambientale, preside vicario della I Facoltà di Architettura e coordinatore del Dottorato di ricerca in Innovazione Tecnologica per l'Architettura e il Disegno Industriale, Politecnico di Torino.*

# Un'occasione di dialogo tra discipline

LUIGI BISTAGNINO

Le tesi svolte da Cristian Campagnaro in collaborazione con l'Agenzia Territoriale per la Casa della Provincia di Torino e da Andrea Virano in collaborazione con SITAV s.r.l. - Società Italiana Tecnologie Avanzate, hanno affrontato temi, quali la manutenzione dell'edilizia popolare e le barriere antirumore in ambito autostradale, solitamente oggetto di attenzione da parte delle discipline dell'architettura e, in apparenza, non direttamente legate alla pratica progettuale del design industriale.

Questa apparente distanza non ha rappresentato un ostacolo bensì è stata intesa come opportunità di confronto critico con altri ambiti disciplinari sui temi del processo e della cultura progettuale. Fin dalle prime fasi di programmazione infatti, le ricerche sono state interpretate anche come possibilità sperimentale di travaso di "know how" dall'ambito del design a quello dell'architettura, della metodologia di lavoro sviluppata e impiegata, nell'analisi e nello sviluppo di prodotti e servizi, nell'ambito del Corso di Studi in Disegno industriale, presso la Prima Facoltà di Architettura del Politecnico di Torino.

Questo approccio presuppone che la risposta ad una domanda di progetto sia ottenuta attraverso un processo, necessariamente non lineare, che parte dalla costruzione di uno scenario complesso relativo all'ambito di lavoro.

In base ai principi dell'*Ecodesign*, inteso come disciplina trasversale alle attività di ideazione, progettazione e messa in produzione di un oggetto, ogni prodotto di serie esistente può essere inteso come sistema interrelato e complesso di componenti.

La costruzione del percorso progettuale presuppone un'analisi critica nella quale il prodotto viene smontato in modo da poterlo comprendere nelle sue parti costituenti (materiali e componenti) e poi analizzato secondo uno schema funzionale che ne fotografa la composizione e, attraverso successive astrazioni, secondo uno schema prima di funzionamento e poi essenziale che permette di isolare i gruppi funzionali necessari e sufficienti, comprenderne i rapporti tra essi e, in una logica olistica, di essi con il sistema, per individuare le differenti classi di problematiche.

L'astrazione messa in atto, rende il problema leggibile e analizzabile, secondo una logica inclusiva di tutti i possibili contributi culturali e scientifici, anche da specifici esperti eventualmente a supporto del progettista; lo scenario che emerge ha i tratti di una complessità piuttosto che una di monotonia disciplinare.

In parallelo viene avviata un'attenta analisi dei target d'utenza coinvolti, direttamente o indirettamente, nel processo fruitivo dei prodotti; il fattore umano rappresenta una variabile aggiuntiva che complessifica ulteriormente il problema, delineando ulteriori esigenze prestazionali oggetto di studio anche della fisica tecnica e dell'ergonomia, e che sono legate alla natura della percezione del prodotto; l'elaborazione degli scenari di produzione e consumo determinano ulteriori esigenze prestazionali legate alla determinazione qualitativa del prodotto in ambito economico, sociologico e ambientale.

È compito del progettista analizzare questo sistema complesso di prestazioni richieste e individuarne priorità ed emergenze; in questo modo gli sarà possibile delineare nuovi concetti che rappresentino gli obiettivi cui tendere attraverso le successive fasi del processo progettuale.

Le esperienze pregresse, la cultura e l'etica come anche la capacità di guardare oltre gli apparenti confini culturali tracciati dalla suddivisione schematica dei saperi, rappresentano gli strumenti con cui il progettista prima, definisce in maniera responsabile e consapevole famiglie di risposte ad ogni obiettivo precedentemente individuato e poi, analizzando la natura delle relazioni reciproche, opera la scelta per la più opportuna configurazione metaprogettuale.

La ricerca progettuale proseguirà attraverso ulteriori processi di ridiscussione che interessano il metaprogetto nel momento in cui il progettista affronterà le fase di definizione progettuale e quindi esecutiva.

L'aspetto innovativo che con queste tesi si è voluto sperimentare consiste nell'aver considerato, al pari dei prodotti di serie, la casa e l'infrastruttura autostradale, ed in particolare il bordo strada, come sistemi complessi ed in quanto tali scomposti in schemi prima funzionali poi essenziali e successivamente analizzati.

Gli scenari che sono stati delineati mettono in evidenza come, in un caso un componente, le pareti perimetrali, più degli altri che costituiscono il sistema tecnologico, comprometta maggiormente le prestazioni del sistema casa, nell'altro come esista una sostanziale carenza di correlazioni sistemiche tra i componenti costituenti il bordo strada.

I lavori presentati nelle pagine seguenti rappresentano un contributo sperimentale critico e vanno considerati come proposte di dialogo per avviare una contaminazione costruttiva tra i due ambiti paralleli dell'architettura e del design in una ricerca continua di risposte di processo innovative e di risposte di prodotto alternative, per qualità della risposta prestazionale complessiva, a quelle attualmente espresse dal mercato.

*Luigi Bistagnino, Architetto, Presidente del Corso di Studi in Disegno Industriale.*

# Colore in periferia. Linee guida metaprogettuali per una riqualificazione tecnologica e semantica dell'edilizia popolare

CRISTIAN CAMPAGNARO

La ricerca, svolta in collaborazione con l'Agenzia Territoriale per la Casa della Provincia di Torino, si è mossa nel contesto operativo e culturale della manutenzione edilizia e nell'ottica di un'innovazione dei processi di elaborazione di soluzioni, di progetto e di componente, per far fronte ai fenomeni di degrado e di obsolescenza dell'edilizia popolare.

L'approccio metodologico, proprio del disegno industriale, ha messo in evidenza possibilità di travaso culturale e tecnologico da differenti ambiti culturali e scientifici a favore della figura del manutentore e giunge a prefigurare uno scenario prestazionale come ideale riferimento per gli interventi manutentivi e delle linee guida metaprogettuali che consentano di approcciare il progetto della manutenzione in una duplice prospettiva, funzionale e semantica, consapevoli che alle esigenze di un'edilizia "funzionante" e "ben tenuta" è necessario che si affianchino concetti di sostenibilità, di reversibilità, di aggiornabilità del sistema tecnologico e ambientale e di gestione dell'immagine dell'edilizia nel contesto degli altri edifici, del quartiere e della città di cui gli edifici e le periferie fanno parte.

È nata da un clima di proficua e continuativa collaborazione con l'Agenzia Territoriale per la Casa della Provincia di Torino l'occasione di contribuire alla redazione dei progetti preliminari in occasione del bando per i contratti di quartiere, occasione che ha rappresentato un'opportunità di verifica e di confronto, con casi reali e con le professionalità impegnate, dell'impianto culturale e dei risultati della ricerca.

## *Dalla domanda di progetto al problema*

Ogni progetto presuppone, come antefatto, l'affermazione di una domanda di progetto da cui prende avvio un percorso complesso e non lineare che attraverso fasi di natura differente permette di giungere alla definizione di una risposta progettuale che soddisfi quella domanda iniziale. Tuttavia quest'ultima è generalmente sintetica rispetto al problema che l'ha generata e tendenzialmente banalizzante dell'orizzonte di attese che sottintende e, spesso, è posta da soggetti altri da chi è direttamente, quotidianamente, coinvolto nel processo fruitivo che caratterizza l'accesso ai prodotti.

Questo determina l'impossibilità di *prevedere, al momento dell'affermazione della domanda, obiettivi che non siano quelli quantitativi di*

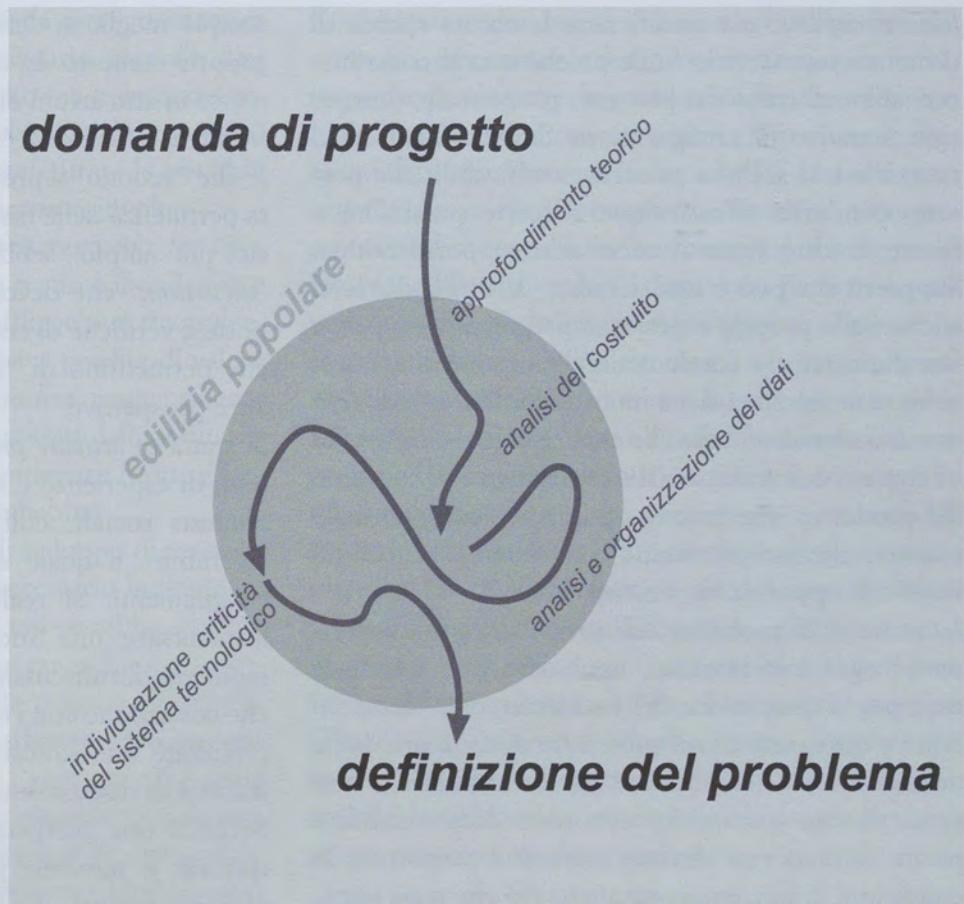


Figura 1. Ogni progetto presuppone, come antefatto, l'affermazione di una domanda di progetto che è tendenzialmente banalizzante dell'orizzonte di attese che sottintende e sintetica rispetto al problema che l'ha generata; per giungere ad isolare il problema è necessario definire la domanda attraverso percorsi di approfondimento che determinano lo scenario all'interno del quale la ricerca e il progetto si muoveranno.

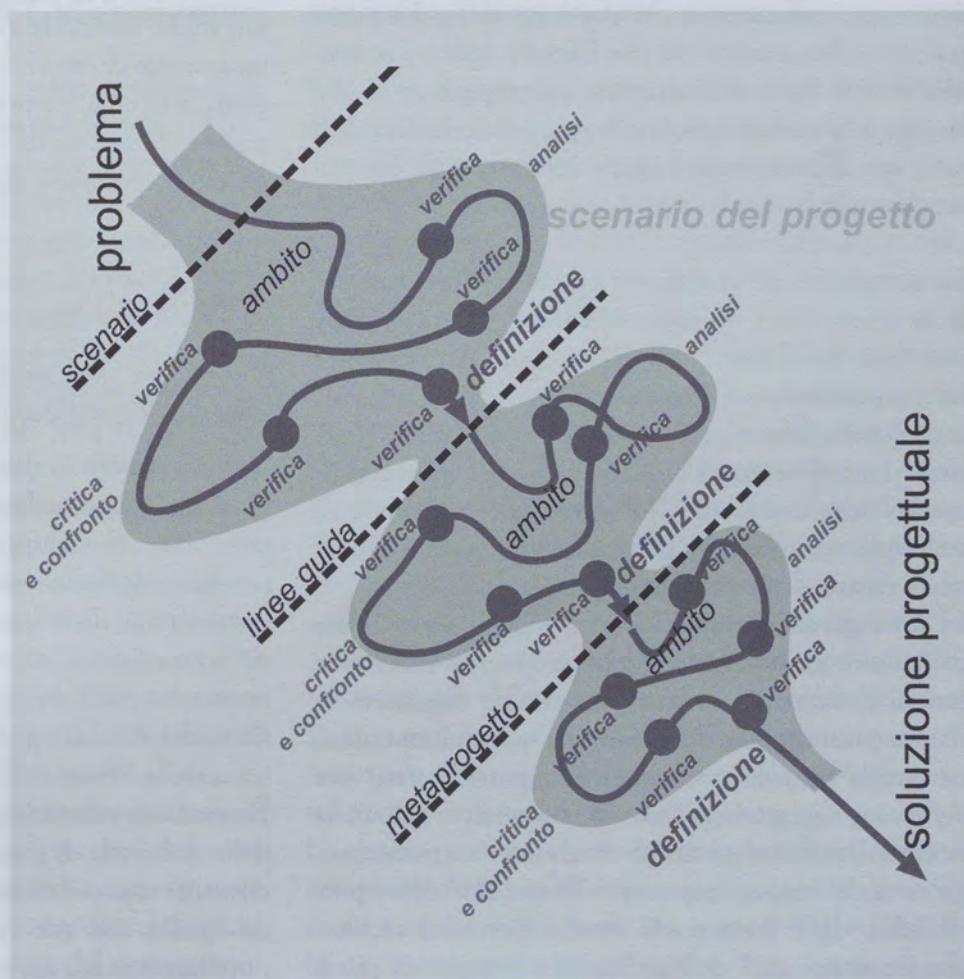


Figura 2. L'affermazione di una domanda di progetto da avvio ad un percorso complesso e non lineare che attraverso fasi di natura differente, problema, scenario, linee guida, metaprogetto e definizione progettuale, permette di giungere alla definizione di una risposta progettuale che soddisfi quella domanda iniziale.

fornire risposte, ma qualificarne la natura rischia di diventare un esercizio futile poiché essa si concretizzerà solo nel corso del processo progettuale; dunque ogni tentativo di prefigurazione farebbe incorrere il progettista in scelte a priori ingiustificabili, che possono condurre all'esclusione di certe possibilità a favore di altre senza il necessario supporto critico. Supporto che può essere acquisito affrontando, forti anche della propria esperienza pregressa, una prima fase di ricerca che conduca alla definizione di uno *scenario* reale in cui ci si sta muovendo. Si tratta di *definire la domanda* in base alle caratteristiche dell'utenza e i contesti culturale, sociale, produttivo e di consumo del prodotto; emerge così un quadro esaustivo delle esigenze che sarà necessario considerare, i vincoli e i limiti e le opportunità presenti.

*La strategia di costruzione di questo scenario è totalizzante:* ogni informazione, ogni dato può diventare utile per la costruzione della scenario, ogni elemento non va trascurato e può consentire di acquisire dati e nozioni utili; le modalità con cui le informazioni vengono rilevate e acquisite non sono determinabili a priori, tuttavia esse devono mettere il progettista in condizioni di fare emergere anche ciò che resta latente di un problema, ciò che va oltre le parole, ciò che solo i gesti raccontano, ciò che certe difficoltà patite palesano. Per traslato ciò che Platone definiva *maieutica* ovvero l'arte dell'ostetrica, per aiutare colui che ascolta a "partorire la verità che già possiede dentro di sé"<sup>1</sup>, qui appare come il giusto moto e modo con cui tendere alla lettura e comprensione del problema.

La definizione dello scenario e della tabella esigenziale permette di definire *l'ambito nel quale la ricerca muoverà i passi successivi e il contesto*, esterno all'ambito ma prossimo e coerente ad esso, cui fare riferimento nella fase di sviluppo delle linee guida progettuali. Esse emergono dall'analisi e dall'approfondimento delle emergenze, per criticità o possibilità di sviluppo, presenti nello scenario e prefigurano la possibile natura della risposta progettuale attesa.

Le *linee guida* coerenti ai vincoli emersi, permettono di definire gli obiettivi cui tendere con le successive fasi di *definizione metaprogettuale* che esprimrà la natura prestazionale della risposta; quest'ultima potrà trovare la propria *concretizzazione progettuale e una definitiva ingegnerizzazione* in successive fasi della ricerca. In questo percorso di concretizzazione progressiva dei concetti espressi dallo scenario come possibilità e dalle linee guida come obiettivi si realizza una "contrazione" dell'ambito che sempre di più e

sempre meglio si definisce rispetto al problema e al proprio contesto. In ciascuna di queste fasi, vengono messe in atto azioni di *analisi e ricerca, di critica e confronto* e, infine, *di definizione del problema contingente* che "vedono" il progetto uscire dall'ambito di stretta pertinenza della fase in corso e entrare in un contesto più ampio, sebbene coerente. "*Escursioni*" ed "*incursioni*" che devono essere costantemente sottoposte a verifiche di coerenza, in entrata ed in uscita, e che permettono di "leggere" il problema secondo altre prospettive.

Si tratta di *attivare processi di riconoscimento* di affinità, di esperienze e suggestioni, utili alla ricerca, in contesti sociali, culturali economici altri rispetto all'ambito, il quale subisce costanti ridiscussioni e adeguamenti. Si realizza un processo che sembra attraversare una successione di "*dilatazioni*", nei momenti di ridiscussione e confronto, e "*contrazioni*" che coincidono con i momenti in cui è necessario concretizzare una sintesi di proposta, che possa essere materia di discussione con l'utenza o la committenza. Secondo due prospettive, differenti ma non contraddittorie, è possibile giudicare questa *successione di azioni, errori talvolta, e scelte, per come si concretizzano in una risposta* progettuale alla domanda iniziale, ma anche osservare l'esperienza del progettista come un *processo di confronto con l'altro da sé*, che ogni progetto, o ricerca, rappresentano e la conseguente *acquisizione di sensibilità culturali e critiche*, a supporto anche di successive esperienze.

## La ricerca

### *Definizione del problema: analisi del costruito e approfondimenti teorici*

L'input, ovvero la domanda che ha messo in moto il processo progettuale di questa ricerca, "analizzare le possibilità di sviluppo di un componente edilizio, prodotto industrialmente e con caratteristiche di sostenibilità, da utilizzare in interventi di manutenzione straordinaria sul costruito" fu comunicato, nel marzo del 2002, in occasione di un incontro preliminare, dal Presidente dell'Agenzia Territoriale per La Casa della Provincia di Torino Giorgio Ardito.

Emerse immediatamente un certo grado di equivocità della domanda di progetto, infatti se era chiaro che il costruito cui si faceva riferimento era rappresentato da quella che generalmente viene definita edilizia popolare e se era altrettanto chiaro che, nella maggior

parte dei casi, essa fosse afflitta da seri fenomeni di degrado, diventava tuttavia necessario approfondire gli aspetti tecnologici del costruito medesimo, definire natura e consistenza delle problematiche con cui si manifestava questo degrado e prefigurare le possibili ricadute di esso sulle classi di utenza coinvolte.

In questo caso si trattava di confrontarsi con *due tipologie di utenza*: ATC Torino, che gestisce il costruito e nel processo di degrado che lo affligge può riconoscere in prima istanza, una progressiva perdita di valore patrimoniale di esso, e *gli inquilini* maggiormente coinvolti nel momento fruttivo, vessati dall'inefficienza del sistema tecnologico che conferisce forme e fornisce prestazioni inattuali ai loro habitat.

Prima di valutare la possibilità di sviluppo di un componente edilizio sarebbe stato necessario individuare la *classe di utilità tecnologica* cui avrebbe dovuto appartenere il componente di cui era richiesta la progettazione. Affinché la domanda potesse essere tradotta nel problema relativo e affinché esso potesse trovare una definizione in tutti i suoi aspetti e nella sua presunta complessità che la domanda iniziale non esprimeva, si è avviata una prima fase di *approfondimento teorico* su un ampio repertorio bibliografico con l'obiettivo di acquisire la giusta maturità critica rispetto ai temi della sostenibilità e della manutenzione edilizia.

*Il tema della sostenibilità* è stato indagato secondo le molte e possibili declinazioni, metodologiche, culturali e di scala: la sostenibilità urbana e territoriale, ovvero il dovere di fornire una abitazione adeguata a tutti come il primo passo verso un ambiente e condizioni di vita sostenibili; lo sviluppo sostenibile delle città e i metodi e i processi per progettare e realizzare abitazioni sostenibili; la produzione di prodotti sostenibili, ovvero i requisiti ambientali del prodotto industriale e l'analisi e il controllo del loro ciclo di vita “dalla culla alla tomba”; per giungere alle più recenti teorie sui sistemi aperti in cui, secondo una logica di “Zero emissioni” non esistono scarti o materie seconde ma solo risorse utili ad altri sistemi produttivi.

*Relativamente alla manutenzione edilizia* ed in genere al comportamento nel tempo dell'edificio e dei suoi componenti, ovvero la qualità edilizia e la sua compromissione nel tempo, la durabilità e l'affidabilità di sistemi e componenti, fenomeni di degrado ed obsolescenza, si trattava di acquisire il necessario vocabolario per potersi confrontare con i teorici e tecnici di questo settore disciplinare e la giusta coscienza e conoscenza teoriche e metodologiche nei confronti di una disciplina assente tra le esperienze pregresse del ricercatore.

Contemporaneamente si è proceduto all'analisi del costruito, per comprenderne la consistenza, le caratteristiche tipologiche, le problematiche che ne limitano la funzionalità. Preventivamente il patrimonio abitativo di proprietà e in gestione ad ATC Torino è stato organizzato in classi omogenee, sintetiche e rappresentative di esso: edilizia in muratura portante tradizionale, edilizia di industrializzazione pesante a pannelli, edilizia tradizionale in calcestruzzo armato a struttura lineare. Coerentemente a questa classificazione sono stati scelti 5 casi studio che per accessibilità potessero essere “letti e studiati” secondo un programma di frequenti visite ai cantieri e la lettura delle relazioni, dei rilievi e dei progetti di manutenzione straordinaria condotti, o in fase di avvio, su di essi: i quartieri 10° di Via Arquata e 16° di Corso Grosseto realizzati, rispettivamente nel 1920 e 1929, in muratura portante; gli edifici realizzati con tecniche di prefabbricazione pesante di Via Artom, nei quartieri Oltredora a Collegno e Mirafiori Sud a Torino, negli anni 1964 e 1965; il quartiere 37° in Corso Grosseto, realizzato con tecniche tradizionali in cemento armato con struttura ad elementi lineari.

#### *Analisi del costruito: schede di rilievo e schede di sintesi*

Ciascuna di queste due pratiche, condotte in collaborazione con i tutors aziendali, architetti Luigina Carere e Giovanna Mautino, ha portato alla realizzazione di *report di lavoro: schede di rilievo* organizzate secondo le classi di elementi tecnici del sistema tecnologico e *relazioni di sintesi* che hanno permesso di acquisire una consistente mole di informazioni che successivamente sono state *organizzate in schede sintetiche di lettura degli edifici*. Le *schede di rilievo*, documentano l'attività di monitoraggio del costruito e descrivono le criticità del sistema tecnologico organizzate secondo le classi di elementi tecnici del sistema tecnologico. Ogni scheda individua l'evento nel suo contesto, offrendone una rappresentazione fotografica a scale differenti, lo descrive, ne analizza le possibili cause e le conseguenze. I dati derivanti dal monitoraggio dello stato di salute del costruito sono stati messi a confronto con la tipologia costruttiva che li “esprimeva” in cinque schede per cinque edifici, per le tre tipologie osservate e rilevate.

La sintesi permette di rendere leggibile e soprattutto comunicabile in modo chiaro e comprensibile la natura del problema; le schede “raccontano” gli edifici, le loro caratteristiche tecnologiche e i fenomeni di

degrado che li affliggono, esponendoli in base alla scomposizione in classi di elementi tecnici, secondo la classificazione stabilita dalla normativa 8290/T, II. Si evincono un quadro sconfortante dello stato di salute dell'edilizia popolare e una sostanziale ricorrenza dei problemi indipendentemente dalla tipologia costruttiva degli edifici. Con differenti livelli di gravità e risolvibilità, queste, certamente legate ai materiali e alle tecniche realizzative, sono le medesime classi di elementi tecnici che subiscono una compromissione del loro stato e della loro funzionalità.

#### *Analisi del costruito: schede di criticità del sistema tecnologico*

Il passaggio che è stato fatto, una volta acquisite queste informazioni, è stato sistematizzarle in modo da renderle utili e utilizzabili per i successivi sviluppi della ricerca, con l'obiettivo di fornire non tanto risposte particolari ma riflettere sul comportamento dei sistemi tecnologico e ambientale dell'edificio. Si è messo in atto un processo induutivo che, partendo da molti dati particolari, ha consentito di individuare, rispetto al sistema tecnologico, prima le classi di unità tecnologiche maggiormente soggette a degradamento e obsolescenza e quindi sulla base di questa suddivisione confrontare, verificare, integrare, i dati raccolti nel corso della ricerca con i dati statistici sul comportamento nel tempo degli elementi del sistema tecnologico derivati dalla letteratura e manualistica relativa alla manutenzione edilizia.

*Le schede di criticità che si vengono a determinare consentono un'allocazione delle maggiori problematiche rispetto al sistema edificio e ai suoi componenti.*

Il quadro che si è delineato è quello che le schede di criticità descrivono con i fenomeni di degrado cui sono soggetti gli elementi più significativi dell'involucro e le reti impiantistiche. Le chiusure verticali, le pareti perimetrali, gli infissi esterni verticali, le chiusure orizzontali e le coperture, ovvero gli elementi tecnici costituenti *l'involucro dell'edificio* sono gravate da fenomeni di ordine tecnologico e ambientale.

*I fenomeni di ordine tecnologico* afferiscono essenzialmente alla compromissione dello stato di buona qualità fisica degli elementi costituenti la classe in questione. Si tratta di fenomeni di degradamento fisico e obsolescenza tecnologica e funzionale. In particolare, le cause di quest'ultimo fenomeno sono da attribuire al fatto che, al momento della costru-

zione dell'edificio, il quadro normativo di riferimento esprimeva uno scenario esigenziale carente rispetto a quello attuale.

*I fenomeni di ordine ambientale* rimandano a come certi fenomeni, di ordine tecnologico e imputabili a fenomeni di degradamento e di obsolescenza, compromettono le prestazioni del sistema tecnologico che a sua volta mette in crisi le prestazioni del sistema ambientale, ovvero, la qualità dell'ambiente in cui gli inquilini svolgono quotidianamente la loro vita. Tuttavia vanno tenute in seria considerazione anche le ricadute di ordine sociale relative alla percezione del degrado manifestato dai sistemi tecnologico e ambientale. Esiste, e ne sono testimoni gruppi ed associazioni che si occupano dell'accompagnamento sociale nei progetti di riqualificazione urbana, un forte disagio per l'aspetto evidente e manifesto del degrado; si avverte nelle parole degli inquilini il senso di abbandono patito nel vivere in un ambiente domestico e microurbano compromessi, monotoni, privi di qualunque qualità.

Un discorso a parte merita l'analisi dei problemi che riguardano le reti impiantistiche; sono stati rilevati fenomeni che ne compromettono la funzionalità, perdite di efficienza, dispersioni, rotture e danneggiamenti, fenomeni di obsolescenza funzionale che implicano un adeguamento alle recenti normative, tuttavia a ciò si va ad aggiungere il problema relativo alla natura dei rapporti con il sistema edificio: essi sono, generalmente, di *invasività* delle operazioni di posa delle reti e di apparecchi nuovi o sostitutivi e di manutenzione di ciò che è in opera e richiede interventi; ma soprattutto particolarmente invasivi sono gli eventi di guasto, in occasioni di rotture istantanee e progressivi degradi.

#### *Definizione del problema: pareti perimetrali, scenario e tabella esigenziale*

*Il problema delle pareti perimetrali esterne* è apparso per estensione e per complessità il più gravoso verso cui ci si poteva orientare nello sviluppo della ricerca. In particolare il problema assume rilevanza nella maggior parte dei quartieri nati tra gli anni '50 e '70 di cui le tecniche costruttive di prefabbricazione pesante e la tipologia ad alta densità ne sono la materializzazione più evidente sul territorio. Intervenire in questo scenario appare necessario, a patto che l'intervento possa tentare di risolvere il problema nella sua complessità, confrontandosi con il degrado inteso sia

come fatto tecnologico, sia come fatto estetico e sociale, tanto più che:

Da più parti oggi si è acuito l'interesse per il periferico, per il suo valore sociale, ma anche per la sua graffiante attualità come architettura di punta e, in generale, come zona di confine duttile poiché facilmente spostabile e penetrabile, dove la contaminazione e la germogliazione di nuove forme del vivere comune attecchiscono rapidamente. È proprio in periferia che oggi si scopre il maggior numero di tracce di cambiamenti del tessuto urbano e di segni che ne caratterizzano il divenire. In generale si tratta di luoghi dell'attraversamento, luoghi sequenza di ingressi, rientri, soste, affollamenti, piccoli ritrovati svaghi, ritorsioni della vista divagazioni monadane, ebbrezza dell'istante vissuto tutti capaci di suggerire nuove forme del pubblico e del modo di vivere gli spazi comuni<sup>2</sup>.

*Dall'analisi dello scenario e dagli approfondimenti teorici si profila la necessità di programmare interventi manutentivi sul costruito che permettano ad esso "di acquisire valore e senso nella città contemporanea"<sup>3</sup> e che consentano anche di arrestare il fenomeno di obsolescenza economica, ovvero il deprezzamento e la perdita di valore immobiliare del costruito, nonché di ridurre i costi economici del ciclo di vita dell'edificio.*

Altre e più importanti opportunità cui questi interventi devono tendere sono connesse alla possibilità e necessità, di contenere i consumi di energia e, in un'ottica di sostenibilità ambientale più estesa, di prolungare il ciclo di vita utile dell'edificio, ampliando la possibilità di ritardare la dismissione dell'edificio, evitando in questo modo il costo ambientale di una nuova fase realizzativa che comporterebbe l'erosione di risorse prime naturali.

Si tratta di obiettivi che sono difficilmente raggiungibili fermandosi

alla nozione di manutenzione straordinaria (tipologia di intervento che riduce aprioristicamente la valenza progettuale e il tenore architettonico del risultato aspettato), ma è necessario adottare decisamente concetti e programmi progettuali ben più ampi, da riferirsi ad un orizzonte di "riplasmazione architettonica" del costruito<sup>4</sup>

e che comportano un sistema di riferimento culturale essenzialmente multidisciplinare; tecnologia e scienze del controllo ambientale, architettura e culture umanistiche possono e devono trovare un comune terreno

di dibattito e ricerca, ciascuna per sé, autonome ma integrate nell'interrogare il presente sul problema del degrado dell'edilizia.

È possibile, quindi, parlare di riqualificazione, è possibile parlare di "ridisegno" poiché si procede per addizioni di elementi, di prestazioni, assenti da sempre o perse per fenomeni di invecchiamento, nel "già costruito" con l'obiettivo di intervenire nell'ottica dell'affidabilità, della durabilità e della disponibilità e aggiornabilità nel tempo poiché, come è già accaduto, i quadri normativi sono dinamici, il mercato e la domanda di prestazioni tecnologiche è in evoluzione e dunque sarebbe, presto o tardi, necessario intervenire per nuovi aggiornamenti tecnologici.

*Il costruire diventa inevitabilmente provvisorio, possibilmente reversibile al mutare degli scenari di riferimento, "permanente perché evolutivo"<sup>5</sup> e questa prospettiva implica una riconsiderazione delle tradizionali tecniche del costruire basate su processi a umido che danno forma a pesanti volumi monolitici, sistemi inerziali pesanti, fondamentalmente legati alla presenza di legami perenni ad acqua e cemento a favore di tecniche a secco, leggere, costantemente perfettibili.*

*L'integrazione dell'esistente e il trasferimento di nuove funzioni si realizzano mediante un processo additivo. Esso può essere sia superficiale-bidimensionale, pannelli o strati funzionali disposti a contatto e fissati meccanicamente, oppure volumetrico spaziale, vere e proprie estensioni del manufatto. Esso può permettere di programmare con precisione una stratificazione prestazionale attraverso livelli di eterogeneità materica che agiscono ciascuno per sé apportando le funzionalità necessarie al sistema edificio.*

*Il confronto sui risultati intermedi della ricerca è avvenuto in presenza dei tutors aziendali, architetti Luigina Carere e Giovanna Mautino, ed ha permesso di rilevare una convergenza sul problema delle pareti perimetrali; è parso a tutti, pressante il problema del recupero funzionale e prestazionale di esse e in genere del costruito anche in un'ottica di comprensione del significato, in termini semantici, di una riqualificazione del costruito, e sulle potenzialità, sociali e culturali, di un miglioramento dell'immagine di esso rispetto alla periferia in cui si inserisce e rispetto alla città. L'esplicitazione delle esigenze latenti nella proposta che ha animato la ricerca ha determinato una serie di ulteriori prese di posizione. Per ATC esiste un problema relativo al fatto che la manutenzione ordinaria avviene in modo estremamente localizzato secondo tempi differenti, non prevedibili e non orga-*

nizzabili. Ciò significa dover gestire tipologie di problemi simili ma distribuiti nel tempo e fare in modo che questi interventi vengano realizzati in maniera coordinata e coerente sebbene in momenti differenti. Per ATC esiste la necessità di un *campionario di soluzioni a magazzino predefinite per gli interventi ricorrenti*; si potrebbe così garantire quell'omogeneità, quella coerenza tra operazioni differite nel tempo che le modalità proprie dell'edilizia tradizionale non sarebbero in grado di garantire. Altro e non meno complesso è il problema della *manutenzione straordinaria* che patisce la carenza di fondi e che si realizza attraverso "eventi", quali i contratti di quartiere o i progetti di riqualificazione urbana sostenuti dall'Unione Europea; questi ultimi hanno come scala di applicazione il quartiere, gli insediamenti residenziali nel loro complesso e, in questo senso, muovere la ricerca verso la riconsiderazione delle strategie di riqualificazione in un'ottica di ritessitura del "dialogo" che lega la città storica e le periferie appare un intento che possa offrire strumenti critici e possibilità progettuali da sperimentare in queste circostanze. Per ATC esiste un *problema di decoro: quest'ultima carenza* sembra essere causa di tensione tra l'ente gestore e gli inquilini, al pari delle carenze prestazionali che quotidianamente gli edifici manifestano. Si tratta di risolvere un problema con attenzione e azioni che nel lungo tempo restituiscano anche qualità a questo rapporto.

#### *Definizione delle linee guida: analisi degli interventi sulle pareti perimetrali*

Con un'analisi approfondita dei "segnali di ritorno" emersi e percepiti nel confronto con ATC, con una discussione critica degli obiettivi iniziali, si è intrapresa una nuova fase di ricerca che ha come obiettivo la definizione di linee guida del progetto di ricerca.

Si manifestano una serie di esigenze: coordinare interventi differiti nel tempo affinché si realizzi la possibilità che essi appaiano interventi coerenti e coordinati tra loro a rispetto dell'edificio; fare in modo che essi siano occasioni di miglioramento del decoro, della qualità anche estetica e prestazionale degli edifici; un campionario di soluzioni a magazzino significa prevedere a quanti e quali casi si debba provvedere.

La necessità di coordinazione presuppone la comprensione della natura degli interventi, la verifica di una possibile coerenza, ovvero la verifica dell'esistenza di classi omogenee che raggruppino, sulla base di

caratteristiche comuni, gli interventi rispetto a cui procedere sul costruito e successivamente comprendere i possibili rapporti reciproci.

Gli *interventi puntuali* hanno, in virtù della loro eterogeneità funzionale una sostanziale autonomia tuttavia esiste una coerenza nel modo in cui vengono impiegati come adeguamenti localizzati a carenze di ordine normativo e prestazionale (le bocchette di aerazione per le cucine nel primo caso, le tettoie agli ultimi piani nel secondo), nel modo in cui essi segnano l'edificio senza un apparente disegno; ciò ancor di più, quando questi interventi sono "interpretazione estremamente personalizzata" di chi abita gli edifici (è il caso delle "serre" e dei tettucci applicati in taluni casi sui balconi e terrazzi, ecc.)

Gli *interventi lineari* hanno, come caratteristica comune l'estensione in facciata. La loro presenza e la loro adozione "restituiscono" ciò che il tempo, le incurie realizzative, le carenze progettuali hanno "sottratto" all'involucro, le sigillature dei giunti in facciata ne sono l'esempio evidente. La loro modalità di relazione con i prospetti è fortemente connotativa, tuttavia raramente è controllata o prevista. Questo accade normalmente poiché si tende a far prevalere il mimetismo con il già costruito e laddove non sia possibile, il senso di necessità e funzionalità prevalgono sulla possibilità di progettarne l'integrazione con l'edificio e i suoi caratteri.

Nella categoria degli *interventi superficiali* ricadono i degradi cui sono soggette le pareti perimetrali e le operazioni e addizioni, di rivestimento per rimediare ad essi.

Le pareti perimetrali forniscono prestazioni rispetto alle quali esse sono "pelli" di protezione capaci di mediare e regolare, in termini climatici, acustici, il rapporto tra l'esterno e l'interno, e di *finitura*, determinando la percezione che si ha del volume circoscritto. Per come sono in grado di sostenere interventi e addizioni esse sono anche "struttura" portante su cui far crescere funzionalmente l'involucro, in generale il sistema tecnologico e quello ambientale. Esistono relazioni reciproche, ed anche consequenziali, possibili e logiche, tra queste tre classi di intervento; le linee di cui è rilevante l'estensione in facciata, possono diventare infrastruttura capace di organizzare, scandire i successivi interventi superficiali e puntuali; tuttavia può prevalere l'attenzione per i rivestimenti di parete per come essi permettono di bypassare gran parte degli interventi lineari, cui si sostituiscono funzionalmente, e di dialogare, sul piano della coordinazione morfologica e compositiva con quelli puntuali.

Il Professor Ciribini, nel '66 '67 per qualificare un'esercitazione sul "disegno di componenti edilizi", rinunciando a dare prefigurazioni tipologiche per un progetto di ***un componente di facciata*** utilizzò questa definizione

***"... insieme dei possibili sistemi-messaggio formati con segni tratti da un repertorio lessicale di parti costituenti apparecchio mobile di chiusura esterna, inserito fra impalcati, per costruzioni..."***



Ridisegnare l'esistente verso la complessità e l'efficienza



Connotare il costruito



Declinare la serie piuttosto che la singolarità emergente

Figura 3. La natura degli interventi possibili e necessari ha una valenza tecnologica e semantica che ci pare ben riassunta nella definizione che il Professor Ciribini utilizzò nel '66-'67 per qualificare un'esercitazione sul "disegno di componenti di facciata". L'aspetto interessante di questa definizione è la rinuncia a fornire prefigurazioni di natura tipologica che possano in qualche modo compromettere e limitare lo svolgimento della ricerca, tuttavia essa precisa le qualificazioni metaprogettuali necessarie.

La natura di questi interventi ha una valenza tecnologica e semantica che ci pare ben riassunta nella definizione che il professor Ciribini utilizzò nel '66-'67 per qualificare un'esercitazione sul "disegno di componenti di facciata": "insieme dei possibili sistemi - messaggio formati con segni tratti da un repertorio lessicale di parti costituenti apparecchio mobile di chiusura esterna, inserito fra impalcati, per costruzioni". L'aspetto interessante di questa definizione è la rinuncia a fornire prefigurazioni di natura tipologica che possano in qualche modo compromettere e limitare lo svolgimento della ricerca, tuttavia essa precisa le qualificazioni metaprogettuali necessarie; con "apparecchio mobile di chiusura esterna" è possibile prefigurare lo scenario esigenziale di riferimento che la normativa impone, con "tratte da un repertorio lessicale di" la previsione di una disponibilità a magazzino ma, soprattutto, la locuzione "sistemi - messaggio formato da segni" esplicita la necessità che il progetto di un componente edilizio, rifletta anche sul valore semantico che ha l'adozione di esso in un edificio e sulle possibilità linguistiche che offre alle differenti scale, di componente, di edificio e di quartiere.

Si tratta di interpretare queste indicazioni per "*ridisegnare il costruito affinché esso sia efficiente energeticamente e tecnologicamente*".

Tuttavia rispetto alla città contemporanea l'edilizia popolare si afferma secondo insediamenti densi, seriali e monotoni, un unico identico tipo architettonico viene, spesso, ripetuto fino ai limiti dei parametri edili; appare utile agire in contraddittorio rispetto a questa presenza con strategie orientate non tanto alla singolarità percettiva dell'emergenza architettonica quanto alla percezione di queste presenze seriali non diversificate sul territorio, azione che appare culturalmente più vicina alla prassi del disegno industriale, da sempre impegnato sui temi della serialità differenziata e della produzione per grandi numeri.

*A prescindere dalla sua funzionalità reale, presunta, perduta, l'edilizia ha un aspetto, essa è esposizione pubblica di valori percettivi e nei suoi confronti, in quanto segno tra molti e in base ad una serie di qualità formali che la rendono più o meno apprezzabile, si attivano processi, talvolta, di riconoscimento e di affezione, talvolta, di distacco e disprezzo da parte degli inquilini stessi, ma anche e soprattutto da parte di chi ha una visione rapida, distratta e superficiale di essa.*

Appare chiaro come ci si trovi in questa seconda condizione poiché l'edilizia popolare è stata la risposta a istanze essenzialmente quantitative - una casa per tutti - ed oggi appare prosaica, dimessa come la maggior parte dei prodotti architettonici funzionali, opportuni e necessari. Essa è stata campo di sperimentazioni tipologiche, tecnologiche, oggetto di speculazioni teorico-culturali, talvolta riuscite, talvolta infelici come la maggioranza delle esperienze che hanno dato forma alla periferie italiane del dopoguerra e della crescita economica nazionale; quando diciamo che, la sua presenza è metaforica rispetto alla città, alludiamo al fatto che essa "racconta" il disagio e il bisogno, fortunatamente passati, che ne hanno determinato la costruzione, "racconta" le difficoltà, anche attuali, di vivere tipologie e tecnologie desuete e inattuali, raccontano una periferia che gli sforzi di molti, enti gestori, amministrazioni pubbliche, associazioni di accompagnamento sociale, enti di istruzione, comitati di quartiere cercano di trasformare in altro da sé, in qualcosa di nuovo e vivo. E in una periferia in cui *l'estetica diventa un problema di dignità*, in cui l'estetica è un territorio di riconoscimento e di rispetto, gli interventi manutentivi devono certamente provvedere alle carenze prestazionali dei sistemi tecnologico e ambientale, ma possono diventare occasioni connotazione dell'edificio. È quindi necessario riflettere sulle possibilità di "resa espressiva del pieno"<sup>6</sup> e, ad una scala più ampia, di significazione dell'interstizio, dell'intervallo tra un edificio e l'altro e dei rapporti, tra più edifici in un quartiere, che questi interventi possono mettere in atto.

L'architettura è un sistema in cui aspetti funzionali e aspetti comunicativi si trovano generalmente in equilibrio, tuttavia gran parte delle soluzioni tecnologiche adottate per risolvere i notevoli problemi dell'edilizia, quella popolare in primis, sembrano, spesso, concepite in un'ottica unicamente funzionalista. Accade così di trascurare la cura di quelle che Giovanni Klaus Koenig chiama "funzioni seconde" dell'architettura; esse rimangano ad una certa concezione dell'abitare e dell'usare la casa, che connota l'ideologia, inattuale nel caso in questione, soggiacente la risposta fornita ad un bisogno. È necessario prendere atto di quanto esse siano compromesse al pari delle "funzioni prime", assolte seppur in maniera carente, che rimandano alle operazioni dell'abitare.

A partire da queste considerazioni, la ricerca successiva è stata sviluppata al fine di indagare le possibilità di considerare l'aspetto tecnologico dell'intervento anche strumentale all'affermazione di valori e messag-

gi capaci di ripensare un territorio, come quello periferico delle nostre città. A tal fine ci si è inizialmente interrogati sul valore semantico delle tre classi di intervento rispetto alla percezione degli edifici, per comprendere come questi ultimi mutassero al presentarsi e alla ricorrere di questi segni.

Dunque, in base alla loro natura, le tre classi, punti, linee e superfici, sono state declinate rispetto ad edifici campione; attraverso prove empiriche è stato possibile rilevare *la trasformazione del momento percettivo del singolo edificio*, e di esso nel contesto degli altri edifici, e di essi rispetto alla città. Le trasformazioni prefigurate da queste prime sperimentazioni appaiono intuitive, personali e carenti poiché non rispondono a nessuna logica, nessun principio sintattico. *Tuttavia l'architettura come linguaggio* è “dotata di un suo modo di strutturarsi, rendendosi percepibile e comunicabile attraverso un sistema di segni<sup>7</sup>” in stretto rapporto con i loro designata, ovvero chi la abita e la vive; in quest’ottica quelle prime sperimentazioni aprono prospettive da approfondire con strumenti critici e culturali che permettano di elaborare un “vocabolario”, una “grammatica” ed una “sintassi” della forma del componente e delle relazioni” di esso con l’edificio.

#### *Analisi metaprogettuale: architettura, arte e semiotica*

L’architettura gode di positive adiacenze con la produzione artistica contemporanea con cui spesso condivide modalità e mezzi del comunicare: ”pur di sconfiggere la “fruizione distratta” di benjaminiana memoria, le opere d’arte e di architettura intervengono direttamente sul piano della fruizione visiva, spostando i propri contenuti (linguistici) sempre più all’esterno, in un luogo compreso fra immediatezza e superficialità”<sup>8</sup>.

Artisti come *Theo Van Doesburg*, *Piet Mondrian*, *Alighiero Boetti*, *Daniel Buren*, *Carl Andre*, *Sol Lewitt*, *Donald Judd* hanno intrapreso esperienze in cui, ciascuno secondo la propria poetica e con i propri strumenti, si sono confrontati con lo spazio e il volume, teorizzandone trasformazioni e mettendo in atto processi di ricodifica della percezione di essi; queste esperienze hanno offerto suggestive aperture di campo alla ricerca, rappresentando sperimentazioni estreme ma coerenti, ai margini del problema in questione, cui difficilmente si sarebbe potuta spingere la ricerca in corso. Il lavoro di ciascuno di questi artisti è stato osservato, analizzato e compreso attraverso letture critiche ed

“esperienze sul campo”, visite a musei ed istituzioni italiane ed estere poiché in molti casi si tratta di opere *in situ* che, altrimenti, non sarebbe stato possibile studiare, successivamente interpretato e riorganizzato secondo il codice linee punti e superfici, ovvero il sistema di segni acquisito dalla ricerca, in modo trasversale a stili e poetiche, per come ogni opera poteva offrire possibilità e *indicazioni di mezzi operativi e modalità di approccio al problema*. Ciò che emerge da queste esperienze e che può essere condiviso è la possibilità di indurre una particolare percezione di spazi e volumi elementari restituendone una visione complessa attraverso il colore, i colori e i loro rapporti reciproci all’interno di una composizione. Colore che, tra l’altro, è uno dei più frequenti e accessibili strumenti di significazione e appropriazione nell’architettura “minore”.

Inoltre gran parte delle esperienze presuppongono *l’utilizzo iterato di elementi modulari*, segni o oggetti diversi per colore, materiale o textures, che coniugandosi con il colore rappresentano una possibile modalità per intervenire sulla capacità di certa edilizia di denotare nuove e ulteriori funzioni seconde, coerenti allo scenario sociale contemporaneo ma anche “aperte”, a dispetto di futuri fenomeni di obsolescenza semantica; senza per questo dover necessariamente incorrere in *un’operazione di styling o restyling*, che “agisce come pura ripetizione, in altra forma connotativa, dello stesso messaggio denotativo di un tempo, è puro procedimento di ridondanza persuasiva. Informa di più rispetto a un nostro sistema di attese retoriche, ma non altera il nostro sistema di attese ideologiche”<sup>9</sup>.

Dal punto di vista linguistico la finalità *di istituire funzioni seconde trova nella ridondanza uno strumento efficace*: “non posso istituire momenti di alta informazione se non appoggiandoli a bande di ridondanza”<sup>10</sup>. Ridondanza come ripetizione di segni noti ma con valori differenziali evidenti, capaci di prospettare, anche ad una percezione spesso distratta, messaggi complessi, possibilità di interpretazione, valori estetici astratti.

*Possiamo produrre configurazioni di segni che non corrispondono ai codici esistenti, tuttavia questa articolazione deve essere riconoscibile.*

È necessario istituire configurazioni astratte di segni, aperte agli scenari in continua evoluzione dello spazio metropolitano, che portino con sé un grado di verosimiglianza necessaria nella dialettica tra noto e nuovo che David Hume, nel diciottesimo secolo ragionando a proposito dei criteri di valutazione dell’opera d’arte,



Figura 4. Quartiere 37°, Corso Grosseto Torino; rispetto alla città contemporanea l'edilizia popolare si afferma secondo insediamenti densi, seriali e monotonì.



Figura 5. Case popolari, Rotterdam; luci colorate connotano tre edifici della medesima tipologia rispetto al panorama notturno della città.



Figura 6. Viviendas, Valparaiso del Cile; il colore è uno dei più frequenti e accessibili strumenti di significazione e appropriazione nell'architettura minore.



Pixel come strumento tecnologico attivo, Capace cioè di fornire prestazioni anche complesse  
elemento base, modulare, Capace di combinarsi con altre unità minime  
seriale Le cui caratteristiche siano previste e prevedibili, controllabili e implementabili riproducibili a grande scala  
ma differenziato Nel colore, e nelle caratteristiche formali e soprattutto prestazionali  
da moltiplicare in sequenze lineari, sulla superficie e nello spazio

*da indagare le caratteristiche geometriche, ovvero dimensionali del modulo base*



Figura 7. Il pixel come unità minima di informazione, diventa metafora prestazionale di come, a partire da un modulo base ripetuto, il cambiamento di colore e la combinazione di queste variazioni, possono contribuire alla costruzione di sistemi complessi di segni. Il valore del pixel, ovvero dell'unità minima di significato, anche tecnologico, è dato dalla combinatorietà e dalla posizione rispetto agli altri pixel, tutti dotati di un valore differenziale specifico, e dalla possibilità di fornire prestazioni che possano trovare una sintesi olistica in un sistema complesso da essi costituito.

raccontava con termini *facility* e *novelty*; la fruizione ripetuta, certe forme consuete, elementari, possono rendere “familiare” ciò che un certo grado di inaspettatezza renderebbe agente di particolari momenti linguistici, anche informativi.

L’uso di elementi modulari già noti per forma, per materia, per funzioni assolte, e consueti perché “quotidiani”, agevola questo processo di ponderazione tra i due estremi. Allo stesso tempo, il linguaggio informatico, la modalità di costituzione delle immagini digitali diventa un interessante riferimento metodologico: il pixel come unità minima di informazione, diventa metafora prestazionale di come, a partire da un modulo base ripetuto, il cambiamento di colore e la combinazione di queste variazioni, possono contribuire alla costruzione di sistemi complessi di segni. Il valore del pixel, ovvero dell’unità minima di significato, anche tecnologico, è dato dalla combinatorietà e dalla posizione rispetto agli altri pixel, tutti dotati di un valore differenziale specifico, e dalla possibilità di fornire prestazioni che possano trovare una sintesi olistica in un sistema complesso da essi costituito.

Per traslato il pixel e le risultanti immagini digitali, suggeriscono combinazioni modulari alternative sebbene coerenti ai risultati formali più tradizionali dei sistemi di rivestimento di facciata. Nuovo e inaspettato è il modo con cui vengono messi in relazione elementi noti per forma e materiale; noto è il momento fruitivo a scala di componente, tendenzialmente funzionale e strumentale alle prestazioni; nuovo è il risultato della combinazione a scala di edificio e di quartiere, laddove prevale la funzione seconda che il sistema può denotare. Dunque è sul cambio di scala che si gioca l’avvicendarsi di *novelty* e *facility*.

Gli edifici possono così costruire messaggi astratti, in cui si riconoscono elementi delle estetiche che la periferia ha prima subito, quindi metabolizzato, e successivamente elaborato come linguaggio proprio e marchi di identità: le luci e i tracciati stradali, i colori, le pubblicità, i segni grafici, i graffiti, i tag.

Il risultato di questa fase di ricerca è stato proposto ad ATC Torino come la proposta metaprogettuale di uno strumento, un componente di facciata e di una strategia di combinazione di esso in sistemi complessi, con cui intervenire nel già costruito, una sorta di “*outil visuel*”, come lo chiamerebbe Daniel Buren, ma ad alta sostanza tecnologica, un mezzo di recupero funzionale e tecnologico che agisca anche come dispositivo di lettura dei luoghi, uno strumento rilevatore della percezione dell’osservatore e del fruitore.

*Poiché la dimensione periferica riguarda l’abitare quotidiano è ad esso che dobbiamo rivolgere uno sguardo mutato, pensando che la segregazione dei corpi, il depotenziamento emozionale si incarnano nel collasso dei progetti, mentre questi ultimi devono e possono essere riattivati non come elemento decorativo del già esistente, ma come evento capace di pensare in modo radicale il territorio<sup>11</sup>.*

La proposta è stata formalizzata attraverso l’elaborazione di modelli virtuali e simulazioni di inserimento che hanno sostenuto i processi di studio relativi al rapporto dimensionale, alle varie scale di fruizione, tra utente e modulo e hanno successivamente permesso di valutare i possibili risultati rendendoli comunicabili ad ATC Torino.

### *Definizione progettuale: l’approfondimento tecnologico*

L’interesse con cui ATC Torino ha accolto questa proposta si è concretizzato nella iniziativa di *sperimentare le indicazioni metaprogettuali* della ricerca nel progetto che l’ente stava avviando in occasione del recente bando per i *contratti di quartiere*.

Si è trattato di un’attenzione orientata maggiormente verso i temi del “design dell’organismo edilizio”; ATC Torino è un ente di gestione di immobili propri o di proprietà comunale, si occupa della manutenzione di essi e non avrebbe rappresentato l’interlocutore preferenziale sugli aspetti tecnologici relativi al “design del componente edilizio”. Campo quest’ultimo su cui è proseguita la ricerca in parallelo all’esperienza del contratto di quartiere: sono stati messi in atto approfondimenti di ordine tecnico a cominciare dalla materia di cui questa unità minima di messaggio è fatto e le relative prestazioni caratteristiche. L’obiettivo di questa fase di ricerca ha permesso di concretizzare uno scenario, probabilmente non esauritivo delle problematiche e delle possibilità che consentono la lettura critica dello scenario della produzione al fine di individuare interlocutori che si possano riconoscere nella ricerca e nei suoi obiettivi.

*Relativamente alla materia del messaggio l’involucro si presenta in grado di proteggere ed isolare nel caso in cui sia opaco e come tale dovrà rispondere ad un complesso di esigenze che la normativa fissa per le pareti perimetrali verticali opache; la normativa 11018 per i sistemi di facciata ventilata, rappresenta il più attuale riferimento normativo per la realizzazione di sistemi di facciata, con tecnologia a secco.*

Diversamente l'involucro si costituisce di elementi trasparenti e come tale dovrà rispondere ad altre urgenze prestazionali; esso potrà contribuire all'assorbimento dell'energia solare incidente e permettere la realizzazione tanto di spazi tampone fra esterno e interno, quanto di serre che permettano un guadagno solare nel periodo invernale. Questa caratteristica, nel periodo estivo, diventa una criticità cui far fronte prevedendo sistemi di schermatura che riducano il surriscaldamento. L'involucro così concepito si può considerare passivo; tuttavia è possibile parlare di involucro *attivo*, qualora si integrino ad esso tecnologie fotovoltaiche. Altri approfondimenti hanno avuto come oggetto le differenti soluzioni per il rivestimento di facciata, sistemi a contatto o sistemi dinamici. Sono stati analizzati gli aspetti relativi ai materiali, alla stratificazione funzionale, ai punti di forza e alle criticità di ciascuna soluzione.

Un'attenzione particolare è stata prestata alle *soluzioni di fissaggio*, diretto puntiforme o indiretto distribuito, alla struttura di sostegno e alle differenti problematiche di *coordinazione e connessione modulare*. Anche in questo la ricerca è stata condotta inizialmente sul materiale tecnico dei prodotti in commercio e i dati raccolti sono stati successivamente verificati ed integrati con le nozioni tratte dalla letteratura di settore.

In un'ottica di reversibilità e di costante aggiornabilità sono state analizzate le *operazioni di posa dei sistemi di rivestimento*, indagandone le fasi problematiche e le attrezzature necessarie, anche nei successivi *momenti d'uso e manutenzione*. Ciò che è emerso è la possibilità di un interessante travaso culturale e di *know how* tra il settore della componentistica per la manutenzione edilizia e il settore dell'allestimento e arredamento. Ciò che sembra condivisibile dai due settori è la gestione delle operazioni di posa e di aggiornabilità funzionale, assai semplificate nel secondo piuttosto che nel primo settore. In particolare si sono registrate proficue adiacenze tra la necessità di semplificazione dei sistemi di rivestimento a parete e il funzionamento dei sistemi a cremagliera per le pareti espositive.

*Definizione progettuale: sperimentazione, il contratto di quartiere*

La proposta consisteva nell'intervenire sull'edificio a torre di *CORSO CINCINNATO 110* ed in particolare sul vano scala dell'edificio, un volume importante: 33 per 3 per 6 metri, aperto su un lato verso l'esterno e da esso diviso da un'inferriata di montanti metallici.

Per ogni piano, sul pianerottolo si affacciano almeno quattro appartamenti, sul volume si affacciano le pareti esterne di essi. Tale condizione determina un costante fenomeno di dispersione termica verso di esso da parte dei volumi riscaldati degli alloggi con conseguenti fenomeni di condensa superficiale sulle pareti interne degli edifici. Allo stato attuale il vano scala non riveste una possibile funzione di spazio tampone tra esterno e interno; dunque in termini climatici si passa dal calore domestico al freddo esterno dal punto di vista della modalità d'uso dell'edificio, si perde uno spazio convenzionalmente intermedio, generalmente d'uso comune rispetto al privato di ogni appartamento, utilizzabile per brevi momenti di conversazione non normalizzati, non organizzati ma che costituiscono una parte essenziale della vita di vicinato.

Il progetto prevedeva di chiudere il vano scala per restituire e rigenerare modalità d'uso del costruito e migliorare sensibilmente le prestazioni generali del manufatto, contribuendo ad una sostanziale razionalizzazione del bilancio energetico, riducendo, inoltre, le cause dei fenomeni di degrado che nel lungo periodo pesano sulla vita dei componenti del sistema tecnologico coinvolti.

La ricerca sulle *possibilità tecnologiche*, condotta in collaborazione con l'architetto Alessandro Fassi e lo studio di ingegneria ESSETI incaricati da ATC Torino della redazione del progetto preliminare, ha individuato un sistema denominato *Dye Solar Cell*.

La tecnologia delle celle fotovoltaiche colorate (*Dye Sensitized Solar Cells - DSSC*) è basata sulla chimica del biossido di titanio. Queste celle sono in grado di raggiungere efficienze pari a quelle del silicio amorfo, e possono essere realizzate mediante elettrodo e contro elettrodo trasparente, pertanto come *superfici vetrate colorate per edifici*.

A differenza delle celle solari convenzionali, tali celle si basano su un principio foto-elettrochimico. La luce è assorbita da uno strato sottile di un complesso colorante a base di Rutenio che occupa le microporosità esistenti in uno strato semiconduttore. Quando il colorante è eccitato dall'assorbimento di un fotone si genera il trasferimento di un elettrone al semiconduttore. Questo elettrone viene estratto attraverso la superficie di un elettrodo, la carica positiva si trasferisce dal colorante a un mediatore redox che fa parte della soluzione colorante e per mezzo di questo è diretta alla superficie del contro-elettrodo, chiudendo il circuito. I principali vantaggi di tali celle fotovoltaiche trasparenti consistono in un'elevata trasparenza, variabile dal 90% al 70%, a seconda del valore di resistività superficiale dei vetri



Figure 8a, 8b, 8c. Gli edifici possono così costruire messaggi astratti, in cui si riconoscono elementi delle estetiche che la periferia ha prima subito, quindi metabolizzato, e successivamente elaborato come linguaggio proprio e marchi di identità. La proposta è stata formalizzata attraverso l'elaborazione di modelli virtuali e simulazioni di inserimento che hanno sostenuto i successivi processi di studio del rapporto dimensionale tra utente e modulo, a differenti scale di fruizione.

che si vuole ottenere, buona efficienza, 7-8% in forma stabile, buon rendimento anche in condizioni di luce diffusa, basso costo di fabbricazione. Si tratta di un principio che è stato scoperto dal professor Graetzel negli anni '80 ed in fase di studio da parte di diversi gruppi di ricerca nel mondo. La società spagnola IBE ha realizzato un impianto pilota per produrre queste celle, che è in fase di ottimizzazione nel corso di un progetto Europeo chiamato BUILD-DSSC, nel quale collaborano anche diversi centri di ricerca europei, tra i quali il Dipartimento di Chimica, specialista nella chimica delle DSSC, dell'università di Ferrara.

L'utilizzo di questa tecnologia avrebbe trasformato un volume "negativo" in un elemento attivo, una risorsa per il mantenimento tecnologico e ambientale dell'edificio ma, grazie alla scala cromatica dei pannelli l'intervento rappresentava anche un'occasione per segnare e connotare l'edificio, per caratterizzare il volume interno influenzando i processi d'uso di esso e per denotare l'edificio rispetto al contesto. I pannelli trasparenti e colorati, disposti come pixel, come tessere di un mosaico, secondo un processo controllato, lungo la superficie complessiva del vano scala, determinano accostamenti cromatici più o meno omogenei e configurazioni astratte, realizzando un segno forte, dinamico e visibile da differenti punti di vista, dentro, fuori, vicino, lontano. Di giorno la luce filtra attraverso questi diaframmi colorati e dialoga con le pareti del vano scala, aggiungendo alla spazio profondità ottiche e accentuazioni cromatiche e influenzando sensibilmente la natura dello spazio e la fruizione che se ne ha di esso.

Di notte il rapporto si inverte, le luci del vano scala illuminano ogni pixel, ogni vetro colorato e trasformano la parete in un segno forte che connota in modo nuovo l'edificio e che riveste un inedito ruolo urbano nel panorama notturno del quartiere diventando simbolo di esso e della trasformazione sostenuta dal contratto di quartiere.

La proposta ha trovato il sostegno di ATC Torino e delle Amministrazioni pubbliche che hanno riconosciuto in esso "*la finalità di realizzare una forma che contenga un messaggio di qualche dignità, nel senso di essere la forma allegorica del cambiamento*"<sup>12</sup>.

### *Conclusioni: un background complesso per una trasformazione culturale del manutentore*

La ricerca si è mossa in uno scenario che per la natura propria del metodo con cui è stato approcciato il tema si è arricchita di stimoli e contributi che sono

andati ad affiancare i temi della sostenibilità ambientale e della manutenzione edilizia che rappresentavano i riferimenti più plausibili nelle prime fasi della ricerca:

Il futuro delle periferie e il loro recupero alla città passa attraverso piani di sviluppo economico, di sostegno sociale ma anche attraverso piani di riqualificazione urbanistica e architettonica: emblematica è l'esperienza del recupero avviato a Berlino su tutta l'edilizia popolare dell'ex Germania Orientale. In alcuni casi i *Plattenbau* berlinesi sono stati demoliti per far posto a interventi più "nobili", in altri casi si è deciso di intervenire recuperando la funzionalità e l'efficienza tecnologica e reinterpretando le facciate grigie con nuove e più vivaci colorazioni e addizioni volumetriche, come balconi prefabbricati.

Il colore è uno degli strumenti più esplicativi di risemantizzazione dell'architettura, la policromia diventa decoro e pone l'edificio in rapporto privilegiato con il contesto.

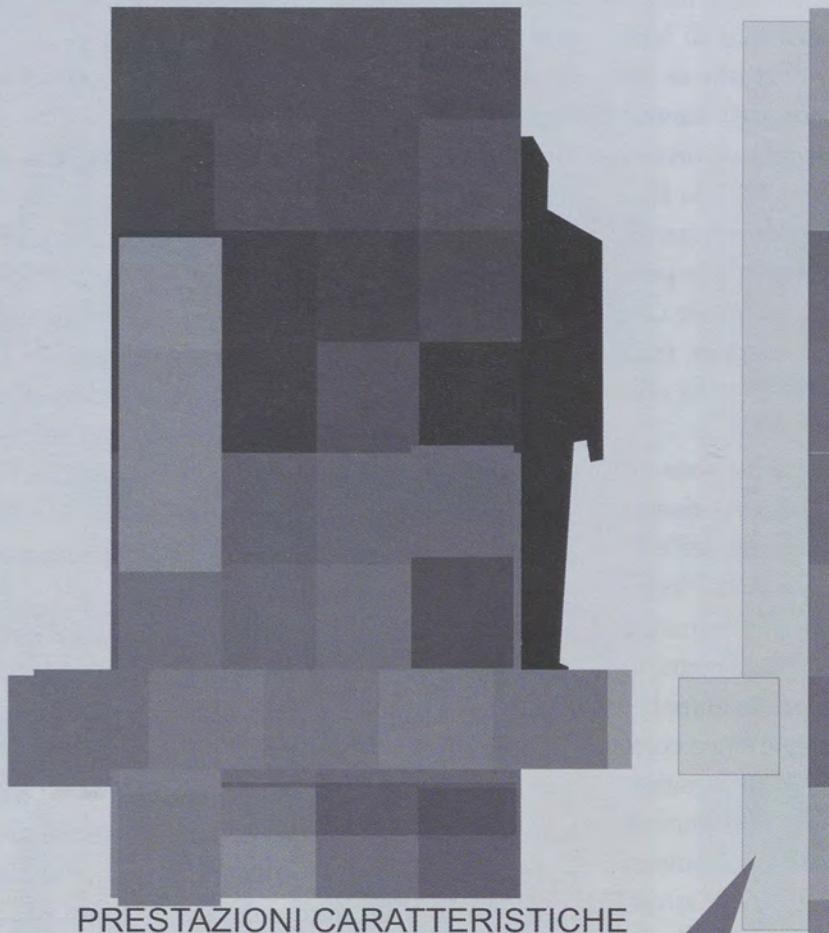
Le Corbusier a Marsiglia nell'*Unité d'habitation* trattò con campiture cromatiche differenti gli sfondati dei balconi; Bruno Taut nel 1913 introdusse in una città giardino facciate colorate di rosso, verde-oliva, blu e ocra sostenendo che il colore fosse la decorazione che anche i poveri potevano permettersi. Il sodalizio Piano-Rogers nel Centre Pompidou, i tedeschi Sauerbruch e Hutton nel magazzino Sedus-Stoll a Dogern, gli spagnoli Mansilla y Tunon nel Museo d'Arte Contemporanea di Castilla e Leon, Behnisch, Behnisch & Partner nella scuola cattolica Saint Benno a Dresda, utilizzano il colore come strumento attraverso il quale sottrarre alla tecnologia quell'aura sacra, eroica, talvolta aliena, che spesso la accompagna.

Recentemente la rivista "Detail" ha dedicato un numero monografico<sup>13</sup>, al tema del colore in architettura, e Katrin Simons nell'articolo *Colour and Architecture* sostiene che

*the debate about the use of color in architecture has long and motley history. [...] colour was more than just an aesthetic consideration, it revealed an architect's philosophy of life and perception of his role. [...] colour has always been used as an aesthetic argument in social discourse, as the present essays seeks to show; and in architecture, colour concepts are usually directly related to social and political ideas.*

Sullo stretto rapporto tra architettura e arte contemporanea sono in molti ad essersi interrogati; Lorenzo Dall'Olio in *Arte e architettura. Nuove corrispondenze*

# Involucro



PRESTAZIONI CARATTERISTICHE  
DELL'ELEMENTO DI INVOLUCRO

## OPACO

rispetto a esigenze di:  
**SICUREZZA**

resistenza al fuoco  
resistenza alle intusioni  
protezione alle cadute  
sicurezza al contatto  
sicurezza alle esplosioni  
resistenza agli urti  
resistenza ai carichi dinamici

resistenza meccanica ai carichi sospesi e dinamici

## BENESSERE IGROTERMICO

isolamento termico  
controllo dell'inerzia termica  
controllo della condensazione interstiziali  
permeabilità all'aria  
tenuta all'acqua

## BENESSERE RESPIRATORIO/OLFATTIVO

non emissione di sostanze nocive

## BENESSERE UDITIVO

isolamento acustico dai rumori esterni  
non rumorosità

non emissione di sostanze nocive

## FRUIBILITÀ'

attrezzabilità

## GESTIONE

contenimento dei consumi energetici  
durabilità e manutenzione

### sistema di facciata

deve rispondere a requisiti  
relativi all'aspetto

- Planarità;
- assenza di difetti superficiali;
- omogeneità di colore e brillantezza;
- omogeneità di insudiciamento.

relativi ad esigenze tattili  
relativi all'attrezzabilità  
temporanei

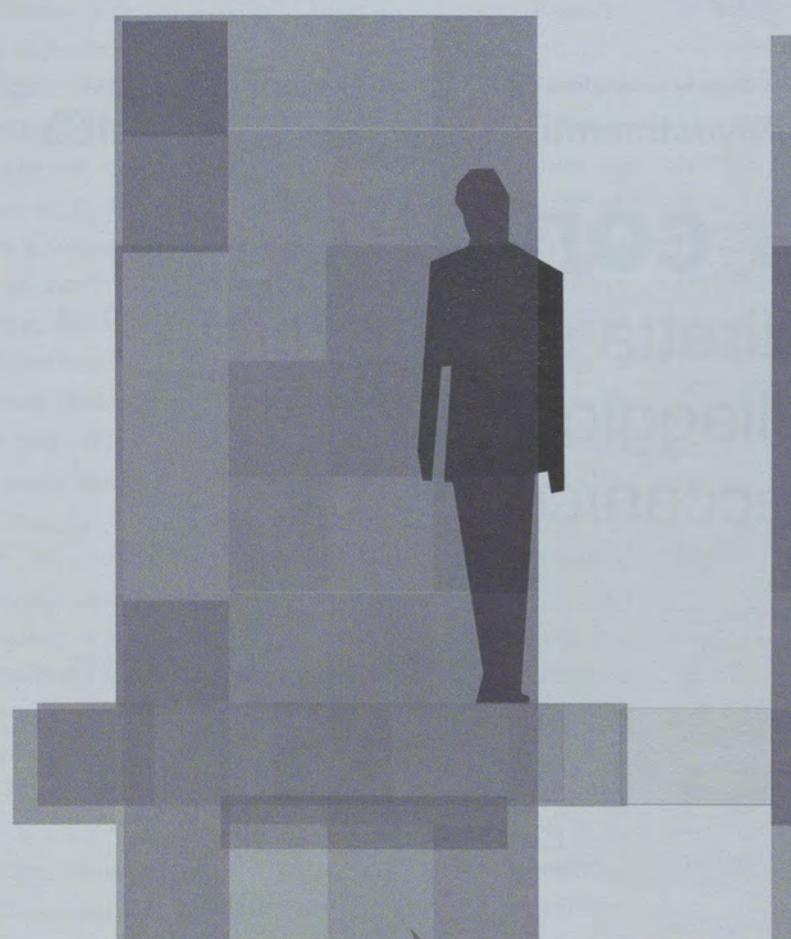
- Attitudine al trasporto dei componenti;
- attitudine all'immagazzinamento;
- attitudine al montaggio.

relativi alla gestione

- Facilità di pulizia;
- facilità di sostituzione dei componenti usurati.

Figure 9a, 9b. Relativamente alla materia del messaggio l'involucro si presenta in grado di proteggere ed isolare nel caso in cui sia opaco e come tale dovrà rispondere ad un complesso di esigenze che la normativa fissa per le pareti perimetrali verticali opache. Diversamente l'involucro si costituisce di elementi trasparenti e come tale dovrà rispondere ad altre urgenze prestazionali; esso potrà contribuire all'assorbimento dell'energia solare incidente e permettere la realizzazione tanto di spazi tampone fra esterno e interno, quanto di serre che permettano un guadagno solare nel periodo invernale.

# Involucro



Determina un'involucro

## **Passivo;**

esso in quanto tale rende possibile  
guadagno solare diretto in base all'esposizione  
ventilazione naturale, in virtù delle aperture possibili  
penetrazione della luce naturale...  
Ma il colore comporta alcuni problemi?

## **Attivo;**

incorporando sistemi per la raccolta  
e la trasformazione dell'energia...

PRESTAZIONI CARATTERISTICHE  
DELL'ELEMENTO DI INVOLUCRO

## **TRASPARENTE**

rispetto a esigenze di  
**SICUREZZA**

resistenza al fuoco  
resistenza alle intusioni  
protezione alle cadute  
resistenza al vento

### **BENESSERE VISIVO**

controllo del flusso luminoso

### **BENESSERE IGROTERMICO**

aerazione di raffrescamento  
controllo della radiazione solare  
isolamento termico  
tenuta all'aria  
tenuta all'acqua  
controllo della condensazione

### **BENESSERE RESPIRATORIO/OLFATTIVO**

ricambio d'aria naturale

### **BENESSERE UDITIVO**

isolamento acustico dai rumori aerei esterni  
isolamento laterale o verticale dai rumori  
ingenerabilità di rumori e vibrazioni

### **FRUIBILITÀ'**

transitabilità, circolazione e affacciamento  
limitazione ingombro esterno  
manovrabilità  
integrità

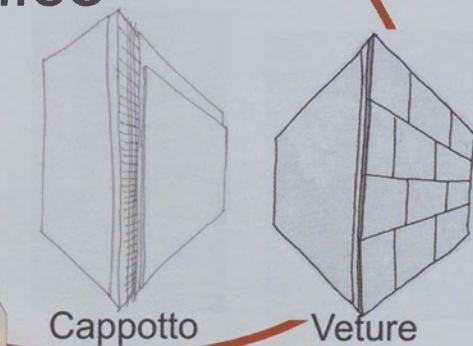
### **MANUTENIBILITÀ' E PULIBILITÀ'**

pulibilità  
resistenza a manovre false e violente

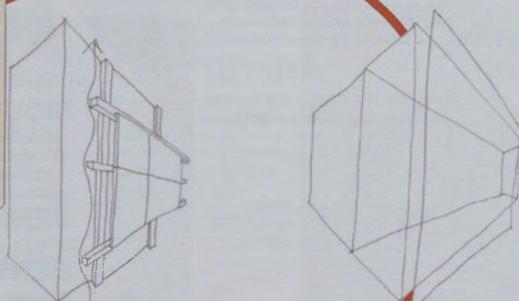


# Sistemi a contatto

applicazione diretta sulla facciata  
mediante incollaggio  
o fissaggio meccanico



facciata ventilata doppio involucro



# Sistemi dinamici

Ruolo dinamico, controllo  
dell'energia, dell'intercapedine  
creata fissando il rivestimento  
a distanza dalla parete

Figura 10. Gli approfondimenti tecnologici hanno avuto come oggetto le differenti soluzioni per il rivestimento di facciata, sistemi a contatto o sistemi dinamici. Sono stati analizzati gli aspetti relativi ai materiali, alla stratificazione funzionale, ai punti di forza e alle criticità di ciascuna soluzione.

ze<sup>14</sup> riconosce un possibile terreno comune di scambio, tuttavia denuncia le posizioni difensive di artisti e architetti orientati “a tutelare la propria operatività e il proprio specifico fare artistico”; Manfredo Tafuri in *La sfera e il labirinto*<sup>15</sup> racconta arte e architettura come reciproci nuovi punti di stazione dai quali guardare il presente secondo angolazioni nuove; attraverso le ricerche degli storici dell’architettura, Zevi, Argan, De Fusco, per citarne solo alcuni, si possono intravedere le analogie strutturali, metodologiche e formali delle opere di architetti e artisti che si riconoscevano una comune convinzione artistica e culturale. Le ricerche sul tema della linguistica operate da G. K. Koenig, U. Eco, S. Bettini C. Morris, G. Dorfles. B. Zevi rappresentano i “nodi” attorno a cui, durante la ricerca, è stato costituito il “tessuto” culturale e critico relativo al tema dell’architettura come linguaggio, all’azione denotativa e connotativa che l’architettura esercita nei confronti dei suoi denotata, all’estetica come momento informativo.

La ricerca affrontando le questioni relative all’invuolcro si è mossa nel solco di una delle questioni maggiormente dibattute e “trasversali” dell’architettura contemporanea, più o meno recente, la “superficie” delle architetture come strato capace di gestire e regolare, da diversi punti di vista, il rapporto tra interno ed esterno. Il mondo della ricerca si è speso su diversi e differenti fronti, pur sempre inerenti il tema della superfici: l’analisi dell’aspetto tecnologico e la quantificazione delle prestazioni; l’analisi della rappresentazione della superficie tra tecnologia evoluta e “pittorico”; l’aspetto decorativo ed ornamentale; i tentativi di risolvere l’afasia di certe superfici attraverso le procedure dell’arte contemporanea; il ruolo della superficie come fenomeno incorporeo fino agli iperspazi e agli ambienti digitali.

Si materializza così un sistema complesso di nozioni, esperienze da condividere, conoscenze da acquisire e possibilità, che induce a pensare all’opportunità di una trasformazione culturale della figura del manutentore, una trasformazione che lo renda capace di interpretare in termini ne riduttivi ne esclusivamente pragmatici e funzionali le occasioni offerte dalla pratica della manutenzione edilizia.

Cristian Campagnaro, Architetto, Dottore di ricerca in Innovazione Tecnologica per l’Architettura e il Disegno Industriale.

#### NOTE

<sup>1</sup> PLATONE, *Teeteto*, 149a-151d.

<sup>2</sup> MELLO, Patrizia, 2002, *Metamorfosi dello spazio, annotazioni sul divenire metropolitano*, Bollati Boringhieri, Torino.

<sup>3</sup> IMPERATORI, Marco, a cura di, 2001, *Costruire sul costruito, tecnologie leggere nel recupero edilizio*, Carocci Editore, Roma.

<sup>4</sup> *Ibidem*.

<sup>5</sup> DUBOSC, Eric, *Costruire e Decostruire in una prospettiva sostenibile*; BOLOGNA, Roberto (a cura di), 2002, *La reversibilità del costruire. L’abitazione transitoria in una prospettiva sostenibile*, atti della tavola rotonda omonima, Firenze 26 Gennaio 2002, Maggiolini Editore, Rimini.

<sup>6</sup> MELLO, Patrizia, 2002, *Metamorfosi...*, cit.

<sup>7</sup> KOENIG, Giovanni Klaus, 2001, *Dodici note di architettura*, Testo & Immagine, Torino.

<sup>8</sup> DALL’OLIO, Lorenzo, 1997, *Arte e architettura. Nuove corrispondenze*, Testo & Immagine, Torino.

<sup>9</sup> ECO, Umberto, 1994, *La struttura assente. La ricerca semiotica e il metodo strutturale*, Bompiani, Milano.

<sup>10</sup> ARISTOTELE, ed. V 2004, *Poetica*, Laterza, Bari.

<sup>11</sup> MELLO, Patrizia 2002, *Metamorfosi...*, cit.

<sup>12</sup> MARI, Enzo, 2004, *La valigia senza manico. Arte, design e Karaoke*, Bollati Boringhieri, Torino.

<sup>13</sup> *Plastering, rendering and Paint*, numero monografico, “Detail”, n.12, 2003.

<sup>14</sup> DALL’OLIO, Lorenzo, 1997, *Arte e architettura...*, cit.

<sup>15</sup> TAFURI, Manfredo, 1980, *La sfera e il labirinto*, Einaudi, Torino.

# Dalla barriera antirumore verso l'integrazione percettiva dei bordi lineari per autostrade ed infrastrutture in genere

ANDREA VIRANO

## *L'idea pre-moderna di strada*

Fino all'affermarsi su larga scala della ferrovia nel diciannovesimo secolo, l'idea di infrastruttura di comunicazione e trasporto era mutuata dalla strada e, di fatto, coincideva con essa.

Infatti, se si eccettuano le rotte marittime (e in parte lacustri e fluviali) le direttrici di collegamento erano costituite dai percorsi via terra che hanno avuto per millenni come archetipo la strada: dal sentiero, al tratturo, alle vie consolari che, non di rado, insieme costituivano itinerari non solo di straordinaria importanza socio-politica, ma anche simbolico - culturale (la Via Francigena, la Via del sale, la Via della seta, ecc.).

Tutte queste strade erano accomunate da un fondamentale elemento unificante, a prescindere dal rango del collegamento e dalle caratteristiche dimensionali e costruttive di ciascuna infrastruttura: il rapporto con il territorio attraversato.

Questo dato, più che derivare da una scelta culturale (che pure c'era) era imposto dai limiti oggettivi dell'intervento costruttivo basato essenzialmente sulla fatica umana (e, in parte, animale) di una forza lavoro poco supportata da strumenti tecnici evoluti e da sufficiente energia a basso costo.

Ciò imponeva, ad esempio, di seguire il più possibile le curve di livello limitando al massimo le opere d'arte più complesse, gallerie, ponti e gli sbancamenti di grande rilevanza.

Questo dialogo continuo con le peculiarità (di ogni tipo) dei siti, sotto l'imperativo della fatica e con i conseguenti tempi lenti delle trasformazioni, rendeva "oggettivamente" le strade parti integranti dei territori attraversati.

Tali effetti dei sistemi operativi e della cultura del lavoro erano sorretti anche da una diffusa percezione della sacralità della natura e dell'intrinseco contenuto "sacrilego" di ogni sua trasformazione (come ci ricorda il grande antropologo Lombardi Satriani quando parla della necessità che gli antichi sentivano, di placare le ire del mondo ctonio con riti propiziatori ogni volta che si violava lo stato preesistente con opere di trasformazione del suolo, del paesaggio)<sup>1</sup>.

Poi lo sviluppo tecnologico con la rivoluzione industriale e la conseguente crescente domanda di mobilità e di trasporto hanno decretato nell' '800 lo straordinario successo delle ferrovie in Europa, nell'America del Nord e poi nel resto del mondo.

## Verso la specializzazione infrastrutturale

Ma il treno non è solo un nuovo modo per far viaggiare i passeggeri e le merci velocemente e su grandi distanze: con i binari e con le regole ferree del loro impiego (livellette, raggi di curvatura, ecc.), si afferma per la prima volta, nel campo dei trasporti, una concezione radicalmente nuova dell'infrastruttura che cessa di essere, come la strada fu per millenni, parte del territorio per diventare oggetto artificiale immesso a forza nel territorio; nasce cioè l'idea dell'infrastruttura specializzata e tecnicamente autoreferenzialista.

Gli andamenti pianoalimetri tendono a non essere più quelli del suolo preesistente, ma diventano quelli imposti dalle regole "interne" al sistema di locomozione: il treno va dritto e buca le montagne con le gallerie e scavalca le valli su ponti e viadotti connotandosi inequivocabilmente attraverso un'alterità radicale rispetto alla natura preesistente.

Il senso del "sacrilegio" della cultura arcaica è sostituito dall'ostentato messaggio positivo (positivista) delle "umane sorti e progressive" che troveranno poi, nel primo novecento, ulteriore enfasi nell'esaltazione della velocità, nel mito della macchina e nel vitalistico (e insieme nichilistico) proclama futurista della *tabula rasa* della storia e degli equilibri naturali-naturalistici e rivendicando con la bellezza dell'artificiale di cui, ad esempio, Sant'Elia ha creativamente immaginato l'iconografia visionaria.

In questo la ferrovia, e, in parte, i coevi canali navigabili artificiali riprendono l'antica tradizione delle infrastrutture specializzate (invasivamente penetranti nei territori attraversati) degli acquedotti romani, ma segnano la grande discontinuità moderna nel modo di concepire un'opera di comunicazione e di trasporto. Quando poi nei primi decenni del '900 comincia ad affermarsi il nuovo fenomeno della motorizzazione individuale, con l'auto prodotta in grande numero con le tecniche e le modalità del fordismo, la strada comincia ad adeguarsi, mutuando il "modello ferroviario", con le prime autostrade intese come strade specializzate, tendenzialmente rettilinee, disegnate dalle esigenze del mezzo che su di esse deve transitare.

Questa tendenza si afferma in modo conclamato con la motorizzazione di massa del secondo dopoguerra e con l'enorme espansione (specie in Italia) del trasporto merci su gomma (che continua).

Se le ferro-vie sono le vie del ferro, le autostrade diventano le gomma-vie pensate, concettualmente, allo stesso modo: infrastrutture specializzate e autore-

ferenziate dalla loro funzione primaria, (nel caso specifico, il termine auto-referenziato sta proprio per "referenziato dall'auto").

Questa esaltazione della peculiarità monofunzionale della infrastruttura stradale genera una straordinaria originalità plurisetoriale che va dall'innovazione tecnico-giuridico-finanziaria delle concessionarie autostradali (primo grande esempio di *project financing* in Italia), alla ideazione delle aree di servizio e al relativo modello gestionale.

La strada generica, quella che potremmo definire "storica" (immortalata nell'epopea sportiva della Mille Miglia e della Targa Florio) nel passaggio al modello autostradale della "gomma-via" mutuata concettualmente dalla ferrovia non rivela da subito il salto radicale che la investe: solo quando la massa critica della rete autostradale si consolida, l'opinione pubblica italiana percepisce la trasformazione che si è prodotta e comincia a cogliere i molteplici effetti della progressiva de-territorializzazione che ne ha investito la concezione, la progettazione, la costruzione e la gestione nel tempo.

## Le strategie stop and go

Scattano allora reazioni altrettanto acefale del processo estensivo che aveva troppo spesso ignorato il contesto insediativo di infrastrutture invasive: nel 1975 il Parlamento vota una legge che "vieta di costruire autostrade"<sup>2</sup>, trattando quindi la "strada specializzata per l'auto" come un prodotto nocivo da cui difendere la collettività. Poi quando si percepiscono gli effetti di lungo periodo di quel provvedimento legislativo di "proibizionismo stradale" si scopre il "gap infrastrutturale" che penalizza il sistema-paese (in termini anzitutto plurimodali, ma anche nella monomodalità - gomma) e si ripropone l'impellente bisogno di nuove autostrade. In questa ricorrente oscillazione di giudizio è difficile non cogliere un'insufficienza culturale, (di cultura disciplinare e di cultura di massa) nell'approccio al tema cruciale delle infrastrutture.

Ad esempio pur prendendo atto che nella pluriennale logica dello *stop and go* oggi siamo sicuramente nella fase *go*, c'è da chiedersi che tipo di *go* si sta sviluppando, mentre la discussione è pressoché tutta quantitativa (quanti milioni di euro si investono, quanti Km di infrastruttura si realizzano, ecc.) mentre il tema della qualità è pressoché assente se non attraverso un processo di parametrizzazione quantitativa della qualità stessa sulla base di indicatori standard.

# COMPONENTI SCENARIO PERCEZIONE TECNOLOGIA

**contesto produttivo**  
**contesto di consumo**  
**contesto sociale**  
**contesto culturale**  
**collegamento tecnologico**  
**fra aree - campi attualmente separati**  
  
**schema essenziale**  
**servizio**  
**manutenzione**  
  
**comunicazione**  
**comprendere**  
**emozione**  
**ricordo**

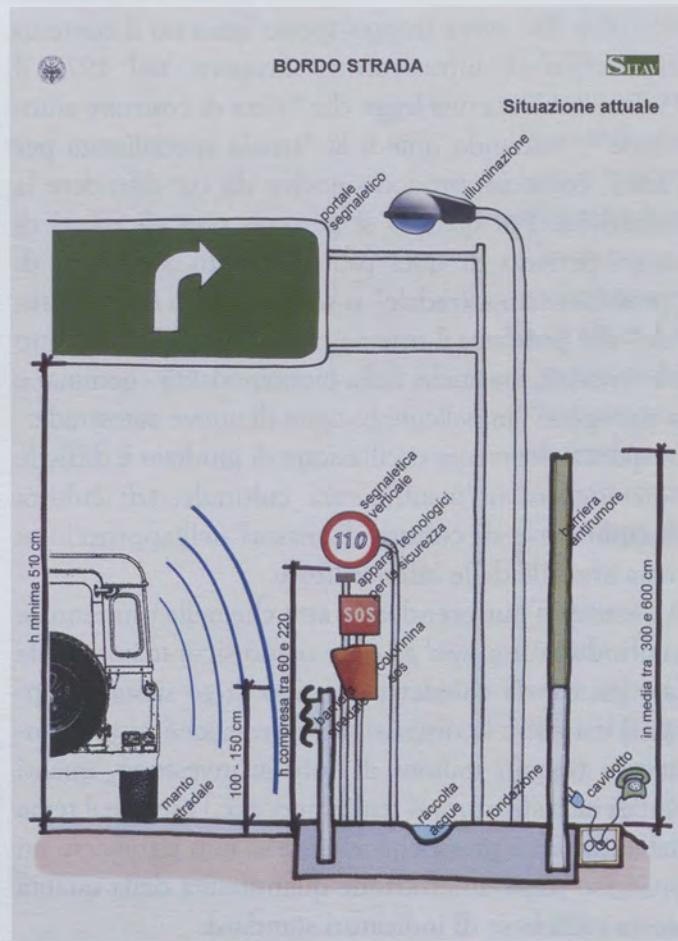


Figura 1. Contesto in cui si sviluppa il progetto.  
 Figura 2. Schema della metodologia applicata per lo sviluppo del progetto

Figura 3. Schema dell'attuale situazione del bordo strada.



## SISTEMA STRADA

**SITAV**

Pericolo, prescrizione, informazione.



Visibilità notturna.

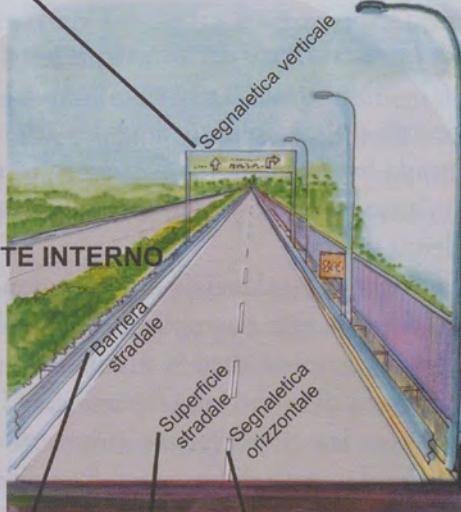


Bonifica acustica.



### Elementi discontinui

**AMBIENTE INTERNO**



Illuminazione

**AMBIENTE ESTERNO**



### Elementi continui

Contenimento dei veicoli in caso di urto.



Protezione del ciglio stradale.



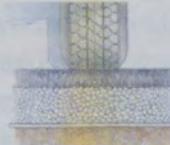
Base per l'installazione di componenti.



Raccolta delle acque meteoriche.



Drenaggio dell'acqua e l'assorbimento acustico.



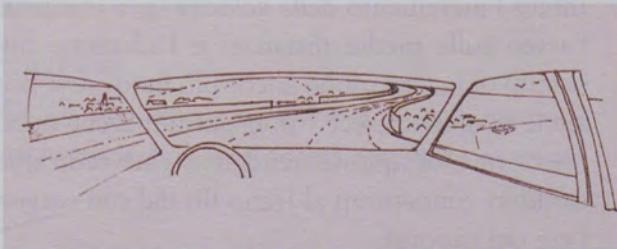
Indica limiti delle corsie e della carreggiata.



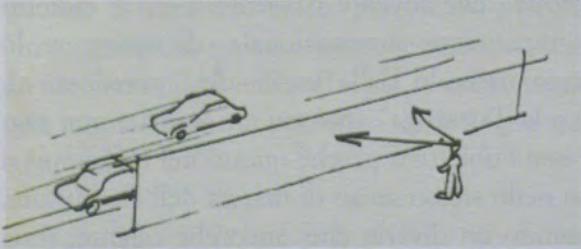
Rete elettrica e cablaggi per le reti informatiche.



### PERCEZIONE DELL'AMBIENTE



La percezione dell'ambiente dall'interno è condizionata dalle finestre del mezzo e varia a seconda della velocità.



Il rapporto fra strada e ambiente esterno è tema fondamentale per il progetto di inserimento di barriere antirumore.

Figura 4. Ambito in cui si muove la ricerca.

Il processo in sé non è sicuramente negativo, anzi: quanti nuovi chilometri quadrati di asfalto drenante sono stati posati?, quante migliaia di metri lineari di barriere antirumore sono state installate?, quanti pannelli a messaggio variabile sono stati attivati?, ecc., sono dati quantitativi che indicano un oggettivo miglioramento qualitativo.

### *Qualità e innovazione*

Ma la qualità forse è anche un'altra cosa: è, ad esempio, processo di tendenziale smaterializzazione dell'infrastruttura attraverso un progressivo mutamento del rapporto, fra la quota di asfalto-cemento e la quota di tecnologia per l'interazione fra veicolo e infrastruttura, all'interno del capitale investito.

Per molti anni (e ancora adesso è così, per molte persone) le strade (e le autostrade in particolare) sono state considerate un "prodotto maturo" ovvero espressione di un settore che ha esaurito le sue potenzialità e, in fondo, sopravvive a se stesso.

In realtà la strada è stata ed è un prodotto "maturo" solo in quanto non ha inglobato innovazione.

È lecito allora domandarsi se la strada possa diventare ricettore e generatore di innovazione.

La risposta non è evidentemente un "sì" o un "no" apodittico, ma consiste in un'esplorazione degli scenari concreti, dei vincoli, delle potenzialità e delle peculiarità di una "strada in marcia verso l'innovazione".

Il punto di partenza della riflessione è che l'Italia è stata un paese leader nel campo autostradale, precorrendo i tempi e sfruttando tutte le potenzialità del settore, creatività organizzativa, genialità progettuale, adattabilità produttiva, spirito d'intraprendenza nel coltivare i business indotti, ecc.

Il nostro Paese ha costruito questa eccellenza su un'arretratezza generale di sistema, aggravata dalle distruzioni belliche, puntando sul classico "salto di generazione" che sovente consente a chi è indietro nelle competizioni internazionali, di rimontare lo svantaggio uscendo dalla logica del "paradosso di Achille e la Tartaruga" (per cui chi insegue non raggiunge mai l'obiettivo perché questo nel frattempo si è mosso nello stesso senso di marcia dell'inseguitore, perpetuando un divario che, ancorché calante, resta incolmabile).

Il recupero di questo divario competitivo non si può misurare solo in chilometri di nuova strada costruita (anche se è un dato sicuramente importante) ma provando ad analizzare la "qualità" di quei chilometri e

l'insieme dei processi che intorno ad essi si sono generati.

Soprattutto, occorre chiedersi se la qualità di cui si parla possa essere una sommatoria di singole "qualità parziali" o se ci si debba porre il problema di delineare e perseguire una "qualità aggregata" di sintesi che è (dovrebbe essere) diversa dalla mera sommatoria cumulativa di sotto-quality ottimizzate singolarmente.

### *Le linee evolutive dei sistemi su ferro e su gomma*

Se (un po' semplicisticamente) si è affermato che la strada ha "copiato" in passato la ferrovia diventando un'auto-via (autostrada) quali sono ora le linee di tendenza in atto?

Permane la tendenziale omologazione fra i sistemi? La risposta non è semplice, ma si può forse affermare che negli ultimi anni si è cominciato ad intravedere una linea di evoluzione diversificata fra strada e ferrovia che lascia prevedere orizzonti di assestamento profondamente differenziati fra i due mondi.

Infatti la ferrovia con l'Alta Velocità / Alta Capacità sta accentuando la sua "alterità" dai contesti territoriali attraversati; le spinte antagoniste delle comunità locali vanno anch'esse nella direzione di radicalizzare tale estraneità, richiedendo ad esempio tratti sempre più lunghi in galleria (cercando così di far scomparire ciò che non si può evitare ma non si vuole, non si può, non si sa accettare). Dove l'interramento non è possibile si cerca di proteggersi dall'intrusione con barriere di ogni tipo; non ci si pone neppure il problema di mimetizzare le opere nel paesaggio, ma al contrario sembra prevalere l'idea di sanzionarne ulteriormente l'estraneità, come un argine (per un fiume che si teme straripi) o una fortificazione per una persistente "guerra" psicologica di trincea (ancorché per il movimento sempre più rapido).

Infatti l'incremento della velocità (per competere con l'aereo sulle medie distanze) e l'adozione futura di sistemi di locomozione ancor più innovativi (sostentazione magnetica, ecc.) non potranno che accentuare ulteriormente queste tendenze che radicalizzano i caratteri connaturati al treno fin dal suo sorgere (dall'era del vapore).

Per la strada il discorso si sta connotando invece in modo diverso, perché vacilla tendenzialmente la concezione dell'autostrada come tubo di traffico canalizzato in un sistema sempre più chiuso e indipendente dal contesto.

Si è capito che "imitare il treno", a lungo andare è sbagliato: ad esempio, si è constatato che semplici ragioni di sicurezza suggeriscono l'abbandono dei grandi rettilinei a favore di tracciati più vari e che questi diventano (tornano ad essere) potenzialmente più adeguabili alle caratteristiche planoaltimetriche del territorio attraversato.

Anche l'altro elemento separatore, ovvero la "porta" di ingresso e di uscita, si trasforma e, dal Telepass in poi, lascia intravedere una linea tendenziale di pedagiamento senza barriere fisiche (cioè senza porte) con l'ausilio della telematica.

Anche questo (dal punto di vista comportamentale almeno) tornerà ad avvicinare le strade normali e le strade speciali (autostrade), che, peraltro, sempre più spesso hanno sistemi misti di ingresso (libero e a pedaggio).

In questo nuovo scenario il rapporto con il paesaggio comincia ad essere riscoperto da progettisti, istituzioni, gestori e comunità locali che si interrogano sulla possibilità di far diventare le autostrade da intrusioni nel territorio in elementi costitutivi della sua configurazione, cercando, anche per questa via, di recuperare un più agevole dialogo finalizzato al consenso sociale.

In sintesi si può dire che è in corso (timidamente) una graduale spinta alla ri-territorializzazione delle autostrade (e delle loro aree di servizio).

Proprio per questo il tema del trattamento del complessivo sistema dei bordi-strada delle autostrade sembra essere particolarmente importante, suggestivo e portatore di interessanti evoluzioni nel tempo, così come acquistano una nuova valenza i nodi plurimodali che cessano di essere solo punti di intersezione e connessione fra linee, per diventare luoghi ad alta concentrazione di servizi per l'integrazione fra sistemi di comunicazione.

### *La fotografia dell'esistente*

### *Il sistema strada*

In Italia ad oggi esistono 6474 Km di autostrade costruite in periodi diversi (comprendendo autostra-

de, raccordi e tangenziali, la cui gestione è affidata per 5583,4 Km alle società concessionarie e per 890,3 Km direttamente all'Anas). L'evoluzione dei veicoli e l'aumento esponenziale del parco circolante hanno reso necessario il continuo adeguamento delle strutture della rete, con l'incremento del numero dei chilometri destinati alla viabilità primaria e la modifica e l'allargamento dei vecchi tracciati aumentandone la loro portata e sicurezza.

Oltre alle trasformazioni strutturali nel corso degli anni anche i componenti destinati a completare le infrastrutture stradali sono stati implementati e modificati.

Abbiamo assistito al moltiplicarsi dei chilometri di autostrade protetti da *guardrail* o *new-jersey*, alle applicazioni di asfalti con prestazioni sempre più sofisticate, all'introduzione di tipologie di segnaletica facilmente aggiornabili e quindi più efficaci nel comunicare le informazioni in tempo reale, sono stati moltiplicati i sistemi di monitoraggio ed altri dispositivi elettronici e non ultimo assistiamo in questi anni al cospicuo ricorso all'adozione di barriere antirumore atte a bonificare acusticamente le zone limitrofe alle autostrade.

Questi componenti sono stati sviluppati e prodotti al fine di raggiungere la massime efficienza funzionale, manutenitiva ed economica.

Il procedere cumulativamente e l'attenzione tendenzialmente orientata agli aspetti funzionali ha generato una sempre più netta separazione tra l'ambiente autostradale e ciò che lo contorna. Ma le autostrade non sono entità separate, nascono o divengono parte di un territorio generando anche trasformazioni spesso non progettate o previste, modificazioni che si sviluppano in tempi molto lunghi.

L'infrastruttura è spesso percepita come elemento dissonante rispetto al territorio attraversato, un oggetto sopportato per i vantaggi funzionali che apporta.

Le negatività percepite sono, la separazione che le grandi arterie generano nel territorio attraversato, le fratture di carattere fisico, percettivo, psicologico e l'inquinamento, sia esso inteso come inserimento di un elemento altro nell'ambiente, o come vero e proprio inquinamento atmosferico, delle acque, del suolo ed acustico.

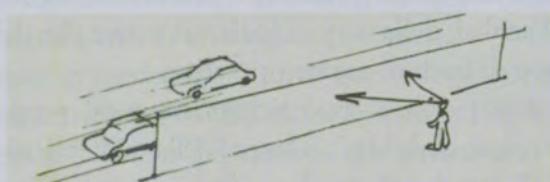
<b>Autostrade In Concessione</b>		
Società Concessionarie	Km di rete gestiti	di raccordi-tangenziali
Ativa	152,90	78,10
Autostrade per l'Italia s.p.a	2854,60	
Autovie Venete	180,30	
Autostrada del Brennero	314,00	
Autostrada Brescia - Padova	182,50	
Autostrade Centropadane	88,60	
Autocamionale della Cisa	101,00	
Consorzi siciliani	227,00	
Autostrada dei Fiori	113,30	
Pedemontana Lombarda	0,00	
Raccordo autostradale Valle d'Aosta - RAV	27,00	
Società Autostrade Liguri Toscane - SALT	154,90	
Società Autostrade Meridionali - SAM	51,60	
Società Autostrada Tirrenica - SAT	36,60	
Società Autostrada Torino Alessandria	164,90	
<b>Piacenza - SATAP</b>		
Società Autostrade Valdostane - SAV	67,40	
Autostrada Serravalle - Milano	177,60	91,30
Società italiana per il Traforo del Frejus - SITAF	72,40	
Tangenziale di Napoli	20,20	
Autostrada Torino - Milano	127,00	
Autostrada Torino - Savona	130,90	
Autostrada Venezia - Padova	41,80	18,50
Roma - L'Aquila Torano - Pescara A24 - A25	281,40	
Traforo del Monte Bianco	5,80	
Traforo del Gran San Bernardo	2,90	
Traforo del Frejus	6,80	
Totale autostrade in concessione	5583,40	187,90
<b>Autostrade ANAS</b>		
Autostrade ANAS	Km di rete gestiti	
Grande Raccordo Anulare di Roma	68,20	
Roma - Fiumicino	18,50	
Salerno - Reggio Calabria	443,4	
Palermo - Mazzara del Vallo A29	119,00	
Alcamo - Trapani A29	47,40	
Palermo - Catania A19	193,80	
Totale	890,30	

Fonte: POZZI, Vincenzo, *Il libro Bianco delle Strade, 2003: un anno di attività*, ANAS S.p.a., Roma, 2004.



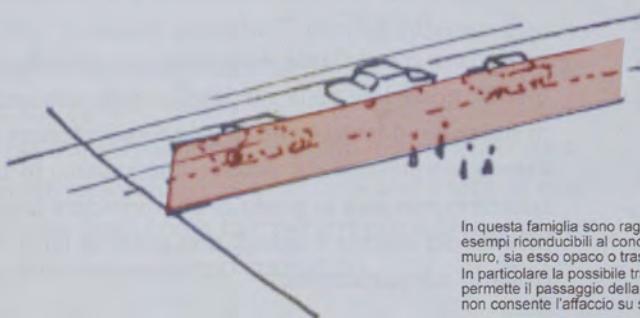
## PERCEZIONE DELL'AMBIENTE ESTERNO

SITAV

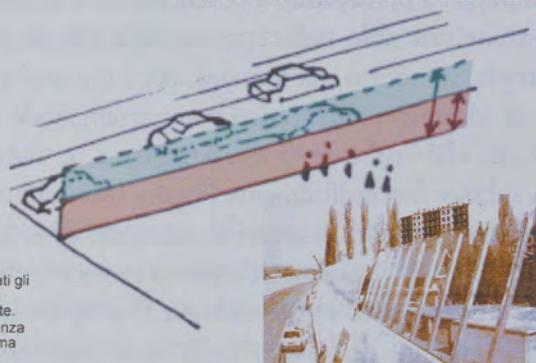


La barriera antirumore determina un aumento della percezione di confine. È possibile suddividere in tre grandi famiglie le modalità attraverso cui interpretare questo limite, il muro opaco e trasparente, la finestra che si affaccia sulla strada e l'interruzione reale o semplicemente visiva del confine.

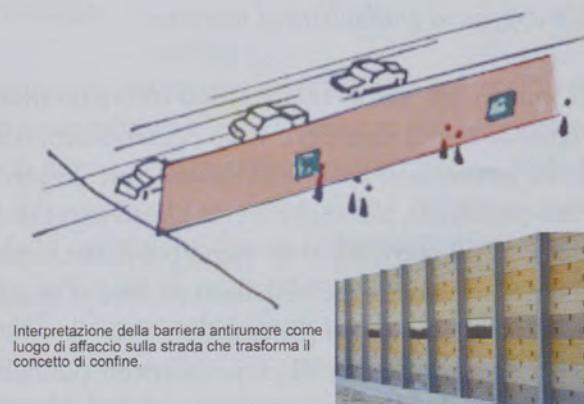
### OPACITA' E TRASPARENZA



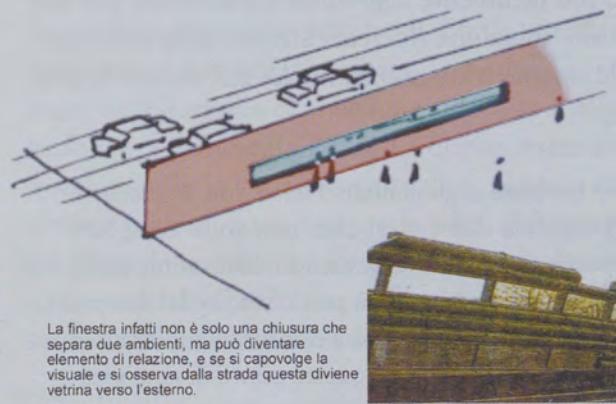
In questa famiglia sono raggruppati gli esempi riconducibili al concetto di muro, sia esso opaco o trasparente. In particolare la possibile trasparenza permette il passaggio della luce, ma non consente l'affaccio su strada.



### FINESTRA E VISUALE

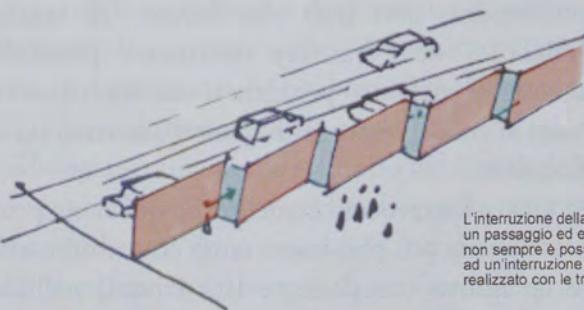


Interpretazione della barriera antirumore come luogo di affaccio sulla strada che trasforma il concetto di confine.



La finestra infatti non è solo una chiusura che separa due ambienti, ma può diventare elemento di relazione, e se si capovolge la visuale e si osserva dalla strada questa diviene vetrina verso l'esterno.

### PASSAGGIO MATERIALE E PASSAGGIO VISIVO



L'interruzione della barriera antirumore permette un passaggio ed elimina il confine, però questo non sempre è possibile o utile, si ricorre allora ad un'interruzione virtuale, dove il passaggio è realizzato con le trasparenze.

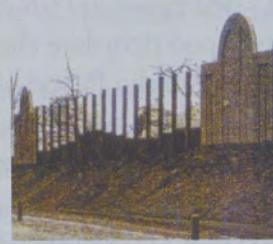
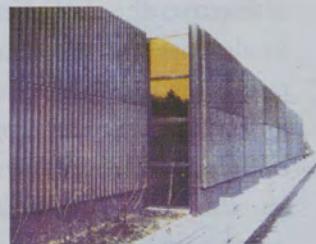
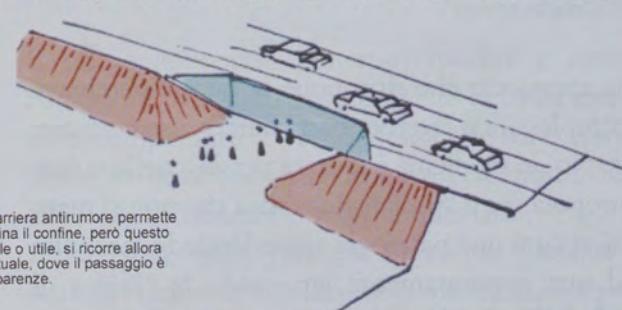


Figura 5. Proposte di interpretazioni percettive dell'oggetto barriera antirumore. Da: Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes, Esthétique des écrans antibruit, Paris 1988.

La questione intorno a cui ruota tutto il lavoro della tesi di Dottorato, principalmente con riferimento alla protezione dal rumore nelle autostrade, è proprio la confutazione dell'obiettivo della massimizzazione specialistico-settoriale come via maestra per il conseguimento dello scopo fondamentale dell'innalzamento della qualità complessiva percepibile e percepita da angolazioni differenziate non solo nello spazio (dalla strada, fuori della strada, da vicino, da lontano, ecc.) ma anche dal punto di vista socio-antropico-comportamentale (chi fruisce e chi subisce l'infrastruttura o ancora fruisce/subisce inscindibilmente l'opera essendo unitariamente utente/vittima magari in momenti diversi). Questo punto di vista sotto l'aspetto teorico è riconducibile ai filoni dell'epistemologia che riproblematizzano il metodo cartesiano della scomposizione di un problema (di difficile comprensione e soluzione) in parti più facilmente aggredibili e risolvibili, per poi risalire alla soluzione ricercata attraverso la sommatoria delle singole sotto-soluzioni trovate; ovvero la pratica che

come ha bene argomentato Heinz von Foerster, è stata regolata dall'ipotesi che, una volta compiuto l'opportuno rituale di laboratorio, la massima parte dell'universo non conti più per lo studio del sistema in questione. [...] La scienza classica ha esplorato la possibilità di avvicinarsi a questo punto di vista ideale in molti domini dell'universo: anzitutto la dinamica celeste, ma anche l'acustica, la dinamica dei fluidi, l'idrodinamica<sup>3</sup>.

Questo approccio che ripropone la questione chiave della complessità si riverbera ormai nel senso comune: ad esempio, in medicina è entrata persino nella vulgata più popolare e a-specialistica l'idea che non si mantiene né si cura una patologia aggredendo le morbilità una ad una, separatamente ignorando la "logica di sistema" dell'individuo (di ciascun individuo); analogamente si può ricordare che fin dagli anni '70 il Club di Roma di Aurelio Peccei ci ha reso edotti dei "limiti dello sviluppo", ovvero della impossibilità "scientifica" di reggere le contraddizioni di un modello di sviluppo che si proponga di perseguire e consolidare tutto lo sviluppo possibile e tutti gli sviluppi possibili: così facendo entra in crisi (di logica, di sistema) perché la gestione degli equilibri e l'assunzione dei limiti (come intrinseci fattori fondamentali dell'equilibrio) è ineludibile.

Nel tema della strada (autostrada) questo equilibrio fra ottimizzazione di ogni singola parte e perseguitamento di uno standard percepito-complessivo è quanto mai importante, difficile e complesso, sia sul piano dell'analisi, della metodologia valutativa che dello sviluppo di linee di azione operative.

In altre parole si può richiamare a tal proposito il "principio di Ashby", o legge "della molteplicità necessaria", stando alla quale, come ci ricorda Gianfranco Dioguardi nel suo libro *Al di là del disordine*,

un sistema controllante deve poter comprendere (e, quindi, possedere nella sua intelligenza) una varietà di situazioni quanto meno uguale e mai inferiore alla varietà manifestata dal sistema controllato. In caso contrario non sarà in grado di comprendere la complessità del sistema e quindi non potrà di fatto controllarlo adeguatamente<sup>4</sup>.

#### *Un approccio gradualista al mercato*

Il punto di vista relativistico-interpretativo non riguarda solo il dato percettivo dei fenomeni sensoriali che interessano il rapporto uomo-veicolo-infrastruttura-paesaggio, ma anche il complesso sistema di relazioni con il mercato: cosa viene prodotto, cosa viene acquistato, cosa viene installato e come si stratificano le risultanze di questi processi.

Se si sposa la logica di ottimizzazioni parziali quali strumenti per il conseguimento dell'obiettivo della qualità globale, chi si occupa, ad esempio, di barriere antirumore, non può che cercare di studiare la "migliore" delle barriere antirumore possibili (non ancora sul mercato) per dare il suo contributo (settoriale) al conseguimento di questo obiettivo (la qualità globale).

Se invece l'approccio è quello che qui viene proposto, non diventa più così importante contribuire a sfornare un nuovo componente (fra i tanti) nell'illusione obiettivo che sia (infine) quello risolutore perché dà finalmente "la" risposta ai problemi dell'utenza, sbagliando nel contempo, ovviamente, la concorrenza in termini di qualità - prezzo (perché se così non fosse ed il prodotto non avesse requisiti di successo commerciale non potrebbe neppure esplicare le sue potenzialità sociali).

Il centro dell'attenzione si sposta sulle logiche migliorative finalizzate agli obiettivi della domanda, ma al contempo introducibili a partire dagli standard dell'offerta disponibile.

Sembra cioè interessante "interpretare" il mercato, cogliere le tendenze, le linee di consolidamento più condivise ed agire "ermeneuticamente" prospettando l'evoluzione di filoni ritenuti a vario titolo particolarmente significativi in una logica gradualista.

Per testare in modo significativo questa logica operativa, si è concentrata l'attenzione in particolare sulle tipologie di barriere antirumore che presentano un più elevato grado di artificialità e di decontestualizzazione rispetto al paesaggio naturale e/o antropico: il filone dei "pannelli metallici" perché offrono l'occasione per un ragionamento "al limite", privo di quelle "naturalità" più o meno veritieri che in tanti casi adombrano ambigamente qualche inserimento vocazionalmente mimetico della barriera che cerca di non caratterizzarsi più come tale per proporsi invece come natura, semi-natura o suo surrogato.

### *La metodologia*

Per gestire un percorso progettuale di un qualsiasi oggetto o servizio è necessario seguire una metodologia che ci permetta di ricercare, organizzare ed analizzare le informazioni necessarie al suo sviluppo, partendo dalla definizione di uno scenario, configurando i confini nei quali il progetto si svilupperà, fino ad arrivare alla proposta di differenti soluzioni ai problemi posti, per giungere al progetto.

Affrontando questo percorso ci si dovrà inevitabilmente confrontare con concetti come lo scenario nel quale si opera, le tecnologie a disposizione, i componenti necessari, la percezione che i diversi attori coinvolti hanno ed avranno delle problematiche emergenti e delle soluzioni proposte dal progettista.

La metodologia seguita per lo sviluppo del lavoro può essere riassunta in un percorso che attraversa quattro tappe, caratterizzate da momenti in cui l'orizzonte osservato si espande e momenti di verifica, nei quali l'attenzione si focalizza su argomenti specifici, esplicitando delle scelte.

La prima operazione è quella relativa all'individuazione di un ambito di lavoro, dove si definisce lo scenario nel quale ci si muoverà.

Individuato l'ambito si passerà attraverso una fase di ricerca delle informazioni ritenute necessarie alla conoscenza dell'argomento, concentrando l'attenzione sui componenti formanti l'insieme dello scenario, sulle tecnologie in uso o utilizzabili e sulla percezione dell'oggetto del nostro lavoro.

La scelta e l'organizzazione degli obiettivi che vorremo raggiungere, e quindi la definizione dei "new concepts" che il progetto dovrebbe soddisfare, è la fase che influenzera maggiormente lo sviluppo progettuale.

Il progetto è l'ultima fase del lavoro, nella quale si cercherà di raggiungere gli obiettivi dati, individuando diverse soluzioni ai singoli problemi, con un continuo alternarsi di proposte, valutazioni e verifiche, per giungere alla soluzione ritenuta ottimale.

### *L'ambito*

L'ambito all'interno del quale si sviluppa la ricerca è il sistema strada, attualmente caratterizzato da un insieme complesso di parti e componenti.

Particolarità di questo sistema è la diversa percezione che ne ha l'osservatore a seconda che si trovi in movimento sulla strada o all'esterno di essa.

Particolare rilevanza assume il bordo strada quale parte maggiormente interessata dai molteplici componenti necessari alla circolazione veicolare e alla separazione tra l'ambiente esterno e quello interno.

Fotografando la situazione attuale si rileva come, per diverse ragioni, quasi sempre le parti che compongono il bordo strada coabitano in modo indipendente, rimanendo distinte le une dalle altre e svolgendo ciascuna la propria funzione in modo separato.

### *La ricerca*

Il primo approccio per approfondire e conoscere l'ambito individuato è stato quello della ricerca delle parti componenti il bordo strada che sono state suddivise in componenti continui e discontinui in base alla loro distribuzione lungo il tracciato.

I dati sono stati raccolti attraverso l'analisi delle norme, l'osservazione diretta di casi reali, dei prodotti disponibili sul mercato e richiedendo informazioni ad operatori del settore.

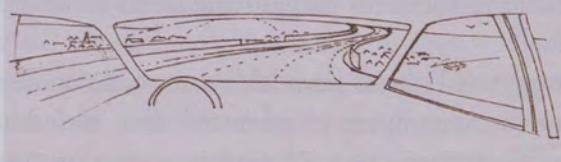
Sono state qualitativamente analizzate le proprietà di resistenza ed assorbimento agli urti delle differenti tipologie di barriere stradali, con particolare attenzione alle aree sicure retrostanti.

Dalla normativa si sono individuati i carichi che agiscono sulle barriere antirumore come: l'azione del vento, la pressione dinamica del traffico veicolare, il carico neve dinamico e statico, ed il peso proprio degli elementi acustici.



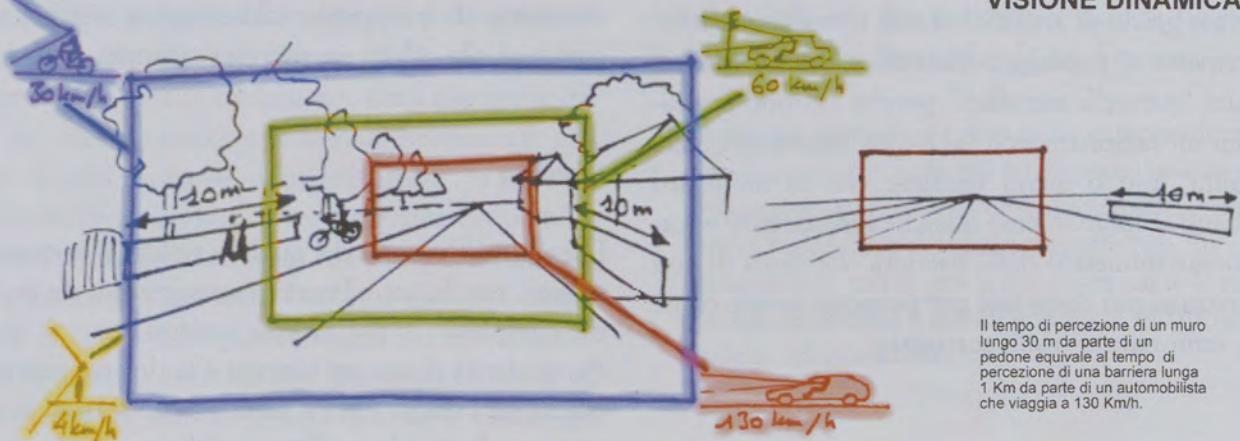
## PERCEZIONE DELL'AMBIENTE INTERNO

SITAV

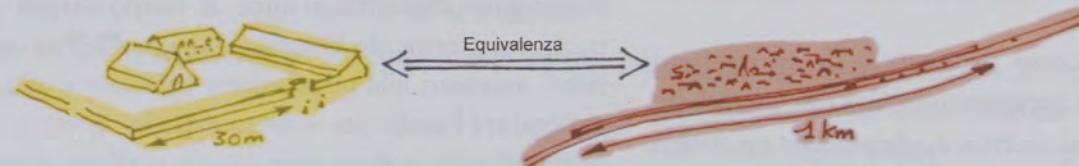


Attraverso il parabrezza ed i vetri laterali, il paesaggio percepito è uno spettacolo dinamico, la nozione di velocità si traduce simultaneamente in una riduzione del campo visivo del conducente che si concentra sullo spazio più lontano ed nello sfilare rapido dei bordi della strada che l'occhio non riesce a fissare.

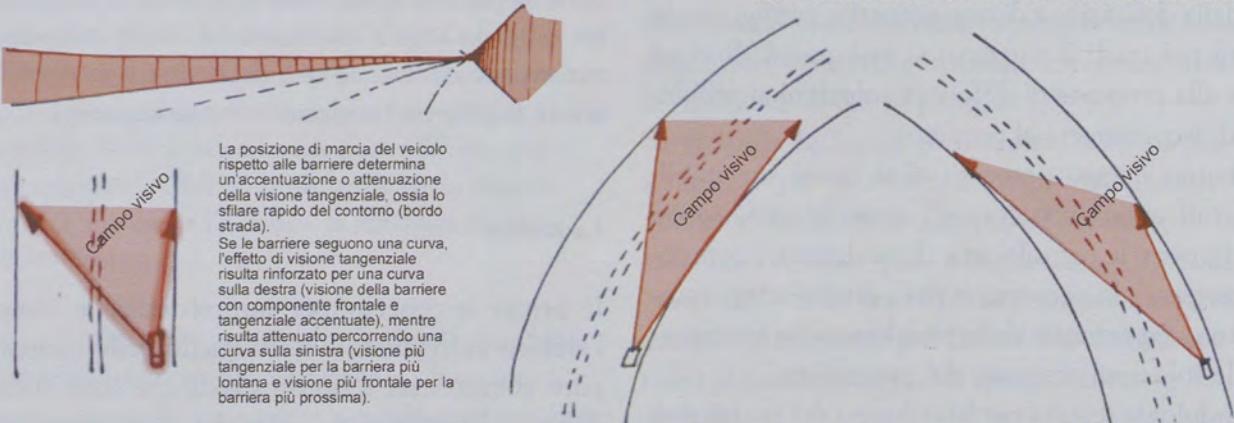
### VISIONE DINAMICA



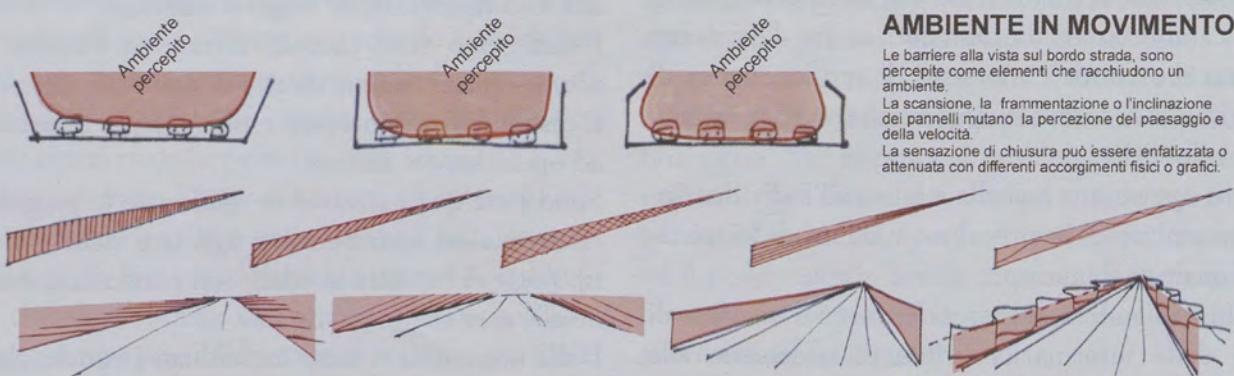
Il tempo di percezione di un muro lungo 30 m da parte di un pedone equivale al tempo di percezione di una barriera lunga 1 Km da parte di un automobilista che viaggia a 130 Km/h.



### VISIONE FRONTALE E TANGENZIALE



La posizione di marcia del veicolo rispetto alle barriere determina un'accentuazione o attenuazione della visione tangenziale, ossia lo sfilare rapido del contorno (bordo strada). Se le barriere seguono una curva, l'effetto di visione tangenziale risulta rinforzato per una curva sulla destra (visione della barriera con componente frontale e tangenziale accentuate), mentre risulta attenuato percorrendo una curva sulla sinistra (visione più tangenziale per la barriera più lontana e visione più frontale per la barriera più prossima).



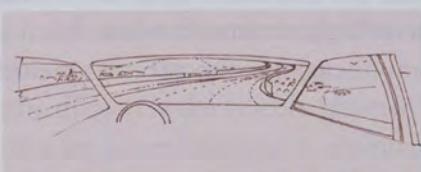
### AMBIENTE IN MOVIMENTO

Le barriere alla vista sul bordo strada, sono percepite come elementi che racchiudono un ambiente. La scissione, la frammentazione o l'inclinazione dei pannelli mutano la percezione del paesaggio e della velocità. La sensazione di chiusura può essere enfatizzata o attenuata con differenti accorgimenti fisici o grafici.

Figura 6. Proposte di interpretazioni percettive dell'oggetto barriera antirumore. Da: Association des Societes Francaises d'Autoroutes, Esthétique des écrans antibruit, Paris 1988.



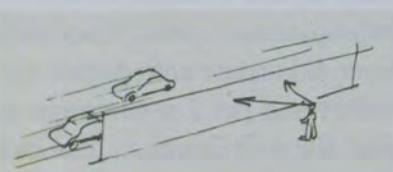
## ESEMPI DEL RAPPORTO FRA PAESAGGIO E BARRIERE ANTIRUMORE SITAV



Le barriere antirumore hanno mediamente lunghezze che variano da un minimo di 300 m ad oltre 1 Km.

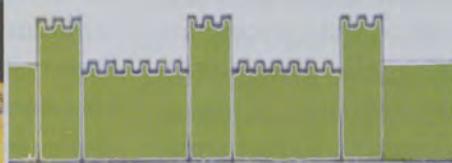
Queste modificano quindi anche il paesaggio oltre che la percezione degli ambienti limitrofi alle barriere stesse, siano interni o esterni alla strada.

Esistono diverse possibilità di relazione fra paesaggio e barriere.



Se lo schermo antirumore viene interpretato come muro separatore, questo può riprendere elementi e caratteristiche tipiche dell'ambiente, oppure diventare esso stesso paesaggio.

Nel caso in cui lo schermo perda le caratteristiche di barriera fisica non esistono più differenze fra elementi antirumore e paesaggio.



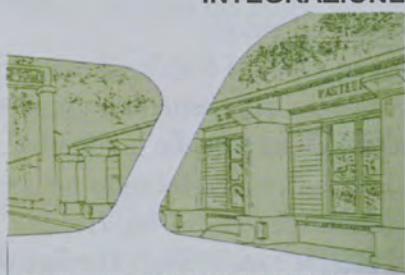
Relazione fra caratteristiche e presistenza dell'ambiente e intervento acustico.

### SIMULAZIONE



Volontà di mantenere continuità in presenza di un paesaggio che diviene sempre più frammentario e disomogeneo.  
Interventi di questo genere mascherano il confine tra l'ambiente interno e quello esterno attraverso l'interposizione di una quinta.

### RICOSTRUZIONE



Il bordo strada diviene elemento di integrazione di molteplici funzioni e zona di transizione fra due ambienti.  
La barriera antirumore è il componente fisico che determina l'aspetto della nuova area.

### INTEGRAZIONE

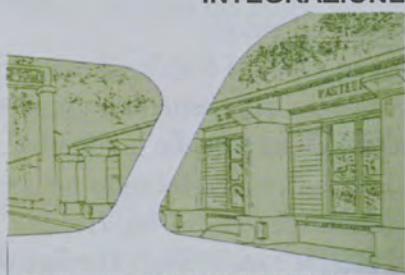


Figura 7. Proposte di interpretazioni percettive dell'oggetto barriera antirumore. Da: Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes, Esthétique des écrans antibruit, Paris 1988.

Tramite il reperimento di informazioni presso i produttori si sono classificate le più diffuse tipologie di barriere antirumore attualmente utilizzate, caratterizzate dall'impiego di materiali diversi.

Si sono schematizzati i principi acustici utilizzati nelle applicazioni di barriere antirumore e le possibili tipologie di intervento per il risanamento acustico.

La raccolta di informazioni tramite colloqui con operatori del settore ha permesso di comprendere alcune delle problematiche che intervengono nella fase di installazione dei componenti sulle strade, per la soluzione di problemi relativi all'installazione in casi particolari di barriere antirumore si rendono indispensabili alcuni accorgimenti atti a risolvere l'interfaccia con componenti del sistema strada, che possono essere preesistenti su tratta "storica" o necessari nel caso di sede stradale nuova o predisposta.

Per meglio comprendere l'uso delle tecnologie e dei materiali disponibili sul mercato è stato necessario analizzare come questi siano stati applicati negli interventi di bonifica acustica, sono stati presi in esame alcuni casi di bordo strada realizzati, tutti con barriere acustiche installate, procedendo all'osservazione diretta o attraverso la ricerca di documentazione, al fine di compilare delle schede confrontabili, per meglio comprendere le differenze esistenti, focalizzando l'attenzione sul funzionamento acustico dei dispositivi installati, sui componenti presenti e sull'aspetto finale degli interventi.

### *L'interpretazione percettiva*

Assumere il dato percettivo, che relativizza l'assoluzza dei dati di laboratorio, come discriminante rispetto all'oggettività delle rilevazioni strumentali rimanda alla questione metodologica della acquisizione e trattazione della dimensione soggettiva (un individuo/tanti individui).

Nel caso specifico si è scelto il metodo di oggettivare quanto emerge dalla esperienza soggettiva, seguendo un modello affine a quello utilizzato dall'équipe olandese - internazionale Mecanoo nella ricerca *Holland Avenue Research Road Atlas; Holland Avenue Design Road Atlas. De Leuke Weg (The Fun Road)*, commissionata dalla Direzione Generale dei Lavori Pubblici e Gestione delle Acque olandese, che ha presentato le sue risultanze alla 1a Biennale di Architettura della Mobilità a Rotterdam nel luglio 2003.

La risultante non è, ovviamente, (non può essere) un dato indiscutibile, ma un criterio per affrontare la

natura (percettiva) dei problemi mettendo in primo piano il tema della "interpretazione" delle esperienze (singole, di gruppo, ecc.).

In altre parole ciò che viene proposto è una sorta di ermeneutica della percezione stradale di cui viene fornita un' esemplificazione dimostrativo-metodologica.

### *La percezione della barriera antirumore*

Sono state raccolte informazioni sulle differenze che caratterizzano la visione in relazione alla strada.

Avendo come punto di partenza le caratteristiche percettive che osservatori situati in diverse posizioni hanno dell'ambiente stradale e dei suoi confini, si sono individuati alcuni elementi fondamentali su cui agire al fine di meglio gestire le relazioni utente-oggetto.

Sono inoltre state proposte delle interpretazioni del rapporto percettivo in funzione della posizione dell'osservatore.

La percezione dall'esterno rappresenta il problema fondamentale dell'inserimento dell'infrastruttura nell'ambiente, in quanto determina in ogni caso un confine e porta con sé componenti inquinanti di tipo visivo, acustico ed ambientale.

L'adozione di una barriera antirumore al fine di ridurre l'inquinamento acustico determina un aumento della percezione di confine.

È forse possibile suddividere in tre grandi famiglie le modalità attraverso cui interpretare questo limite: il muro opaco o trasparente, la finestra che si affaccia sulla strada e l'interruzione reale o semplicemente visiva del confine.

La percezione dell'ambiente interno è condizionata dalle finestre del mezzo e dal movimento.

Attraverso il parabrezza ed i vetri laterali, il paesaggio percepito dall'automobilista è uno spettacolo dinamico.

La nozione di velocità si traduce simultaneamente in una riduzione del campo visivo del conducente che si concentra sullo spazio più lontano e nello sfilaro rapido dei bordi della strada che l'occhio non riesce a fissare.

Per questo motivo il bordo non viene percepito nei suoi dettagli, ma come un ambiente che racchiude la strada senza una distinzione degli elementi costitutivi.

È interessante notare che il tempo di percezione di un muro lungo 30 metri da parte di un pedone equivale al tempo di percezione di una barriera lunga 1 chilometro da parte di un automobilista che viaggia a 130 Km/h.

L'ambiente che viene percepito varia a seconda che le barriere visive siano presenti su un solo lato della strada o su entrambi, che il percorso della strada abbia un andamento rettilineo o curvilineo e a seconda della posizione e del senso di marcia del veicolo rispetto alle barriere.

La posizione di marcia del veicolo rispetto alle barriere determina un'accentuazione o attenuazione della visione tangenziale, ossia lo sfilaro rapido del contorno (bordo strada).

Se le barriere seguono una curva, l'effetto di visione tangenziale risulta rinforzato per una curva sulla destra (visione della barriera con componente frontale e tangenziale accentuate), mentre risulta attenuato percorrendo una curva sulla sinistra (visione più tangenziale per la barriera più lontana e visione più frontale per la barriera più prossima).

Da queste osservazioni deriva la necessità di analizzare come viene percepita una barriera in entrambi i sensi di marcia.

Se esistono delle barriere alla vista sul bordo strada, siano esse terrapieni, vegetazione, muri di sostegno o barriere acustiche, l'automobilista tende a percepirlle come continue, elementi che racchiudono un ambiente. La sensazione di chiusura può essere enfatizzata o attenuata con differenti accorgimenti fisici o grafici. La scansione, la frammentazione o l'inclinazione dei pannelli mutano la percezione del paesaggio e della velocità.

L'inserimento di una barriera antirumore non comporta solo una trasformazione locale ma interviene direttamente sul paesaggio.

La trasformazione del paesaggio viene percepita sia dall'automobilista che dall'osservatore posto all'esterno della strada.

Quando gli interventi sono limitati, come nel caso di adozione puntuale di barriera antirumore per bonificare un'area ristretta, aumenta il rischio di perdere il controllo sulle interazioni che si creano tra l'opera in oggetto ed il territorio.

Focalizzando l'attenzione sul particolare si tende a perdere la visione dell'insieme.

Spesso allora il parametro per giudicare la bontà dell'inserimento ambientale diviene l'intrinseca qualità dei prodotti utilizzati, che seppur necessaria non è certamente sufficiente a garantire la riuscita dell'operazione.

Dalle osservazioni sulle caratteristiche percettive, in relazione al tema in analisi, emerge come cruciale la problematica del trattamento della zona di confine tra territorio ed infrastruttura.

Si è ritenuto necessario un approfondimento su questo tema.

Il punto di partenza è stato quello di immaginare i bordi lineari come architetture, e quindi operare una sostituzione delle "pelli" della strada con quelle di edifici che poco o nulla hanno a che fare con le infrastrutture lineari, analizzando i risultati nella duplice ottica dell'utente della strada e di quello esterno ad essa.

Si sono compiute delle simulazioni prendendo in considerazione tessiture superficiali a dominante verticale, orizzontale, casuale e superfici con matrici a griglia.

### *L'essenza di una visione sistemica*

Osservate le analisi relative alle informazioni raccolte, è emerso come non ci si possa chiudere all'interno dell'orizzonte tipologico delle "barriera antirumore", ma si postula ed ipotizza una logica di sistema che, partendo dall'esistente (razionalizzato), guardi ad un orizzonte più ampio e delinei un *modus operandi* per superare la prassi cumulativa odierna: guardrail + barriera antirumore + segnaletica + informazione + illuminazione, ecc.; occorre pensare ad un sistema integrato/integrabile che si proponga come tendenziale linea evolutiva a partire dai vincoli e dagli oggetti presenti sul mercato.

Si è giunti ad inquadrare l'obiettivo verso cui tendere, ipotizzando la necessità di immaginare un sistema organizzante i componenti del bordo strada che sia il più aperto possibile, al fine di permettere al progettista una grande libertà nell'affrontare le problematiche dell'inserimento dell'oggetto nell'ambiente, il mantenimento delle prestazioni acustiche dei dispositivi, l'uso di un'unica struttura di sostegno per più componenti e un corretto controllo dei costi.

### *Linee di progetto*

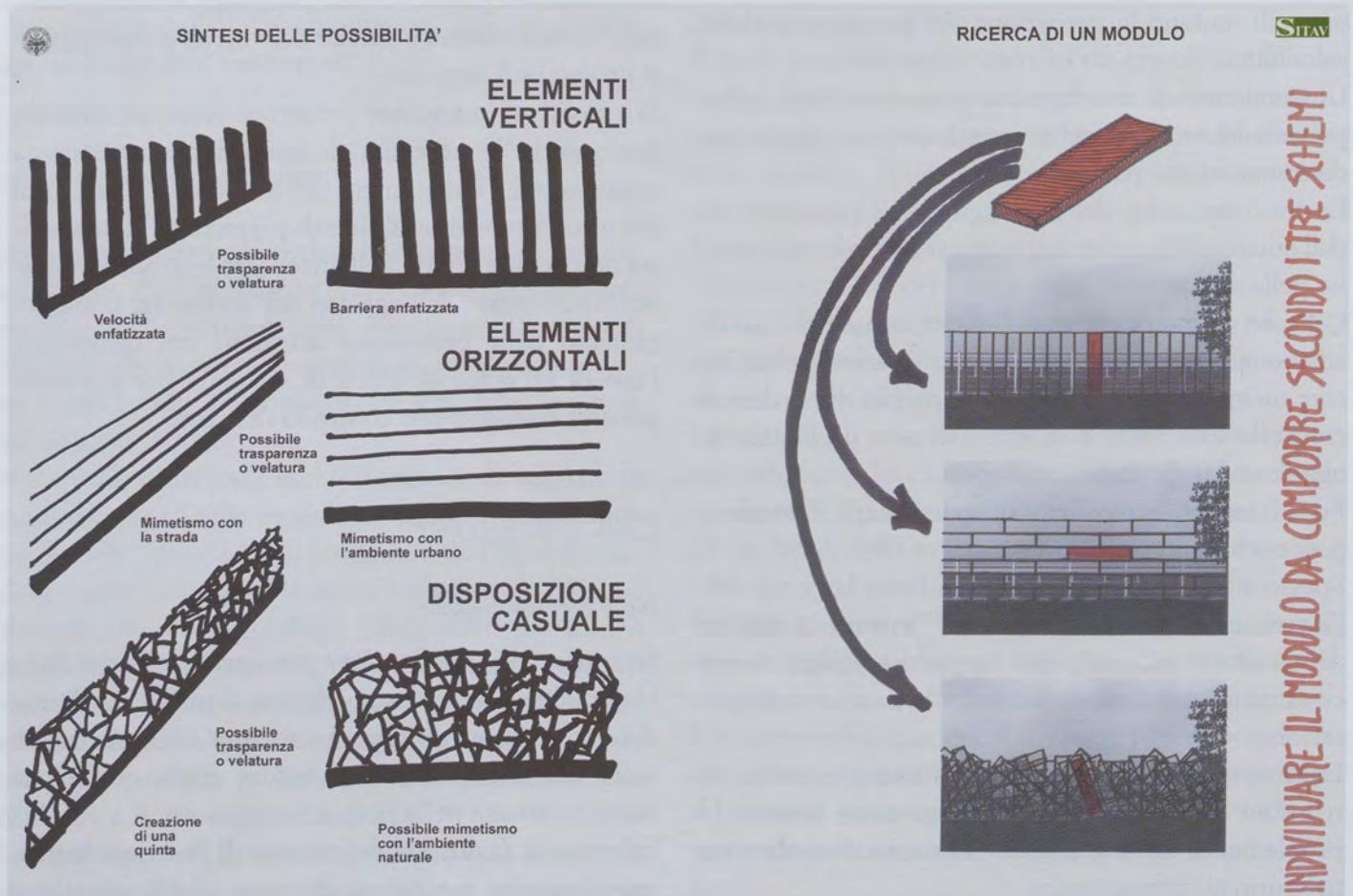
#### *Note terminologiche*

Se è vero che *nomina sunt consequentia rerum* dobbiamo chiederci se si può eludere il problema di una denominazione conseguente ad una *res* così diversa nella sua impostazione di fondo, quale quella che viene ipotizzata nella ricerca.

Infatti se si analizza la definizione di "barriera antirumore" emerge il carattere difensivo che l'espressione



Figura 8. La definizione degli obiettivi.



*Figura 10. Oggetto proposto, a partire dai risultati della ricerca, al fine di simulare un possibile caso di intervento.*

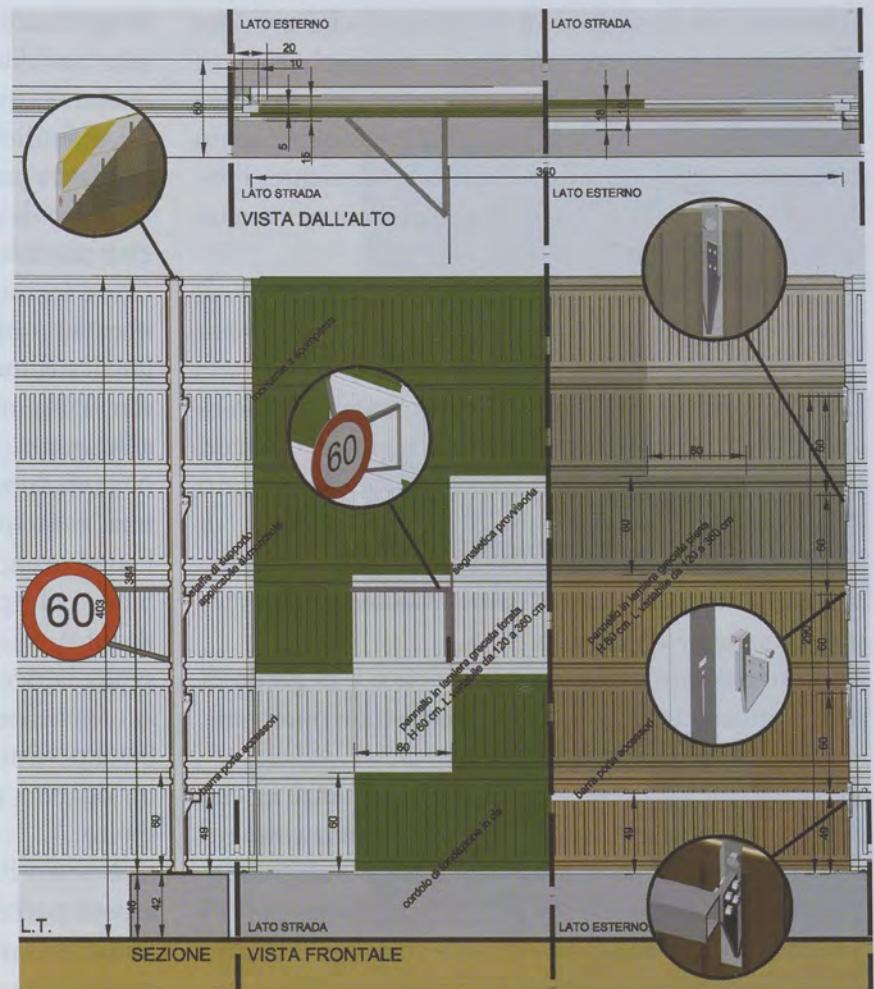
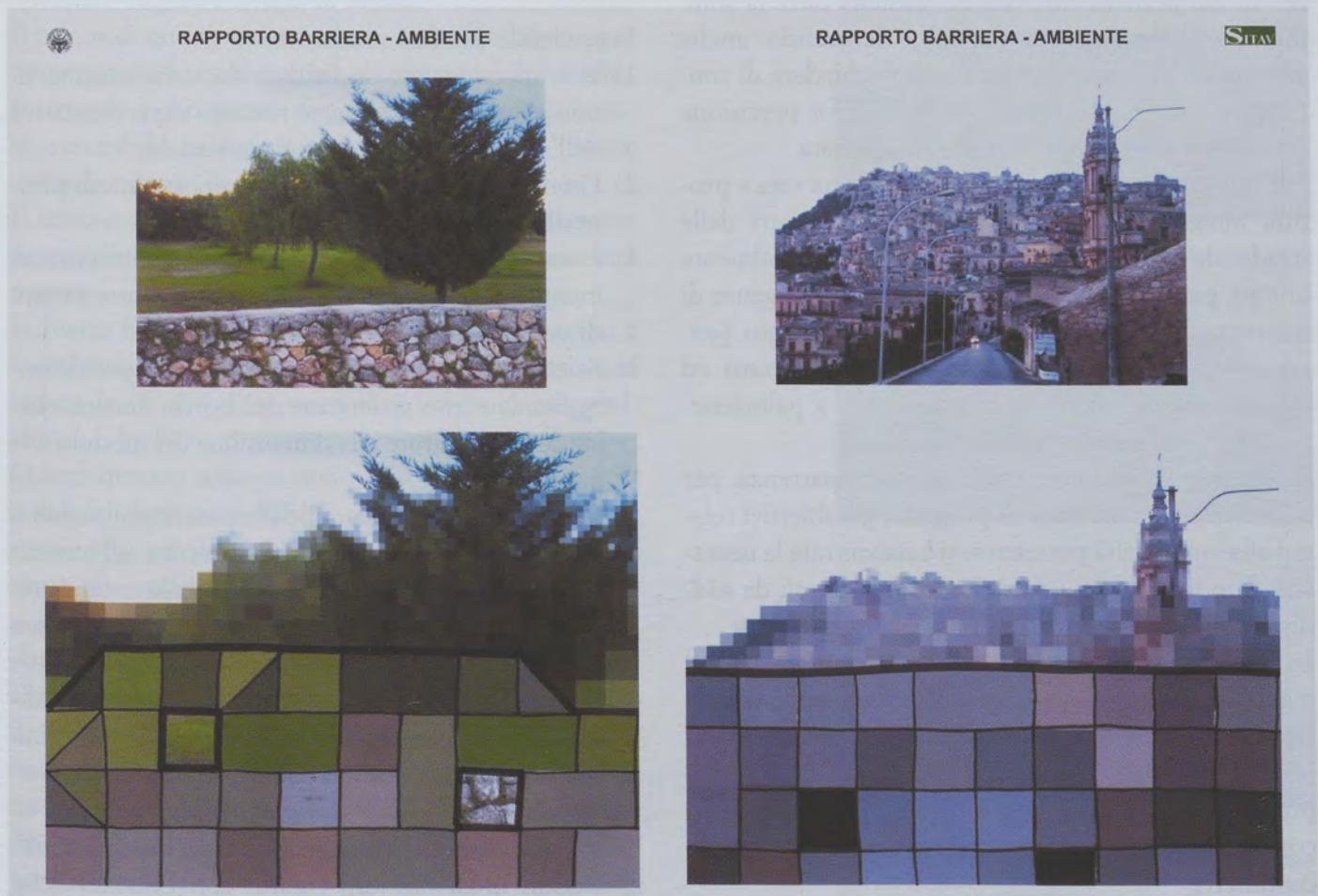


Figura 11. Esempio di possibile integrazione con il paesaggio attraverso l'uso di moduli con variazioni cromatiche.



sottende con la somma di tre termini che evocano qualcosa di ostile: soprattutto il “rumore”, che nel senso comune è la versione percettivamente negativa del suono e la “barriera” che indica “sbarramento blocco”, mentre il prefisso *anti-* è ambivalente: l’etimologia greca indica “contro” e quella latina evoca un più neutro “davanti, prima”.

Questa ambivalenza è istruttivamente evocativa di due possibili diverse strategie per attivare interventi “*anti-*” rumore.

La prima, che potremmo definire ispirata dall’etimologia greca, si propone un’ottica “curativa” *ex-post*, combattendo gli effetti attraverso logiche di contrasto delle negatività (sonore) in essere; la seconda, di matrice lessicale latina, delinea invece un approccio preventivo, suggerendo la previsione *ante* il manifestarsi conclamato dei problemi.

L’esperienza insegna che quando non si è in grado di agire (latinamente) *ante* si è poi costretti ad intervenire contro, cioè *anti* (alla greca).

Dove l’azione preventiva (affidata alle distanze fisiche garantite in sede di progetto preliminare, alla configurazione pianoaltimetrica e al rapporto territoriale-urbanistico fra infrastrutture e aree antropizzate in cui risiedono i ricettori sensibili) non è (o non è più) praticabile, si pone la questione dell’intervento “riparatore” di cui però va ritrovata l’organicità oltre la sommatoria delle risposte parziali, ricorrendo anche all’ausilio del linguaggio a cui si può chiedere di contribuire a mettere a fuoco con la maggior precisione possibile il senso della strategia prospettata.

Nel nostro caso prende corpo l’idea di una vera e propria integrazione percettiva dei bordi lineari delle strade, da trattare secondo progetti vocazionalmente unitari, per rispondere insieme a differenti esigenze di sicurezza, comfort, gradevolezza e inserimento paesaggistico, partendo dall’esistente razionalizzato ed evolutivamente orientato, senza pensare a palingenetici interventi risolutori.

Scegliendo di assumere come punto di partenza, per la definizione delle linee di progetto, gli obiettivi relativi alla modularità percettiva, si è riscontrata la necessità di individuare un modulo (o moduli) tali da soddisfare le richieste in essi espresse.

In base, alle riflessioni compiute a posteriori sul materiale raccolto e le osservazioni fatte nella fase di ricerca, ed in parte anche per uniformità con le misure dei pannelli antirumore attualmente forniti dai produttori, si è ipotizzato di utilizzare un elemento con modularità basata sulla dimensione di sessanta centimetri.

Si ipotizza che il componente base possa essere realizzato in diversi colori, prevedendo, se necessario, anche l’uso di materiali e di spessori differenti

La definizione delle linee di progetto si è quindi sviluppata a partire dalla necessità di utilizzare il modulo in grado di garantire le tre differenti tessiture superficiali precedentemente individuate dagli obiettivi. Considerando questa necessità come un vincolo, si è operato proponendo, di volta in volta, diverse tipologie di struttura portante, ri-aggregando attorno a questa i componenti ritenuti utili per dare completezza all’oggetto.

Nello sviluppo delle linee di progetto si sono considerate principalmente le tecnologie che attualmente hanno maggior affinità con quelle a disposizione della Sitav s.r.l. (pannelli acustici in lamiera e strutture in acciaio), azienda in collaborazione con la quale è stata svolta la ricerca.

A conclusione dello sviluppo delle linee di progetto si è voluto simulare un possibile caso di intervento con un oggetto definito a partire dai risultati del lavoro svolto.

Si è posto l’accento sulla possibilità di governare gli aspetti percettivi attraverso l’uso del colore, indicando ad esempio un metodo per il progetto del trattamento superficiale.

Procedendo per fasi successive:

- 1) si è incominciato individuando un’immagine di una porzione di paesaggio ritenuta rappresentativa dell’ambiente del quale si ha la visuale;
- 2) l’immagine ottenuta è stata scomposta in campiture di colore;
- 3) è stata scelta un’area dell’immagine, precedentemente trattata, dove sia presente una forte varietà di colorazione;
- 4) l’area scelta è stata utilizzata come base per definire l’andamento cromatico del bordo lineare, scalando le campiture alla dimensione del modulo utilizzato;
- 5) per ridurre la gamma delle sfumature utilizzabili è stato necessario compiere una scelta all’interno della rosa cromatica individuata dalle campiture, precedentemente ottenute (sono sufficienti da 6 a 8 colori a seconda della base di partenza);
- 6) la ri-associazione dei colori, individuati secondo uno schema per linee orizzontali, ha dato origine alla ri-composizione del paesaggio.

La scomposizione della superficie dei “bordi lineari” in moduli di dimensioni ridotte con caratteristiche

variabili, permette di ampliare le possibilità del progettista, che potrà intervenire scegliendo di dissimulare o evidenziare il sistema in progetto, oppure inserire in esso nuovi contenuti funzionali o informativi.

Attraverso il metodo illustrato si fornisce uno strumento in grado di facilitare il progetto del rapporto tra bordo lineare dell'infrastruttura ed il paesaggio sia alla grande scala che alla scala ridotta.

La modularità dell'elemento base ipotizzato, permette inoltre, di introdurre contenuti informativi relativi alla sicurezza della circolazione veicolare, infatti utilizzando un'alternanza bicroma, si può creare una segnaletica inconscia che a seconda della sua disposizione indichi il pericolo sopravvengente, in atto o cessato.

### Conclusione

#### *Cenni per una fenomenologia percettiva del rumore stradale*

La riflessione fenomenologica sul "rumore stradale" parte dalla discussione di assiomi apoditticamente accettati dalla pubblica opinione e che, in quanto tali, divengono senso comune supportato da una cultura settoriale vulgata a livello di massa.

Il primo di questi assiomi, il più inconfutabile (apparentemente), è che il rumore sia sinonimo di fastidio. Il secondo è che questo disagio sia inequivocabilmente misurabile in termini scientifici secondo idonee unità di misura (decibel).

Il terzo è che il disagio (qualitativo) sia direttamente proporzionale al livello (quantitativo) delle emissioni sonore.

Il quarto è che questo disagio sonoro sia più acuto e inaccettabile di altri disagi che coinvolgono altri sensi (ad es. la vista) e altre sensibilità (ad es. paesaggistiche).

Questi quattro assiomi sono così "oggettivi" e così condivisi che è assai difficile confutarne l'apoditticità, specie se si considera che alla base della loro condivisione c'è proprio l'oggettivazione scientifica di innumerevoli rilevazioni che, sperimentalmente, convalidano tale percezione del problema.

Partiamo dunque dal primo presupposto secondo cui il rumore è sinonimo di fastidio.

Se così fosse l'obiettivo massimo da perseguire sarebbe il silenzio inteso come assenza di rumori, ovvero assenza di fastidio. L'esperienza ci dice che non è così, perché da un lato il silenzio può essere più incomben-

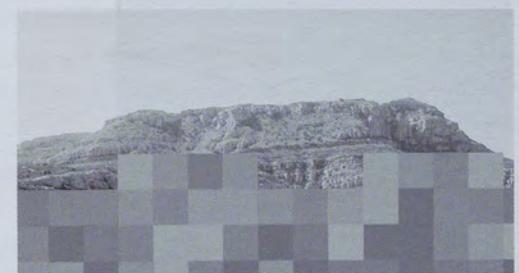
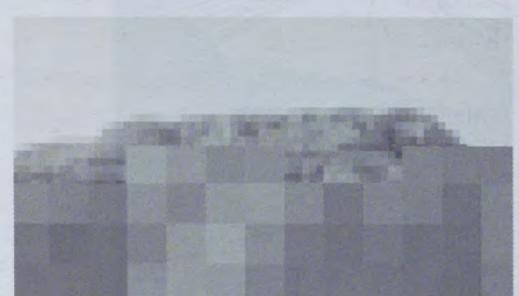
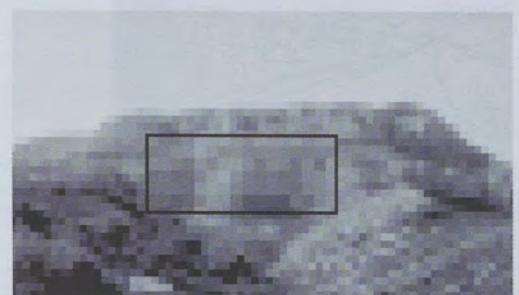


Figura 12. Illustrazione del metodo per il progetto del trattamento superficiale.

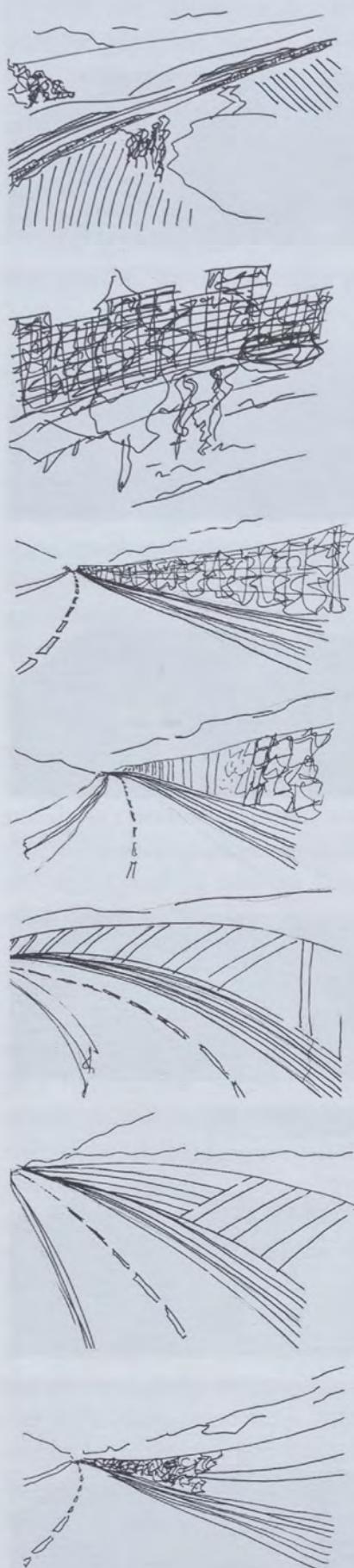


Figura 13a. Simulazione di applicazioni a casi reali.

te e psicologicamente devastante e dall'altro c'è rumore e rumore le cui connotazioni percettive variano non solo in funzione dell'intensità sonora delle emissioni ma dalla qualità "culturale" del ricettore.

Una parte non trascurabile della musica colta moderna e contemporanea d'avanguardia, ad esempio, ha allargato ai "rumori" l'ambito creativo della composizione sinfonica, cameristica e senza aggettivi. Un nome per tutti: John Cage (1912-1992), il compositore, ricercatore di nuove possibilità sonore, con ogni probabilità più controverso e più influente della musica del secondo dopoguerra (il suo *Imaginary Landscape no. 1* del 1939 fu il primo pezzo di musica elettronica dal vivo - anche se l'elettronica in questo caso era costituita da un giradischi a velocità variabile, che suonava dischi-test del tipo usato dalle stazioni radio).

D'altra parte l'esperienza ci dice che basta una barriera antropologica ed un rifiuto culturale per percepire come "rumore" ciò che altri modelli etnico-percettivi qualificano, gustano e apprezzano come suoni (suoni piacevoli).

Quanto jazz, quanto rock, quanto punk, e quante sonorità "extraeuropee" sono state bollate come insopportabile e caotico "rumore" da fruitori repulsivi per rifiuto interpretativo, per insofferenza ad ascoltare senza griglie interpretative pre-costituite sulla base di un gusto consolidato, per barriere generazionali e, in definitiva per ragioni culturali che con i decibel nulla avevano a che fare.

Anzi nella vulgata conformistica dei valori sonori c'è una corposa anedottica che esalta l'acuto tenore e il "do di petto" che incrina il vetro dei lampadari con la sua "insopportabile" acutezza che raggiunge l'apice (traumatico) della qualità, massimamente apprezzabile, alle soglie del dolore che fa tutt'uno con l'eccellenza irraggiungibile dell'exploit magistrale.

Un analogo effetto sonoro, comparabile quantitativamente se trasferito dal melodramma operistico all'ambito trasportistico con le trombe di un tir, ribalta l'aspetto percettivo: l'incrinitura (reale o metaforica) dei cristalli da eccesso di sonorità cessa di essere prova di eccellenza per diventare scandalosa ed inaccettabile documentazione di disagio.

D'altra parte non è infrequente sentir decantare il "rumore del mare" o il "rumore del vento" o ancora il "rumore della città" come "voci" (del mare, del vento, della città) in un'accezione sicuramente positiva e poetica in cui prevale la qualità sulla quantità, nella valutazione sonora, ed è una qualità percettiva che prima ancora di essere uditiva, è evocativa: la

positività del giudizio non dipende (entro certi limiti, ovviamente, ben al di sotto della soglia del dolore) dalla entità delle emissioni sonore percepite ma dalla natura (culturale) della loro generazione e dalla sintonia (culturale) di chi ne valuta il significato, la gradevolezza e l'eventuale suggestione con i relativi rimandi di cui sono espressione.

Ad esempio il fascino di un luogo come St. Malo, emblematico della stessa Bretagna è, in gran parte anche un "fascino sonoro" fatto dell'ininterrotto "letto sonoro" degli stridii dei gabbiani mescolato al tintinnio delle sartie delle barche a vela ormeggiate. Non è musica, forse non si possono neppure chiamare suoni, ma di certo nessuno ha mai pensato di difendersi da quel "rumore di fondo" con qualsivoglia barriera antirumore, perché quel plafond acustico è immaginato, prima ancora che percepito, come lo spazio sonoro di quello spazio fisico-antropico, ovvero il suo "silenzio specifico" che non è "assenza di sonorità" ma congruenza tra ciò che è, e ciò che si pensa debba essere, fra fisicità misurabile (in decibel) e immaginario vissuto nella dimensione della cultura antropologica a livello sociale ed individuale.

Gli esempi che si potrebbero fare in questa direzione sono innumerevoli, ma l'essenza del ragionamento a cui rimandano è l'ineludibilità, nel momento percettivo, del dato culturale-interpretativo.

Questa visione del problema non porta ovviamente al paradosso per cui si potrebbe dire che basterebbe ascoltare la "voce dei camion" sull'autostrada sotto le finestre di casa con spirito contemplativo per gustarle come sonorità musicali. Non è certo così: i problemi ci sono e sono gravi. Ciò che si vuole sottolineare è che i problemi richiamati non sono solo "gravi" ma sono anche complicati, contraddittori, ma soprattutto complessi, e questa loro intrinseca complessità non è affrontabile solo con zonizzazioni sonore (pur dove rose), misurazioni di decibel (indispensabili) e introduzione di barriere protettive (spesso imposte), senza far entrare in gioco anche elementi soggettivi, interpretativi e culturali, assumibili per delineare le strategie di azione.

Infatti ogni questione puntiforme è sempre risolvibile con interventi mirati: il singolo disagio da rumore è certamente correggibile con l'interposizione difensiva di uno scudo fra la fonte ed il ricettore: però la somma di tante singolarità, se si accumulano oltre un certo valore critico, diventa ingestibile ed essa stessa si pone come un problema (d'altra parte si può ricordare, per analogia, che un eccesso di farmaci per curare un'affezione può dar luogo ad un'intossicazione da medicinali).



Figura 13b. Simulazione di applicazioni a casi reali.

Queste riflessioni non possono altresì ignorare il fatto che, nel più lungo periodo si potranno ipotizzare degli interventi importanti anche sulle fonti primarie del rumore stradale: i motori, l'aerodinamica, il rotolamento. L'innovazione tecnologica sulle auto è orientata a migliorare sempre più la performance dei componenti e dell'insieme in termini di comfort, consumi e sicurezza; molto di recente l'attenzione si è spostata sull'interazione uomo-macchina e soprattutto veicolo-infrastruttura (il tema è di attualità, dal momento che di questo si è parlato nel Workshop internazionale ATA: *Road Safety Perspectives: intelligent vehicles driving on intelligent roads*, tenutosi a Roma i giorni 21/22 aprile 2005).

È ragionevole pensare che da tale interazione possano scaturire rilevanti progressi nelle emissioni sonore dei tre tipi ricordati.

Se il processo dovesse accelerarsi così come già avviene per le emissioni dei gas di scarico e per i consumi (cruciali per la commercializzazione dei prodotti) potremmo trovarci tra pochi anni con selve di barriere antirumore depotenziate in parte di una reale funzione. Resterebbe sempre il disagio causato dal parco circolante pre-esistente, ma tendenzialmente il problema si orienterebbe verso una soluzione sottrattiva (meno cause), anziché aggiuntiva (più rimedi).

È essenziale, culturalmente, tenere viva questa opzione per evitare che il problema del rumore indotto dal traffico sia tenuto fuori dall'innovazione del veicolo (che cura l'insonorizzazione e il comfort interno) e delle infrastrutture (che privilegiano la sicurezza) scaricando l'onere della "silenziosità attesa" solo al trattamento protettivo dei bordi lineari della strada.

Lavoriamo pure per ricercare "il silenzio" con tutti gli artifici difensivi immaginabili, ma non dimentichiamo né la minimizzazione delle emissioni sonore alla fonte, né la contraddittorietà comportamentale che porta tanta gente ad invocare quel silenzio solo per popolarlo poi di suoni, voci e rumori (televisori, telefonini, radio, ecc) per riempire quello che viene percepito come un vuoto sonoro che inquieta.

L'indagine e le terapie facenti capo alla fisica tecnica sono essenziali per comprendere e governare scientificamente il "cos'è oggettivo" dei problemi del rumore: ciò che si vuole ribadire è l'esistenza di un parallelo mondo comportamentale, antropologico, culturale e, in definitiva, interpretativo.

Il conseguente problema teorico che si pone ogni volta si passa dalla sfera della misurazione scientifica a quella della descrizione e comprensione ermeneutica è il grado di arbitrarietà che l'interpretazione stes-

sa contiene e che è posto in capo, in definitiva, all'osservatore.

Spesso i correttivi vengono ricercati allargando il campione alla ricerca di un diverso grado di oggettività su base statistico-probablistica.

Se non sono solo io che "leggo un fenomeno" ma siamo tanti a farlo, e questi tanti sono scelti in modo da costituire un campione rappresentativo dell'universo sociale interessato (interessabile) al problema, allora si può ritenere di pervenire ad un sufficiente grado di conoscenza-comprensione considerabile come "oggettiva" in quanto universalistica (almeno vocazionalmente).

Questo procedimento tipico di molte scienze umane può essere un'utilissima integrazione del punto di vista fisico-tecnico delle scienze naturali e dell'ingegneria. Ma questo doppio approccio di base non toglie spazio, né validità al terzo tipo di investigazione tenuto nella ricerca, che si basa anche sulla lettura qualitativa individuale, su base percettiva da cui conseguono punti di vista culturali, linee propositive di approfondimento e proposte operative per linee di progetto (non per progetti definiti), oggettivate in una forma che consenta di stimarne l'attendibilità e la significatività.

Resta infine il quarto assioma per cui, nell'esperienza pratica, la "criticità" rumore sembra far premio, a livello di massa (delle collettività interessate) su altre criticità complementari o derivate: la gente che abita nei pressi di una grande arteria stradale sembra di gran lunga preferire una limitazione visiva e paesaggistica, pur di ridurre il disagio sonoro, e "guardare un muro" (di lamiera, di legno, di cemento, inerbato, ecc.) piuttosto che "sentire il traffico".

Questa è la constatazione di un fatto che sicuramente evidenzia il livello di insostenibilità del rumore a certe soglie di intensità, ma indica anche un'assuefazione alla "terapia delle barriere" di cui si percepisce e proclama la positività intrinseca, si sottovalutano invece le criticità connesse che, prima o poi, esploderanno quando la tutela sonora avrà generato tanti chilometri di murature fonoisolanti, per lo più componendo ininterrotti cataloghi merceologici, ed il loro impatto risulterà ineludibile (e allora forse inaccettabile).

Buoni motivi non sempre generano buoni risultati: ce lo insegna un pensatore come Paul Virilio quando osserva che, in nome della sicurezza, le città del mondo a poco a poco, e spesso senza che se ne abbia consapevolezza, si stanno trasformando da cosmopolis in claustro-polis, cioè in metropoli piene di barriere fisiche ed elettroniche (dai cancelli ai metal detectors, dai vigilantes alle telecamere, ecc.)<sup>5</sup>.

Forse le barriere antirumore rientrano anch'esse in questa tempesta culturale "difensiva" che immagina di affrontare ad uno ad uno i problemi che si pongono con singole soluzioni tecniche confondendo ciò che è complesso con ciò che è complicato.

Ma come ci insegna Gianni Zanarini

ciò che è complicato [...] può venire reso semplice; ciò che è complesso, invece, non può venire ricondotto agli elementi semplici che lo costituiscono senza che si perda, irrimediabilmente, qualcosa di essenziale. La parola complesso fa infatti riferimento all'incrocio, al tessuto. E il tessuto, pur essendo costituito di parti (i fili, la trama, l'ordito), possiede caratteristiche che le singole parti non hanno, e che solo limitatamente possono venire "spiegate" disfacendo l'intreccio<sup>6</sup>.

In definitiva il cuore del problema resta il rifiuto di ogni approccio semplicistico tenendo sempre viva la coscienza della complessità e della contraddittorietà dei processi e degli interventi che si mettono in atto, specie in un campo come quello del rumore, la cui fenomenologia è particolarmente complessa, con un discriminio molto labile fra positività e negatività, se è condivisibile la definizione base del vocabolario Treccani che dice, a proposito del rumore:

qualsiasi perturbazione sonora che, emergendo dal silenzio (o anche da altri suoni) dia luogo ad una sensazione acustica; [...] è quindi sinonimo di

suono, ma si usa soprattutto per suoni soggettivamente giudicati non musicali o che comunque riescano sgradevoli, fastidiosi, molesti o addirittura dannosi.

Ricerca svolta in collaborazione con SITAV s.r.l.  
Società Italiana Tecnologie Avanzate.

Tutore aziendale: dott. Filiberto Guala, direttore generale Isolpack s.p.a.

*Andrea Virano, Architetto, Dottore di ricerca in innovazione tecnologica per l'architettura e il disegno industriale.*

#### NOTE

<sup>1</sup> LOMBARDI SATRIANI, Luigi M., intervento al seminario: *100 occhi per 100 progetti*, Eidos, Roma 1989.

<sup>2</sup> Decreto Legge 13 agosto 1975, n. 376 convertito in Legge 16 ottobre 1975, n. 492, *Provvedimenti per il rilancio dell'economia riguardanti le esportazioni, l'edilizia e le opere pubbliche*, art. 18-bis – Interventi a cura del Ministero dei Lavori Pubblici: "Fermo restando il disposto dell'art. 11 della legge 28 aprile 1971, n. 287, è altresì sospesa la costruzione di nuove autostrade o tratte autostradali e di trafori di cui non sia stato effettuato l'appalto, ancorché assentiti amministrativamente".

<sup>3</sup> CERUTI, M., *Evoluzione senza fondamenti*, Laterza, Bari 1995.

<sup>4</sup> ROSS ASHBY, William, *Introduzione alla cibernetica*, Einaudi, Torino 1971, citato in: DIOGUARDI, Gianfranco, *Al di là del disordine*, CUEN, Napoli 2000.

<sup>5</sup> VIRILIO, Paul, intervista rilasciata a "L'era Urbana", Radio 3, Il terzo anello, 2003.

<sup>6</sup> ZANARINI, Gianni, in *Caos e Complessità*, a cura del Sissa – Isas, CUEN, Napoli 1996.

# Metodo e interdisciplinarietà per il Disegno Industriale

CLAUDIO GERMAK

A caldo, semplicemente si tratterebbe di presentare i risultati del primo Dottorato di ricerca che vede ufficialmente presente, anche nella titolazione, la disciplina del Disegno Industriale. Riflettendoci un poco, invece, emergono da questi tre anni di lavoro, talora anche troppo lunghi, considerazioni che superano il significato dell'evento stesso, passo comunque importante per il nostro Politecnico. È un riconoscimento "del" e "per" il Disegno Industriale che si afferma come disciplina in grado di fare innovazione, in particolare sul terreno delle tecnologie: ciò che peraltro non è estraneo alla tradizione di quella cultura politecnica di cui i percorsi formativi del nostro Ateneo sono da tempo espressione. In questa tradizione ricade l'associazione mentale, ma anche *de facto*, tra design e scienze tecnologiche, nel Dottorato rappresentate dalle aree della cultura tecnologica e della fisica tecnica, consueti territori di interazione, talora anche solo propedeutici, sia nel progetto sia nella ricerca di design. Ma, quanto il design è oggi espressione della cultura politecnica nel senso sopradetto? E, quanto conta la tecnologia per un design dell'innovazione? Una parte della risposta la può fornire la lettura delle tre tesi di disegno industriale qui presentate, anche se quella che mi compete, come tutor di Marco Bozzola, è forse la più ancorata a questi tradizionali valori. Non credo nella crisi di questi valori: non è la - indispensabile- cultura politecnica sotto accusa, è la dimensione stessa dell'interdisciplinarietà che sta cambiando. A cominciare dal Disegno Industriale, che come disciplina giovane ha recepito ed usufruito con maggiore velocità del cambiamento, progettando percorsi formativi in cui non vi è solo l'ibridazione delle culture canoniche tecniche, dell'ingegnere e dell'architetto, ma a cui partecipano le scienze umanistiche, economiche, della comunicazione, dell'intelligenza artificiale, l'ergonomia medica, la psicologia cognitiva, la critica dell'arte. Vi partecipano non in qualità di architetti/ingegneri travestiti per l'occasione, quanto con proprie figure provenienti dalle singole macro-aree disciplinari, accademiche e professionali. Un incontro, sovente anche scontro, che apre a nuovi modelli mentali e di comportamento, con forti ricadute sul progetto, anche quello di prodotto. Un processo di osmosi delle conoscenze e di sperimentazione collettiva avviatosi di pari passo nella didattica e nella ricerca: su grande richiesta proprio del progetto. Non possiamo infatti ignorare che il primo a rendersi conto dell'obsolescenza di certi modelli culturali, fiduciosi in un design del prodotto bello, giusto, producibile, nuovo (rispetto all'anno prima) è stato il progetto. Che si è

stancato, consapevolmente, anche dei trend delle categorie, delle etichette: ieri pop, democratico, anarchico, poi industriale, artigianale, banale, minimale, postindustriale, tecnologico, iper-tecnologico, eologico, sostenibile, sensoriale, interattivo, esperienziale (che nella forma più avanzata prevede anche la partecipazione imprevedibile dei topi, sì, topi designer che con i loro dentini producono cose di legno e cartone sempre diverse). Il progetto ha assunto indirizzi diversi anche nella didattica, che oggi lo propone con altri significati. Non vi è dubbio che l'esordio dei primi momenti autonomi della formazione nel Disegno Industriale, gli ormai esperiti diplomi triennali, sia avvenuto all'insegna della cultura politecnica e di un'iniziale entusiasta fiducia nel profilo educativo "professionalizzante". L'accelerazione verso questo modello è stata la vera innovazione della didattica universitaria europea di fine secolo. Come anche è vero che assolti gli obiettivi del percorso triennale, confermati dal riconoscimento da parte del mondo del lavoro di una concreta professionalità e ricambiata da un tasso di occupazione dell'85% a sei mesi dalla laurea, accingendosi alla progettazione del secondo livello, quello specialistico, l'interazione tra le culture tecniche in primis dell'architetto e dell'ingegnere non sembrava più sufficiente a rispondere a taluni, ben noti, cambiamenti planetari del sistema socio-economico. Da questo momento in poi, gli ingredienti per un progetto di qualità, dentro o fuori dall'università, sono individuati, per quanto ci riguarda, da un approccio metodologico e interdisciplinare. Al *brief* (reale o virtuale se il committente è inventato) segue l'esplorazione dello *scenario*, cioè la definizione di una massa critica di dati, informazioni e considerazioni sul tema trattato. Non c'è progetto in questa fase, solo ricerca, alla quale occorre essere preparati; ricerca che si può imparare ad organizzare con il contributo di competenze disciplinari diverse, meglio se molto diverse tra loro. Dentro lo scenario prendono forma il *target* e il *concept*, veri pilastri su cui si misura l'innovazione del progetto o della ricerca. C'è un termine oggi molto diffuso su cui si misura l'innovazione del *concept*, inteso come parole chiave che riassumono gli obiettivi dell'azione di ricerca/progetto: il termine è la *new research*. Diamone un esempio, anche un po' assurdo. Parto per fare ricerca sui sistemi di illuminazione pubblica e dall'analisi dello scenario mi accorgo che la riposta al problema non consiste nella progettazione di sorgenti luminose adeguate, di nuovi corpi illuminanti, neanche nell'investimento in risorse energetiche rinnovabili, bensì,... nell'illuminazione personale:

ognuno deve contare su un proprio sistema di illuminazione, per vedere e farsi vedere di notte. Dentro ci sta tutto, ma non è chiaro che cosa: semplicemente abbiamo radicalmente cambiato direzione alla ricerca. Così sta accadendo, ad esempio, in certi settori molto vincolanti, come quelli dell'elettrodomestico. All'interno del nostro sistema del Disegno Industriale, strategico, di prodotto e/o di servizio, queste visuali (non visioni) affascinano perché considerano l'innovazione, anche quella tecnologica, espressione di un nuovo rinascimento che pone l'uomo al centro del progetto e porta a riflettere sulla condizione esistenziale del progettista. Forse occorrerebbe parlare più a lungo di questa nuova dimensione verso la quale, anche nel Dottorato di ricerca, il Disegno Industriale si va orientando e che sarà oggetto di nuovi legami, dentro la Facoltà di Architettura, con discipline come la storia, la politica economica, la sociologia, la psicologia cognitiva. E senza rinunciare al metodo, cioè all'architettura della ricerca, che segue un iter noto, consolidato e condiviso dalla nostra comunità scientifica disciplinare.

In questo senso, il percorso di Dottorato è stato utile al perfezionamento dell'approccio metodologico torinese, di cui la tesi di Marco Bozzola è convincente portavoce. L'incontro con un'azienda saldamente radicata sul territorio piemontese, che produce per il settore auto e quello edilizio manufatti e semilavorati in policarbonato, diventa l'occasione per la sperimentazione del metodo di ricerca. Dallo scenario elaborato da Marco Bozzola, originariamente orientato alla ricerca di nuovi componenti in policarbonato per l'edilizia industriale, settore nel quale l'azienda vanta già un discreto mercato, deriva il ripensamento strategico sull'ambito stesso della sperimentazione, ora individuato nella *serra agricola*, settore disertato dalla progettazione con l'eccezione dei semilavorati, anch'essi in policarbonato alveolare, messi a punto da General Electric per il mercato florovivaistico dei Paesi Bassi. Serra agricola dunque, che rimanda ad un rapporto, tutto da indagare, con il territorio, le tecnologie sostenibili, il mercato. Settore merceologico non facile, apparentemente di nicchia, paleamente poco propenso all'innovazione, ma anche oggetto di nuovi scenari: la piccola azienda agricola del nord e centro Italia costretta a riciclarsi in florovivaistica o a puntare sulle colture specializzate (biologica); l'azienda agricola del sud Italia, costretta dal mutamento climatico, sempre più bizzarro, a riparare i propri prodotti in serra; l'azienda agricola all'estero, spagnola ad esempio, per identici motivi recente nuova acquirente

di serre. Con i distributori e installatori di serre si disegna una strategia di prodotto che vede l'azienda produttrice torinese tentare la riconversione di impiego di alcuni semilavorati già presenti nel proprio catalogo. La ricerca sfida le caratteristiche meccaniche della materia arrivando a sperimentare un sistema di architetture trasparenti in cui la lastra in policarbonato è autoportante, riducendo, al contempo i componenti. Due soli i materiali, policarbonato e alluminio, entrambi facilmente riciclabili e a basso impatto energetico. Il sistema potrà essere installato da un operatore agricolo senza permesso di costruire e senza la necessità di mano d'opera specializzata. Rispetta i parametri fisico-tecnici, ventilazione e umidità, previsti dalle legislazioni vigenti.

Consente flessibilità di impianto assumendo conformazioni dimensionali diverse ed adattandosi alla morfologia del territorio con allestimenti di diversa espressività. Prevede l'integrazione con sistemi di riscaldamento, ventilazione forzata, cablaggio elettrico, come richiesto ad esempio negli allestimenti florovivaistici, dove la serra è contemporaneamente luogo di produzione e di vendita. E vince la scommessa più incerta: risulta economicamente competitivo.

Al Dottore in Disegno Industriale, oltre al conseguimento del titolo, un riconoscimento ambito: la proprietà intellettuale del brevetto industriale.

*Claudio Germak, Architetto, Professore associato di Disegno Industriale, Politecnico di Torino.*

# Sistema di componenti in policarbonato alveolare estruso per l'impiego in campo edilizio e ortoflorovivaistico

MARCO BOZZOLA

## *Introduzione*

La ricerca nasce dall'intento di sviluppare il tema dell'innovazione nella Piccola Media Impresa, attraverso azioni volte ad innescare meccanismi di trasferimento tecnologico tra il mondo dell'impresa e quello accademico-universitario; il fine è teso ad implementare una modalità di lavoro che, mettendo a sistema metodologie e conoscenze accademiche con il *know-how* della produzione, possa accrescere il valore intrinseco dei prodotti e dei servizi nel segno dell'innovazione.

L'occasione di lavoro si è concretizzata con l'azienda dott. Gallina di La loggia (Torino), produttrice di lastre e sistemi modulari in policarbonato alveolare per applicazioni nell'edilizia. Tale produzione è stata valutata particolarmente adatta ad uno studio teso all'innovazione del prodotto. L'intento aziendale, che potrebbe essere definito un *brief di primo livello*, era quello di aumentare la quota di mercato all'interno dei mercati leader (Italia e Francia), e di avere capacità produttiva disponibile per quelli emergenti (Europa dell'Est, Nord Africa) e per le nazioni del nord Europa, dove la presenza dell'azienda è rappresentata da pochi grandi clienti. Il gruppo di lavoro (azienda e accademia) ha inoltre manifestato il desiderio di esplorare nuove aree di mercato per l'applicazione del policarbonato alveolare estruso, incrementando le caratteristiche prestazionali del prodotto. La strategia convenuta si fonda sull'aumento della "sostituibilità" del policarbonato al vetro, storicamente protagonista nello scenario della trasparenza, attraverso lo studio di sistemi innovativi caratterizzati da migliori prestazioni strutturali e, in particolare, di autoportanza.

## *Approccio alla ricerca*

Il presente lavoro è stato sviluppato sulla base di un'impostazione analitica della ricerca che vede successive fasi di definizione e sviluppo delle problematiche: la fase di individuazione e indagine di un background di riferimento ha preceduto la fase di elaborazione delle risposte possibili alle problematiche identificate, e la fase di verifica delle risposte prodotte. Sono state insomma individuate tre fasi principali di lavoro, all'interno delle quali sono state definite le attività sequenziali e parallele da compiere. Le tre fasi corrispondono ai tre momenti fondamentali di sviluppo della ricerca:

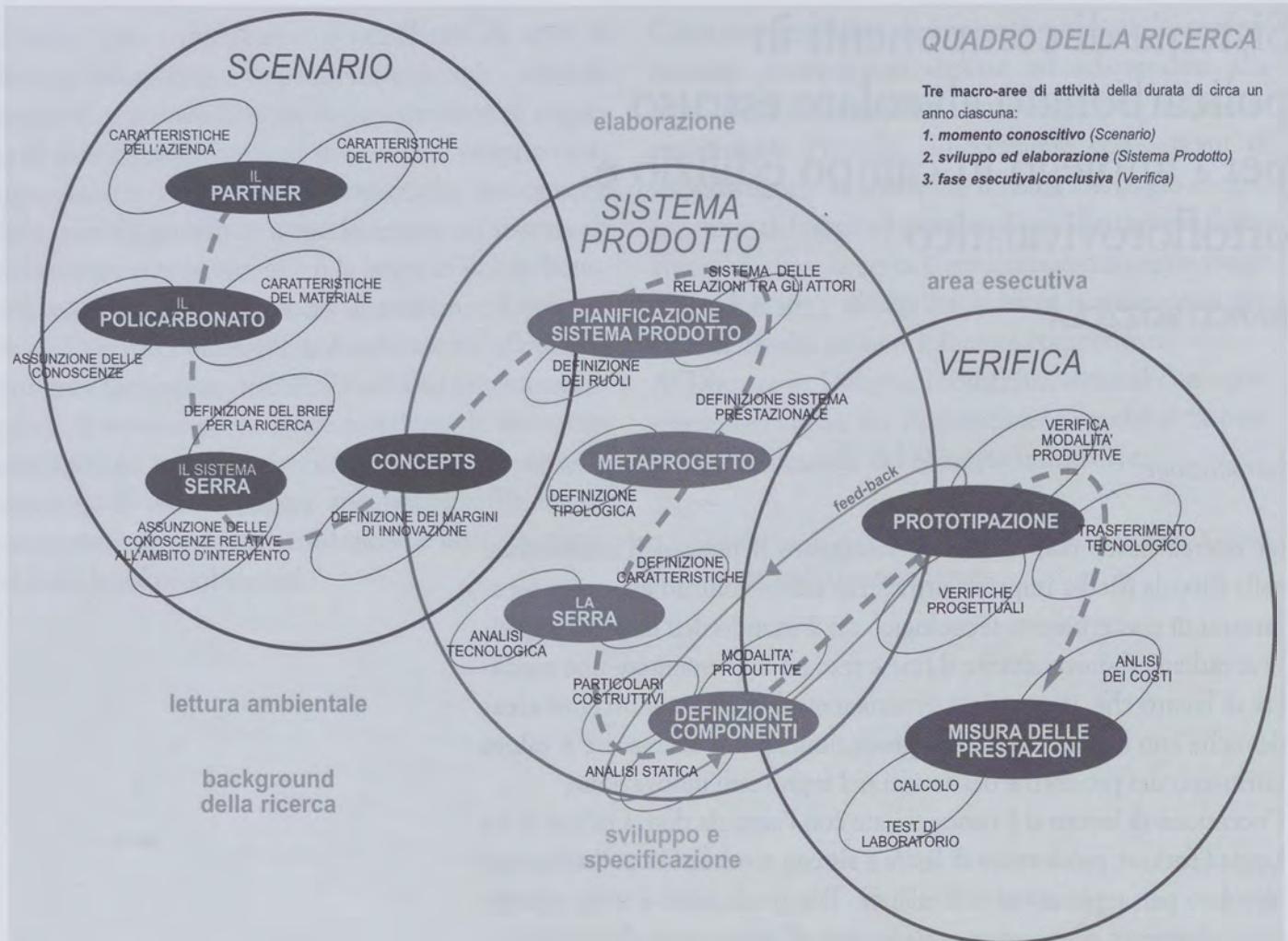


Figura 1. Quadro della Ricerca.

	parametri	sigla	Un. mis	P C	Vetro	PVC	PRFV	PMMA	Norme
PROPRIETÀ GENERALI	Densità	$\rho$	g/cm <sup>3</sup>	1,2	2,5	1,36/1,58	1,5	1,17/1,20	ISO1183
	Indice del potere fonoisolante	Rw	dB	30	30		27		EN717-1
	Assorbimento acqua a 23°C	Ww	%	0,35		0,40/0,65	0,14	1,7/2,0	ISO62
PROPRIETÀ MECCANICHE	Durezza Rockwell	HRC	Scala M/R	M75/R120	5-7 scala Mohs 9 Molto fragile	M97		M88/102	ISO2039-2
	Resilienza Charpy con intaglio Izod	$a_{cA}+23$	KJ/m <sup>2</sup>		4	5-10	1,4 / 2		ISO1791eA
	Modulo elastico a trazione	E	Mpa	2100/2400	70.000	1000/3500	5200	2700/3200	ISO527-1/-2
	Resistenza a trazione a rottura	$\sigma_B$	Mpa N/mm <sup>2</sup>	56/67	40	50/75	65	50/77	ISO527
	Deformazione a rottura	$\epsilon_B$	%	24		25		10	ISO527
	Resistenza a flessione	$E_f$	Kg/cm <sup>2</sup>	1100/1200	400	2700	5000	1200	ISO178
PROPRIETÀ ELETTRICHE	Costante dielettrica relativa a 100Hz	$\epsilon_r 100$	-	3	5	1,5	4,7	3	IEC60250
	Fattore dissipativo a 100 Hz	$\tan\delta 100$	-	0,01	0,0004	0,015	0,0128	0,0006	IEC60250
	Resistività superficiale	$\sigma_e 2$	$\Omega$	1015	1017	1013	$1,4 \cdot 10^{15}$	$> 10^{15}$	IEC60093
	Resistività Volumica	$\rho_e 2$	$\Omega \cdot cm$	1016		$10^{12} / 10^{16}$	$3,5 \cdot 10^{13}$	1015	IEC60093
	Rigidità dielettrica	$E_B 1$	KV/cm	150/300		170/550	200	400/500	IEC60243-1
PROPRIETÀ TERMICHE	Conducibilità termica	$\dot{\epsilon}$	W/m K	0,13	1-1,3	0,15	0,26	0,22	
	Stabilità termica		°C	-0,4		-0,428571	-0,30769231	-0,5	
	Temperatura di rammollimento	T <sub>v</sub> 50/50	°C					86	ISO306
	Comportamento al fuoco		classe	1				3-5	D.M. 26/06/84

Tabella 1. Prestazioni meccaniche, chimiche, fisiche del materiale: quadro comparativo dei materiali trasparenti per l'edilizia.



Parametri		Policarbonato			Vetro		PVC Alveolare 8mm	PRFV ondulato 1,2mm	PMMA	
		Compatto 6mm	Alveolare 8mm	Alveolare 32mm	Semplice 6mm	Camera 4/12/4			Compatto 6mm	compatto 16mm
U Trasmittanza Termica	[W/mqK]	5	3,3	1,4	5,7	2,9	2,3-2,9	6,7	5,5	2,9
g Fattore solare	[ % ]	84	82	60	82	76			85	85
T coeff. Trasmissione luminosa	[ % ]	84-87	81	66	82	76	70-80	80	90	83
Rw Potere fonoisolante	[db]	30	18	22	30	30	17		27	
Peso al mq	[Kg/mq]	7,2	1,3	3,5	15	20		1,3-1,9	5	19
Dimensioni	mmxmm	2050x1250 2050x3050 2050x6050	2100x6000 1250x6000	1250x6000 1250x7000					2050x1525 2050x3050	
Costo al mq	[€/mq]	43,5	6,7	15	14	30				

Tabella 2. Caratteristiche del prodotto.

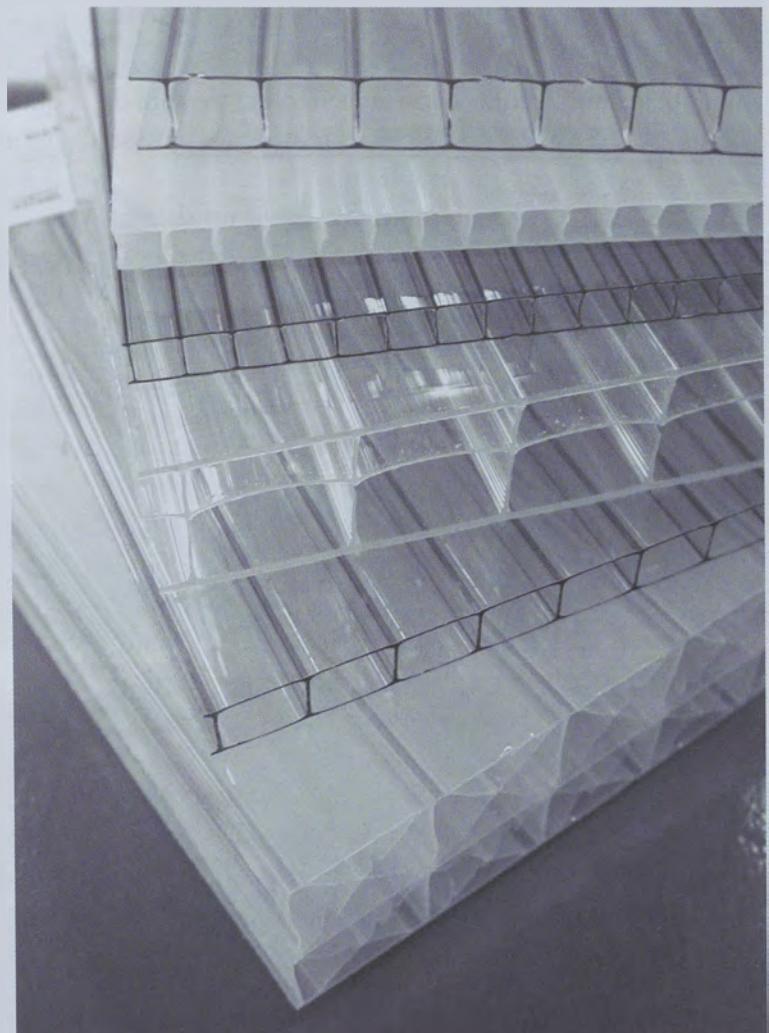


Figura 2. Lastre in policarbonato alveolare in differenti spessori e conformazione degli alveoli.

- Scenario*: è il momento conoscitivo; definisce l'insieme del sistema dei vincoli (esigenze dell'utilizzatore attuale, processo produttivo, processo distributivo, costi, prestazioni, ...) e del sistema delle opportunità (comportamenti inesplorati, nuovi target, stimoli culturali, ...). È quindi il contesto produttivo, di consumo, culturale e sociale, che sta intorno ad un prodotto.
- Sistema Prodotto*: rappresenta il momento dello sviluppo ed elaborazione del progetto sulle basi delle linee guida emergenti dall'analisi dello Scenario. Coincide qui con il momento della progettazione metaprogettuale e di massima del sistema, concentrandosi non sull'insieme degli aspetti che definiscono *in toto* un prodotto (prodotto, processo, comunicazione), ma sulla definizione degli elementi costituenti il sistema (prodotti, processo). Rappresenta insomma l'insieme di attività e prestazioni che si relazionano allo specifico bisogno identificato.
- Verifica*: è il momento esecutivo/conclusivo della ricerca, in cui la misura delle prestazioni fornite (prestazioni di carattere funzionale, economico, d'impatto ambientale) quantifica l'apporto del lavoro e definisce eventuali operazioni di feedback sulla fase progettuale.

Le tre fasi (che comunque presentano marginali sovrapposizioni), vanno a coprire l'arco dei tre anni di dottorato, in una suddivisione temporale grosso modo equivalente (uno per anno).

La parcellizzazione delle fasi, da luogo ad un sistema di attività della durata di circa 2-3 mesi ciascuna, definite a loro volta da un sistema di azioni.

### *Il prodotto di riferimento*

Definito il rapporto di collaborazione università-impresa, sono state svolte alcune azioni volte all'assunzione delle conoscenze relative alle caratteristiche dell'Azienda e del prodotto; in particolare sono state analizzate le tipologie di prodotto, le aree di mercato, i parametri meccanici e fisico-tecnici dei prodotti, il quadro normativo, i processi produttivi, i prodotti dei *competitors*.

Le lastre e i sistemi modulari in policarbonato alveolare, punto di forza della produzione dell'azienda, sono pannelli cavi ottenuti per estrusione che, grazie alla particolare geometria della sezione, garantiscono prestazioni di elevata leggerezza e trasparenza, unite a caratteristiche di forte resistenza meccanica ed isolamento termico (camera d'aria intrinseca).

Tali caratteristiche variano in funzione dello spessore della lastra e del numero delle pareti interne (alveoli): all'aumentare delle pareti interne, si potenziano le caratteristiche meccaniche e di isolamento termico, a fronte di un decadimento delle caratteristiche ottiche (trasparenza).

Proprio tali aspetti fanno già del policarbonato alveolare un prodotto competitivo nell'ambito dei rivestimenti per l'edilizia, anche se l'obsolescenza del materiale (ingiallimento), punto ancora debole del prodotto, attualmente ne indirizza l'applicazione a settori specifici (ad es. l'edilizia industriale, in cui il manufatto non sempre è riconosciuto di "dignità architettonica"). Tale debolezza viene oggi parzialmente arginata dalle tecnologie di coestrusione che, determinando sulla lastra uno strato esterno dello spessore di pochi micron (protettivo dall'azione dei raggi UV, causa dell'ingiallimento), garantiscono al semilavorato una vita più lunga nel segno della trasparenza.

La ricerca si è poi concentrata sull'approfondimento – in senso più ampio - del materiale policarbonato, al fine di definirne le caratteristiche fondamentali: i principali settori d'impiego; le proprietà meccaniche, chimiche, fisiche del materiale; le tecnologie di trasformazione; le caratteristiche d'impatto ambientale. Le tecnologie di trasformazione del materiale sono quelle proprie dei termoplastici; *in primis* l'estruzione, ma anche lo stampaggio a iniezione, la termoformatura, la calandratura, la compressione, lo stampaggio rotazionale, l'estruzione soffiaggio, l'iniezione-soffiaggio.

I settori d'impiego del policarbonato sono quelli dell'illuminazione, componentistica settore auto, ottica, industria meccanica, arredo urbano, architettura, industria elettronica ed elettrotecnica, settore alimentare, settore medico, edilizia, product design, settore aerospaziale, ecc. Settori in cui vengono esaltate le caratteristiche del materiale, cioè la trasparenza, la rigidità, la tenacità, le buone caratteristiche dielettriche, l'atossicità, l'autoestinguenza, la stabilità dimensionale, la buona resistenza chimica, il basso ritiro di stampaggio. Caratteristiche che, in un quadro di confronto con gli altri materiali trasparenti correntemente utilizzati in edilizia, individuano gli aspetti competitivi del materiale in tale ambito.

Oltre alle proprietà del materiale sono state analizzate le caratteristiche del semilavorato, cioè delle lastre alveolari. Anche in questo caso l'analisi è di tipo comparativo con gli altri semilavorati trasparenti impiegati in edilizia, in modo da garantire un quadro sufficientemente indicativo del posizionamento prestazionale del prodotto nel confronto degli altri sistemi concorrenti.

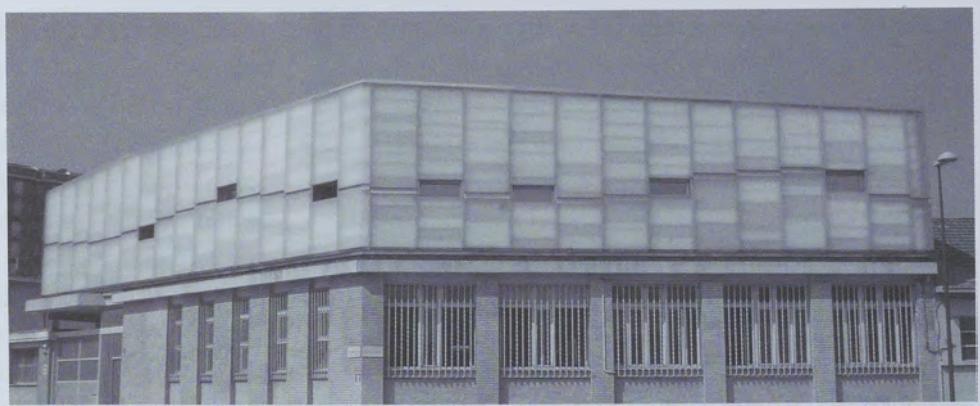


Figure 3, 4, 5, 6. Esempi di utilizzo delle materie plastiche nel settore delle costruzioni (Rivestimento di facciata in PMMA traslucido, sede Ilti luce, Torino, studio UDA; Casa provvisoria in pc alveolare traslucido, Cliostraat, Tokyo; Rivestimento di facciata in pc alveolare, Milano; Cupole geodetiche in membrane in ETFE in strati multipli; The Eden Project, N. Grimshaw, 2001, Cornovaglia, UK).

In particolare, si riscontrano ottime prestazioni di *isolamento termico* (elementi cavi); di *leggerezza* (caratteristica intrinseca del materiale, incrementata dalla geometria dei pannelli); di *trasparenza* (ottime caratteristiche di trasparenza, poco lontane da quelle del vetro e seconde solo al PMMA tra i materiali polimerici); buone *caratteristiche meccaniche* (il policarbonato è uno dei tecnopolimeri più tenaci, offre cioè un'alta resistenza all'impatto: rispetto al vetro, a parità di spessore, offre una resistenza all'urto 250 volte superiore); di *resistenza a sbalzi termici* (il policarbonato risulta termicamente molto stabile: può essere riscaldato fino a 310°C senza che si abbia una rilevante decomposizione; la degradazione comincia oltre i 320°C e la perdita dei componenti leggeri oltre i 400°C); di *resistenza alle radiazioni UV* (la superficie esterna della lastra può essere protetta con uno speciale strato/barriera alle radiazioni ultraviolette, radiazioni che determinano, negli anni, una degradazione chimico/fisica normalmente riconoscibile da un lieve ingiallimento ed una particolare iridescenza alla luce riflessa).

Tra le qualità del prodotto, possono essere ancora annoverate le *qualità espressive* che il semilavorato offre al settore delle costruzioni; numerosi sono gli atteggiamenti riscontrabili nell'utilizzo delle plastiche trasparenti e traslucide nelle costruzioni, in un momento storico in cui tali materiali si propongono con forza quale alternativa al vetro.

### *Costruire trasparente con le materie plastiche*

Per tutto il XX secolo, l'affermarsi del paradigma costruttivo dell'involucro trasparente ha visto il vetro quale indiscusso materiale protagonista della trasparenza, grazie alle sue caratteristiche prestazionali e di carattere espressivo.

L'avvento delle plastiche a metà secolo, ha rappresentato sicuramente una rivoluzione nel mondo dei materiali, ma solo recentemente, grazie all'innovazione tecnologica sviluppata in questo settore (incremento delle prestazioni di trasparenza, meccaniche, chimiche, ecc.), tali materiali sono stati prestati al settore delle costruzioni.

L'attualità delle materie plastiche in architettura è detta quindi, oltre che dalle sue caratteristiche prestazionali meccaniche e fisico-tecniche, dalle peculiarità espressive dei semilavorati (fortemente negli alveolari), che si presentano generalmente come superfici traslucide, con finiture superficiali texturizzanti detta-

te dalle lavorazioni, che bene interpretano il paradigma post-industriale dell'informazione che suggestiona e, solo ad un secondo sguardo, più attento, si svela. Così i pattern superficiali, le colorazioni possibili, le retro-illuminazioni, creano un nuovo modello "decorativo" per una rigenerata architettura della trasparenza.

Inoltre, la caratteristica di isolamento termico dei semilavorati a doppia camera, unita alle elevate caratteristiche ottiche, fa dei materiali plastici (e del policarbonato in primis), sistemi ideali per il controllo della qualità ambientale e per la gestione dell'edificio dal punto di vista fisico-tecnico (com'è noto le grandi superfici vetrate, e in generale trasparenti, provocano fenomeni di forte dispersione o guadagno termico). Nel settore dei materiali plastici trasparenti utilizzati in edilizia, oltre alle lastre, troviamo applicazione di pellicole traslucide, in alcuni casi a strati multipli con insufflaggio aria (ad esempio l'ETFE dello stadio Allianz Arena di Herzog & De Meuron o dell'Eden Project di Grimshaw) che, montate su appositi telai in acciaio o alluminio, oltre a portare all'estremo le caratteristiche di leggerezza del materiale, esaltano il paradigma della pelle esterna, non solo più da un punto di vista tipologico-costruttivo, ma più intimamente simbolico-concettuale. Inoltre, da un punto di vista prestazionale, le membrane multiple ad aria determinano un altissimo indice di isolamento termico che ne fa un sistema altamente competitivo in un'epoca in cui il risparmio energetico ha un posto di preminenza.

I primi settori in cui le lastre alveolari traslucide e i semilavorati che prevedono configurazioni "a core interno" (cioè a camera interna+pelle esterna) hanno visto larghissima applicazione, sono quelli "meno nobili" dell'architettura industriale e di parti tecniche nell'architettura civile residenziale corrente. Questo perché, prima che per le caratteristiche espressive, i materiali in questione sono stati apprezzati proprio in quelle applicazioni in cui il risparmio energetico costituisce una variabile importante (ad esempio grandi cubature). Le applicazioni più correnti (oltre a quelle emergenti in architettura) sono quindi quelle dell'edilizia civile, sportiva, scolastica, industriale, per tamponamenti verticali, finestre a nastro e coperture trasparenti, su strutture d'acciaio o in muratura.

Oltre che come semplice tamponamento delle aperture, le lastre possono essere trattate in modo da definire il sistema involucro della struttura realizzata con altro materiale, e divenire pertanto "pelle esterna". Involucro che può svelare o meno ciò che racchiude,



Figure 7, 8. Serre con rivestimento in film plastico.



Figure 9, 10. Serre con rivestimento in materiali plastici rigidi.



Figure 11, 12. Serre con copertura in vetro.

a seconda del livello di traslucidità, della capacità di riflessione, della texturizzazione della superficie, dell'eventuale colorazione del materiale di copertura.

Sicuramente il principio della "pelle" che caratterizza i semilavorati plastici tridimensionali (ad esempio policarbonato alveolare) alimenta un modello costruttivo "neutro", in cui il sistema costruito viene liberato da ogni ridondanza visiva (sistemi strutturali, cambio di materiali, ecc.) e la caratterizzazione del manufatto è lasciata alla sola espressività del materiale stesso (che in genere bene si presta a contaminazioni dettate anche dalle peculiarità del territorio, come l'accoppiamento con materiali specifici, la gestione della forma in maniera libera, ecc.).

La caratteristica di leggerezza, inoltre, permette la costruzione di ampie superfici e, in taluni casi, permette di ottenere dei "fuori scala" dal forte valore espressivo, che difficilmente potrebbero essere attuati con altri materiali trasparenti. La leggerezza e facilità di posa ne incoraggiano pertanto l'applicazione in grandi opere e in strutture di notevoli dimensioni.

La potenzialità di curvatura della lastra, si presta ancora alla gestione di forme complesse, non lineari, con inoltre la possibilità di risolvere in una unica cortina continua, dettagli che tradizionalmente presentano discontinuità del materiale e di soluzioni costruttive.

Le caratteristiche di trasparenza/traslucidità del manufatto, unite alla possibilità di colorazione del materiale, si prestano alla realizzazione di architetture luminose e variopinte, che spesso determinano rapporti inediti e contrastanti con il territorio in cui sono inseriti: se da un lato la trasparenza e la capacità riflettente del manufatto consentono un effetto di "mimesi" del sistema costruito, dall'altro, la colorazione e la luminosità serale che spesso accompagna tali costruzioni, sortiscono sul territorio un effetto "segnaletico" molto forte.

All'interno dello scenario della gestione della trasparenza nei materiali plastici, negli ultimi anni si è assistito a significative innovazioni in termini di prodotti e di prestazioni.

Tali innovazioni, oltre a determinare un affinamento delle prestazioni di questa categoria di materiali, spesso definiscono prodotti con forti identità expressive e simboliche, in grado di sedurre il mondo della progettazione.

Esistono oggi pellicole in grado di diventare trasparenti od opache a seconda dell'angolo di vista o per regolazione elettrica, lastre con indici di trasmissione luminosa superiore al vetro e con capacità isolanti altissime, rivestimenti in grado di cambiare colore,

tessili polimerici resistenti come il cemento, ecc.; ma anche lavorazioni innovative, utili ad incrementare alcune caratteristiche dei materiali plastici (ad esempio i pannelli a struttura macrocellulare prodotti per termoformatura di materiale termoplastico, honeycomb polimerici dalle altissime performance meccaniche, ecc.).

È facile comprendere quanto l'innovazione di prodotto, in questo settore, abbia un peso sempre più importante sulla qualità finale del manufatto architettonico.

### *Sistemi innovativi in policarbonato*

All'interno della fase di definizione di uno scenario di riferimento, sono stati analizzati alcuni sistemi di prodotti in policarbonato destinati all'edilizia e reperibili sul mercato, i quali destano un particolare interesse per i differenti caratteri di innovazione che racchiudono (sistema strutturale PAXTON, Paxton; sistema SUN-MODUL, Akraplast; sistema CLEAR-VISION, DW Product Development Inc; ecc.).

In particolare, per le implicazioni innovative nel settore delle serre, ci si è soffermati sulla lastra estrusa in policarbonato alveolare ZigZag prodotta da General Electric.

Lexan® ZigZag™ è una lastra brevettata, progettata dal centro di ricerca tedesco IMAG appositamente per la copertura di serre e prodotta da GE Plastics in Olanda. Ha una tipica forma a zig-zag che, grazie a dinamiche di rifrazione e riflessione, determina un incremento della trasmissione luminosa, rispetto alla lastra piana, del 2-4% (a seconda dell'orientamento della serra). Tale profilo conferisce inoltre alla lastra carattere strutturale, permettendo un supporto metallico più esile e diradato rispetto alle lastre in policarbonato alveolare correnti.

### *Brief aziendale per la ricerca: definizione obiettivi e specifiche*

Definito lo scenario di riferimento del sistema prodotto-materiale, e viste le esigenze produttive dell'azienda, vengono fissate le specifiche e i relativi obiettivi che orientano il successivo prosieguo della ricerca. In particolare si intende valorizzare le caratteristiche del policarbonato alveolare (trasparenza, isolamento termico, caratteristiche meccaniche, leggerezza) attraverso l'impiego di semilavorati e tecnologie dell'azienda, per la realizzazione di involucri edilizi trasparenti.

Nello specifico, si definisce quale obiettivo la definizione progettuale di un sistema di componenti in policarbonato alveolare estruso per l'impiego in campo edilizio e florovivaistico.

### *Il sistema serra per coltivazioni protette*

Definito lo specifico ambito applicativo, il sistema Scenario è stato integrato con tutte quelle informazioni relative al settore delle serre, utili e necessarie a individuare le problematiche e i requisiti di progetto. Dopo una prima parte di ricerca di carattere storico, di analisi dell'evoluzione del sistema serra, dalle più antiche esperienze precoloniali alla nascita delle *orangerie* settecentesche, alle serre ottocentesche in ferro e vetro, fino ai sistemi involucro del XX secolo, si è concentrata l'attenzione sui sistemi esistenti attraverso un'analisi tipologica, di funzionamento e di mercato.

In accordo con la letteratura esistente, è considerata "serra" quel particolare tipo di costruzione o impianto che realizza un ambiente artificiale mediante specifiche condizioni di luce, temperatura ed umidità, utilizzata per le colture intensive orto-flori-frutticole o per la preparazione di materiali di moltiplicazione delle piante.

Dette costruzioni sono realizzate con materiali che consentono il passaggio della luce; possono essere stabilmente infisse al suolo, oppure facilmente rimosse, di tipo prefabbricato o eseguite in opera, e sono destinate esclusivamente alla coltivazione del terreno e allo svolgimento di colture specializzate, per le quali risultino condizioni microclimatiche non garantibili stagionalmente.

Una serra può essere considerata il principale sistema per captare e trattenere il calore del sole; non è solamente una protezione dal clima e dalle avversità atmosferiche per le piante in essa coltivate, ma un vero e proprio collettore solare che contribuisce ad ottimizzare gli apporti di luce e di calore.

Le differenti lunghezze d'onda della radiazione eletromagnetica del sole producono effetti diversi sulla coltivazione; esistono sostanzialmente due componenti rilevanti per le attività svolte nella serra: la componente che rende possibile la fotosintesi (denominata PAR, *Photosynthetically Active Radiation*) e le componenti dell'infrarosso, che sono alla base sia del cosiddetto "effetto serra" sia, nel caso dell'infrarosso corto associato alla PAR, di effetti fotomorfogenetici sulla coltura (germinazione dei semi, allungamento dello stelo, espansione delle foglie, ecc.).

La radiazione utilizzata per la fotosintesi (PAR) è compresa tra le lunghezze d'onda di 380 nm e di 710 nm; si tratta di radiazioni che ricadono nel campo del visibile, anche se è necessario sottolineare che la sensibilità dell'occhio umano a tali radiazioni è assai diversa rispetto a quella delle piante per la fotosintesi. L'incidenza della PAR sulla radiazione globale è di circa il 50%, con piccole variazioni durante il giorno o a seconda della stagione. Le piante, tuttavia, riescono ad utilizzare per la fotosintesi solamente il 5% dell'energia solare, il resto riscalda la pianta stessa ed i corpi circostanti.

### *Tipologie di serra*

In letteratura si ritrovano differenti approcci per una classificazione tipologica delle serre, in rapporto a diverse condizioni e caratteristiche della serra. I parametri principali per tale classificazione sono:

#### *per utilizzo*

serre domestiche - addossate (alla casa o al garage) o isolate

serre commerciali - orticole e floricolle

serre espositive - comprensive di servizi integrati: bar, wc, ecc.

serre scientifiche - all'interno di orti botanici e università

#### *per climatizzazione*

serre fredde (non climatizzate)

serre riscaldate (climatizzate)

#### *per modalità di coltura*

produzioni forzate - svolte interamente in serra. Hanno l'obiettivo di produrre fuori stagione (piante per trapianti, o produzioni per il mercato)

produzioni semiforzate - che si avvalgono della serra o del tunnel per periodi limitati del loro ciclo, per anticipare l'epoca di produzione od ampliare la stessa

#### *per forma (serre prefabbricate)*

serre a padiglione regolare (serre a doppia falda)

serre a padiglione a tetto semicircolare (volta ellittica su piedritti)

serre a tunnel (serre a volta semicircolare)

#### *per tecnologia costruttiva*

##### *tunnel mobili leggeri*

- strutture realizzate con materiali metallici e film plasticci leggeri
- facilmente smontabili e rimovibili

- prive di impianti di climatizzazione
- di dimensioni ridotte
- strutture provvisorie con un'utilizzazione esclusivamente stagionale
- strutture non soggette ad autorizzazione sindacale né al rispetto di norme di zona
- anche nei centri abitati
- devono garantire un "minimo di decoro urbano"

#### *tunnel mobili pesanti*

- realizzate con materiali quali ferro zincato o alluminio o altro materiale atto a sopportare pesi considerevoli
- il materiale di copertura è costituito da film plastici pesanti, doppi teli generalmente gonfiabili, policarbonato od altro materiale rigido trasparente
- possono essere dotate di impianti di riscaldamento
- sono impiegate nell'attività agricola intensiva dalle aziende orto-floricolte e vivaistiche per quelle colture poco esigenti sotto l'aspetto termico
- l'utilizzo dei tunnel mobili pesanti non è temporaneo o stagionale
- non è ammesso il cambio di destinazione d'uso

#### *serre propriamente dette*

- costruzioni realizzate con materiali durevoli
- dotate di basamento murario e di stabile e fisso ancoraggio al suolo
- microclima interno regolato tramite apparati tecnici idonei
- costruzioni vere e proprie anche se legate all'attività agricola
- non potranno essere destinate ad altre funzioni o servizi

#### *I requisiti funzionali ed energetici*

Le prestazioni della serra devono dare risposta in termini di specificazione e quantificazione a requisiti in parte definiti da normativa, in parte dall'esperienza sul campo. I requisiti principali riguardano la resistenza alle sollecitazioni da carichi statici; la resistenza alle sollecitazioni da carico del vento; la resistenza in caso d'incendio; requisiti relativi alle variazioni di temperatura, requisiti relativi alla permeabilità dell'aria, resistenza agli urti; requisiti di tenuta all'acqua; requisiti relativi comportamento igro-termico; affidabilità; requisiti ottici e visivi; operabilità delle pareti mobili.

Dal punto di vista della regolazione del microclima interno, le esigenze energetiche delle coltivazioni determinano la necessità di controllare, all'interno

della serra, i parametri fisico-tecnici di temperatura, illuminazione, umidità relativa, livello di CO<sub>2</sub>.

Tali requisiti energetici sono controllati da sistemi passivi (condizionati cioè dall'utilizzo di materiali specifici, forma della struttura, orientamento del sistema, ecc.) e/o attivi, gestiti cioè da impianti di condizionamento presenti in serra. In particolare troviamo impianti e sistemi tecnici di riscaldamento/raffreddamento, concimazione carbonica, illuminazione artificiale, umidificazione, ventilazione, ombreggiamento.

#### *La manutenzione*

La manutenzione della serra è l'elemento maggiormente variabile; risulta quindi complessa l'individuazione di standard relativi alla manutenzione del sistema, essendo per sua natura strettamente legata alla tipologia costruttiva dell'impianto.

Si è soliti, per semplificazione, adottare un parametro che porta gli oneri per la manutenzione ordinaria a coincidere con quelli dell'ammortamento, evidentemente rapportati a loro volta all'arco di tempo intercorrente tra l'installazione e l'obsolescenza dell'impianto. L'onere si va gradualmente spostando dalla struttura vera e propria alle sue dotazioni accessorie.

#### *Elementi per la progettazione*

Alcuni aspetti che maggiormente influiscono sulla progettazione della serra perché determinano studi e scelte tipologiche-strutturali, tecnologiche, di forma, sono:

- l'ubicazione
- il clima (temperatura, ventosità, radiazione luminosa)
- l'orientamento
- la pendenza del terreno
- l'altezza sopra il livello del mare
- la presenza di difese naturali

#### *Il quadro normativo in materia di serre*

I requisiti dei sistemi serra per coltivazioni protette in Italia, regolamentati fino a qualche mese fa dalla norma UNI 6781-71 (*Serre a struttura metallica. Istruzioni per l'impostazione generale del progetto strutturale e per il calcolo*) e dalla UNI 9936 (*Apprestamenti per colture orto-floro-frutticole coperti con materiali plastici. Specificazioni generali*), sono stati recentemente rivisti dalla norma UNI EN 13031-1 del 2004 (*Serre: progettazione e costruzione - Parte 1*).

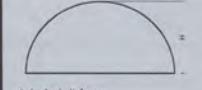
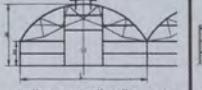
TIPOLOGIE	FILM PLASTICI (PE, PVC, EVA, 0,2 mm)	VETRO (sp 4 mm)	PC / PMMA (alveolare)	
I TIPI DI CULTURA	- floricoltura - orticoltura - vivaismo <i>per utilizzo domestico o commerciale</i>	- floricoltura - orticoltura - vivaismo <i>per utilizzo domestico, commerciale o espositivo</i>	- floricoltura - orticoltura - vivaismo <i>per utilizzo domestico, commerciale o espositivo</i>	
PRESTAZIONI STRUTTURALI, DIMENSIONALI, FUNZIONALI	 serre a tunnel a telo singolo	 serre a padiglione a tetto semicircolare a doppio telo	 serre a padiglione regolare (doppia falda)	
STRUTTURA	tubolari di ferro zincato a caldo	strutture portanti e di copertura in profilati d'acciaio zincati o d'alluminio	strutture portanti e di copertura in profilati d'acciaio zincati o d'alluminio	
DIMENSIONI	<b>Serre a tunnel</b> Luce della campata 6 - 7 - 8,5 - 9 m Modulo strutturale 1,5 - 2 - 2,5 m Lunghezza 30 - 42 - 61,5 - 100m Altezza di gronda - Altezza di colmo 2,8 - 3,3 m Inclinazione delle falde - peso della struttura 4-5 kg/m <sup>2</sup>	<b>Serre a padiglione a tetto semicircolare</b> 6,4 m (fino a 9 m) 1,5 - 3 - 4 m 30 o 42 max. 2 - 3 m 3 - 5 m >16 kg/m <sup>2</sup>	<b>Serre a padiglione regolare (doppia falda)</b> 6,4 - 16 m 3 - 3,1 - 3,72 - 3,85 m 60 o 100 m max. 2 - 3 m 3,5 - 6 m 21° - 23° >16 kg/m <sup>2</sup>	<b>Serre a padiglione regolare (doppia falda) tetto semicircolare</b> 6,4 - 16 m 3 - 3,1 - 3,72 - 3,85 m 1,5 - 3 - 4 m 60 o 100 m max. 30 o 42 m max. 2 - 3 m 3,5 - 6 m 21° - 23° 9-12 kg/m <sup>2</sup>
OBSOLESCENZA	ricambio della copertura ogni due anni	vita utile di diversi decenni con ridotta manutenzione della struttura e della copertura	vita utile di diversi decenni della struttura con ridotta manutenzione. copertura garantita 10 anni	
COSTI	<b>STRUTTURA</b> 13-20 E/m <sup>2</sup> ca <b>RIVESTIMENTO</b> 3-5 euro/kg <b>OPERE DI FONDAZIONE</b> 4 E/m <sup>2</sup> ca <b>IMPIANTI DI MOTORIZZAZIONE</b> 4 E/m <sup>2</sup> ca	<b>STRUTTURA</b> 28-30 E/m <sup>2</sup> ca <b>RIVESTIMENTO</b> 3-5 euro/kg <b>OPERE DI FONDAZIONE</b> 8 E/m <sup>2</sup> ca <b>IMPIANTI DI MOTORIZZAZIONE</b> 9 E/m <sup>2</sup> ca	<b>STRUTTURA</b> 60-90 E/m <sup>2</sup> <b>RIVESTIMENTO</b> 4-9 euro/m <sup>2</sup> <b>OPERE DI FONDAZIONE</b> 10-14 E/m <sup>2</sup> <b>IMPIANTI DI MOTORIZZAZIONE</b> 9-12 E/m <sup>2</sup> ca	<b>STRUTTURA</b> 28-30E/m <sup>2</sup> <b>RIVESTIMENTO</b> 10-14 E/m <sup>2</sup> <b>OPERE DI FONDAZIONE</b> 8 E/m <sup>2</sup> ca <b>IMPIANTI DI MOTORIZZAZIONE</b> 9 E/m <sup>2</sup> ca
PRESTAZIONI ENERGETICHE	- trasmissione luminosa nel campo del visibile 89-91 % - trasmissione infrarosso lungo 40-90 % - trasmittanza termica 9,5-10,4 W/mq K	- trasmissione luminosa nel campo del visibile 91 % - trasmissione infrarosso lungo 1 % - trasmittanza termica 5,8 W/mq K	- trasmissione luminosa nel campo del visibile 80 % ca - trasmissione infrarosso lungo 1-3 % - trasmittanza termica 2,5-3,5 W/mq K	
DATI EMERGENTI	 incidenza economica della struttura	 trasparenza massima	 dimensioni variabili	 isolamento termico massimo

Tabella 3. La serra professionale: analisi comparativa delle tipologie esistenti sul mercato.

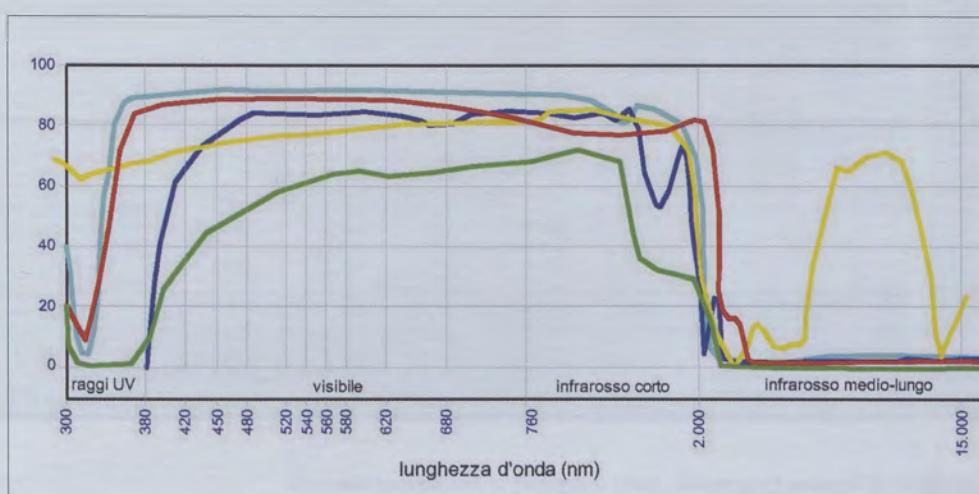


Figura 13. Rivestimenti per la serra: caratteristiche di trasmissione alla radiazione elettromagnetica.

## UTENZA D'USO

## CARATTERISTICHE FISICO-TECNICHE

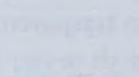
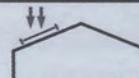
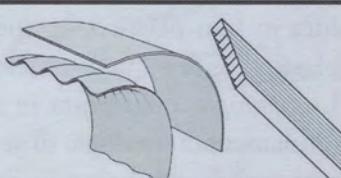
REQUISITI	PRESTAZIONI	APPUNTI METAPROGETTUALI																				
Flessibilità della serra a differenti tipi e modalità di coltivazione - orticoltura-floricoltura - manuale-meccanizzata	Possibilità di personalizzazione delle dimensioni della serra in larghezza, lunghezza e altezza. - piccola: 6x10x2x2,80 m (axbxcxh) - grande: 8x100x2,50x4,50 m																					
Ingressi: dotare la serra di agevoli accessi.	Almeno una porta di accesso ad una o due ante, inserita nella testata, con dimensioni minime di 120x190 (un anta) e 220x190 (due ante) UNI 6781-71																					
Possibilità di appendere e integrare elementi alla struttura (impianti, coltivazioni,..)	Prevedere strutture o elementi su cui sospendere vasi, impianti di climatizzazione, illuminazione artificiale, alimentazioni elettriche.																					
-Facilità di posa e riposa. -Unità piccola automontabile	-Montabile da due persone. -Peso di un componente < 50kg. -Giunzioni a secco -Ancoraggio al terreno senza fondazioni fisse (struttura mobile)																					
Agevole manutenibilità	Concezione del sistema per elementi sostituibili																					
sicurezza nel montaggio sicurezza nell'uso	-Leggerezza dei componenti. -Assenza di elementi contundenti. -Agevole movimentazione delle aperture. -Ergonomia dei componenti. -Controllo dell'infiammabilità dei componenti. -Elettrificazione in elementi protetti.																					
fascia di prezzo di riferimento: serra a doppio film plastico	prezzo del sistema < 50 Euro/mq																					
isolamento termico	Già caratteristica di eccellenza del prodotto (pc alveolare), regolabile attraverso lo studio della sezione delle lastre, oltre che attraverso lo studio delle giunture. Trasmittanza termica dell'elemento d'involucro: $K < 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$																					
Trasparenza	Già caratteristica del prodotto, regolabile attraverso il controllo dello spessore e del numero delle pareti interne. Coefficiente di trasmissione luminosa dell'elemento trasparente: $TI > 70\%$																					
Tenuta all'acqua	A serra chiusa non si deve riscontrare permeabilità all'acqua UNI 6781-71																					
Tenuta all'aria	A serra chiusa, deve risultare un massimo di 3 ricambi orari d'aria UNI 6781-71																					
Evitare che il flusso di aria entrante investa direttamente la coltura	L'entrata dell'aria deve avvenire ad un'altezza dal pavimento maggiore di 70 cm UNI 6781-71																					
Ventilazione della serra	All'occorrenza, deve essere prevista la movimentazione delle aperture per la ventilazione, a mano e/o con sistemi elettrici. <b>Percentuale minima di apertura:</b> <table border="1"> <tr> <th></th> <th>sol. lati</th> <th>lat+cop</th> <th>tetto</th> <th>perimetro</th> </tr> <tr> <td>Nord</td> <td>&gt;12%</td> <td>&gt;8%</td> <td>&gt;16%</td> <td>&gt;2%</td> </tr> <tr> <td>Centro</td> <td>&gt;18%</td> <td>&gt;14%</td> <td>&gt;24%</td> <td>&gt;3%</td> </tr> <tr> <td>Sud</td> <td>&gt;24%</td> <td>&gt;22%</td> <td>&gt;32%</td> <td>&gt;4%</td> </tr> </table> UNI 9936		sol. lati	lat+cop	tetto	perimetro	Nord	>12%	>8%	>16%	>2%	Centro	>18%	>14%	>24%	>3%	Sud	>24%	>22%	>32%	>4%	
	sol. lati	lat+cop	tetto	perimetro																		
Nord	>12%	>8%	>16%	>2%																		
Centro	>18%	>14%	>24%	>3%																		
Sud	>24%	>22%	>32%	>4%																		
Possibilità di contenere impianti di climatizzazione	Prevedere ingombri relativi all'inserimento di impianti quali: ventilatori, aerotermi, reti ombreggianti, impianti di irrigazione, impianti di umidificazione, illuminazione artificiale, ecc. UNI 6781-71																					

Tabella 4. Il Sistema Esigenziale, volto a definire le prestazioni richieste.

## CARATTERISTICHE MECCANICHE

## UTENZA DI PRODUZIONE

## UTENZA AMBIENTALE

REQUISITI	PRESTAZIONI	APPUNTI METAPROGETTUALI
Resistenza alle sollecitazioni derivanti dai carichi permanenti	Resistenza al peso proprio secondo la normativa vigente	
Resistenza alle sollecitazioni derivanti dal carico al vento	Secondo la normativa vigente, con integrazioni di specifici coefficienti aerodinamici e dinamici (raffiche) EN 13031-1	
Resistenza alle sollecitazioni derivanti dal carico alla neve	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 50 N/m<sup>2</sup></li> <li>&gt; 250 N/m<sup>2</sup></li> <li>secondo normativa vigente con integrazioni di specifici coefficienti di forma del carico della neve</li> </ul> UNI 9936 UNI 6781-71 EN 13031-1	
Resistenza alle sollecitazioni derivanti dai carichi d'esercizio	<p>&gt; 150 N/m<sup>2</sup> per le colture            Da valutarsi caso per caso per i sistemi ausiliari (impianti)</p> <p>&gt; 15 kg/m<sup>2</sup> compresi impianti e altre strutture ausiliarie</p> <p>&gt; 70 N/m<sup>2</sup> impianti            Da 150 a 1000 N/m<sup>2</sup> a seconda delle colture</p> UNI 9936 UNI 6781-71 EN 13031-1	
Resistenza alle sollecitazioni derivanti dai carichi d'impianti non permanenti	Da valutarsi caso per caso sui pesi effettivi dei sistemi adottati	
Resistenza alle sollecitazioni derivanti da azioni termiche	Da considerarsi solo per serre con dimensioni > 150m Prevedere sistemi di rinforzo (controventature) nella parte centrale della serra	
Resistenza alle sollecitazioni derivanti da azioni sismiche	Secondo normativa vigente	
Riduzione del numero di componenti.	Integrazione di funzioni e componenti	
Rendere il policarbonato il materiale principale del sistema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ipotesi di struttura portante in PC</li> <li>Ipotesi di struttura portante in leghe leggere (alluminio + PC).</li> </ul>	
Impiego di tecnologie disponibili dalla azienda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensione massima di estrusione 2100x60xinf</li> <li>Potenza massima di estrusione 600 KG/ora</li> <li>Raggio di calandratura minimo: 300-380 cm</li> <li>Profili estrusi in alluminio</li> <li>Profili in legno (strutture leggere reticolari o lamellari)</li> <li>Competitività con strutture ferro-vetro (prezzo max 60 €/m<sup>2</sup>)</li> </ul>	
Controllo dell'affidabilità	<ul style="list-style-type: none"> <li>Durata del sistema: secondo le caratteristiche dei semilavorati in policarbonato: 10 anni</li> <li>Riduzione dei meccanismi.</li> </ul>	
Integrazione con il paesaggio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forme organiche</li> <li>Forme tettoniche</li> <li>Forme antropomorfe</li> <li>Colori</li> </ul>	
Riciclabilità e riutilizzabilità dei componenti	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riduzione del numero dei materiali e componenti</li> <li>Prevedere sistemi di giunzione e fissaggi reversibili</li> </ul>	
Leggerezza	Già punto di forza del prodotto utilizzato: tendere a massimizzare l'utilizzo dei componenti estrusi alveolari	

*Serre per produzione commerciale*) che, in sostituzione delle prescrizioni esistenti, recepisce la norma europea EN 13031-1 (*Greenhouses: design and construction*) del 2001. È questa una norma specifica per le serre che definisce i principi e i requisiti relativi alla resistenza meccanica, alla stabilità, e alla durabilità. Un'altro riferimento normativo per la presente ricerca è determinato dalla UNI 10452:1995 (*Lastre ondulate ed alveolari di materiale plastico trasparente, incolore o traslucido per serre ed apprestamenti analoghi*). *Tipi, dimensioni, requisiti e metodi di prova*): indica i requisiti per le lastre ondulate ed alveolari in materiale plastico trasparenti o traslucide da impiegare nella copertura di serre; definisce il profilo, la forma, le dimensioni e le caratteristiche qualitative dei diversi tipi di lastre, indicando i relativi metodi di prova. In particolare si riferisce alle lastre in polimetilmacrilato (PMMA), tipi alveolari e ondulato; policloruro di vinile biorientato (PVC), tipo ondulato; policarbonato (PC), tipo alveolare; poliestere rinforzato con fibre di vetro (PRFV), tipo ondulato.

#### *Analisi delle tipologie di serre esistenti sul mercato*

La ricerca dei sistemi esistenti sul mercato ha individuato tre tipologie principali di strutture per la coltivazione protetta a carattere commerciale (la serra per hobbistica, seguendo dinamiche esigenziali e di mercato differenti, segue una trattazione separata ma parallela). Sono state individuate le tipologie a copertura in film plastico, la tipologia in ferro e materiali plastici rigidi e quella in ferro e vetro.

La *tipologia a copertura in film plastico* riguarda due fondamentali tipologie di serre: quelle a tunnel, strutture mobili in tubolari in acciaio infissi nel terreno, e quelle a piedritti verticali con fondazioni, dotate di copertura a padiglione, generalmente provviste di un doppio film plastico insufflato d'aria che determina altissime prestazioni di isolamento termico.

In generale, le caratteristiche principali di queste tipologie di serre sono i prezzi contenuti, la struttura mobile e leggera, la facilità di montaggio (ancora maggiore nei tunnel), un'ottima trasmissione nel visibile, un alto isolamento termico (tipologia a doppio telo). Per contro presentano caratteristiche ottiche non stabili nel tempo (decadimento del materiale), una bassa opacità all'infrarosso (scarso effetto serra), uno scarso isolamento termico (tipologia a telo singolo), una rapida obsolescenza del rivestimento (bassa resistenza alla rottura).

La tipologia a tunnel a film singolo è molto diffusa, grazie soprattutto alla grande economicità del sistema, oltre che all'agevole riposizionabilità dello stesso. Trattasi generalmente di serre non riscaldate e vengono attrezzate con un'impiantistica minima: l'elevata obsolescenza del materiale di rivestimento e la non pronta sostituzione dello stesso in caso di rottura (cosa piuttosto diffusa), fa sì che si abbatta l'efficacia dei sistemi di climatizzazione, con inoltre ripercussioni d'impatto visivo-paesaggistico.

Considerazioni, queste, meno valide per la tipologia a padiglione a doppio film plastico (una ventola soffia aria tra i due film plasti creando una camera d'aria): si tratta di strutture fisse, più "professionali", che richiedono maggiori investimenti (comunque ancora relativamente bassi) e che fanno della tenuta termica un valore d'eccellenza; vengono generalmente utilizzati film di rivestimento a spessore maggiore, più resistenti e che comunque vengono prontamente sostituiti in caso di rottura, pena il non funzionamento dell'impianto a camera d'aria.

L'ancoraggio al terreno, per quanto riguarda la tipologia a tunnel, è ottenuto anche senza l'impiego di calcestruzzo, ma garantito da un tondello inserito in un foro realizzato alla base dell'arco, con funzione di zanca. Per quanto riguarda invece la tipologia a piedritti verticali, i montanti sono ancorati al suolo mediante fondazioni.

La forma morbida delle serre a tunnel, sicuramente si relaziona con il paesaggio in maniera nettamente diversa rispetto alle serre classiche a falde rettilinee. Mentre queste riprendono archetipi formali dell'edilizia (la "casa"), il tunnel, e comunque la curva, pare presentare delle potenzialità di inserimento paesaggistico, in alcuni casi maggiore, entrando in relazione con le forme organiche tipiche del paesaggio naturale. La *tipologia in ferro e materiali plastici rigidi* è definita da strutture fisse dotate di fondazioni; il rivestimento è costituito da lastre in materiale plastico rigido (lastre in PVC trasparente e opalino ondulate, lastre in policarbonato alveolare e compatto, generalmente ondulato, lastre in PMMA, lastre in poliestere rinforzato fibra di vetro).

Le caratteristiche principali riscontrabili sono la facilità di montaggio (struttura semi-leggera); l'alta resistenza agli agenti atmosferici (rivestimento); l'alta opacità all'infrarosso (determinante per un buon effetto serra); l'ottimo isolamento termico (specialmente per le lastre alveolari); l'elevata rigidità e tenacità del rivestimento. Si sottolinea inoltre la possibilità di finitura delle lastre con trattamenti anti-condensa e

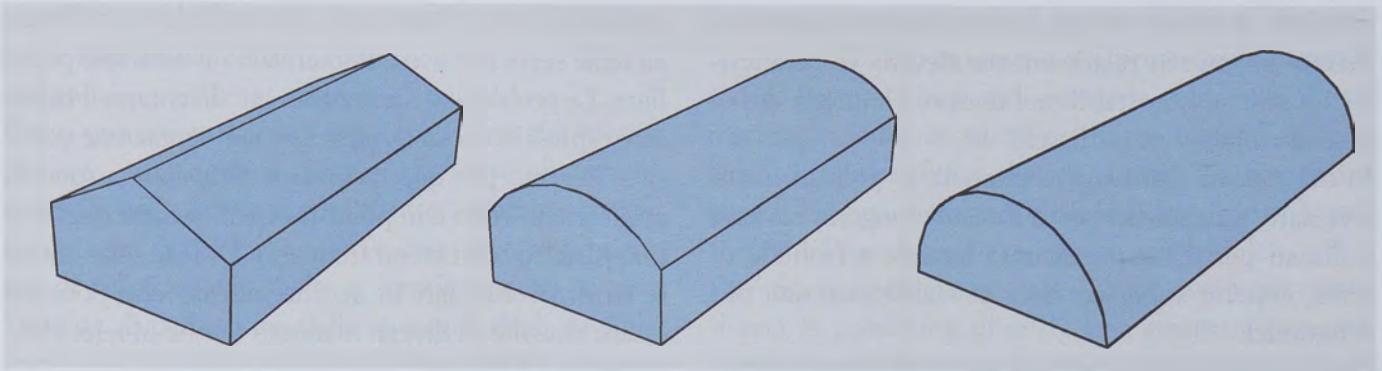


Figura 15. Forma e struttura: le tipologie esistenti.

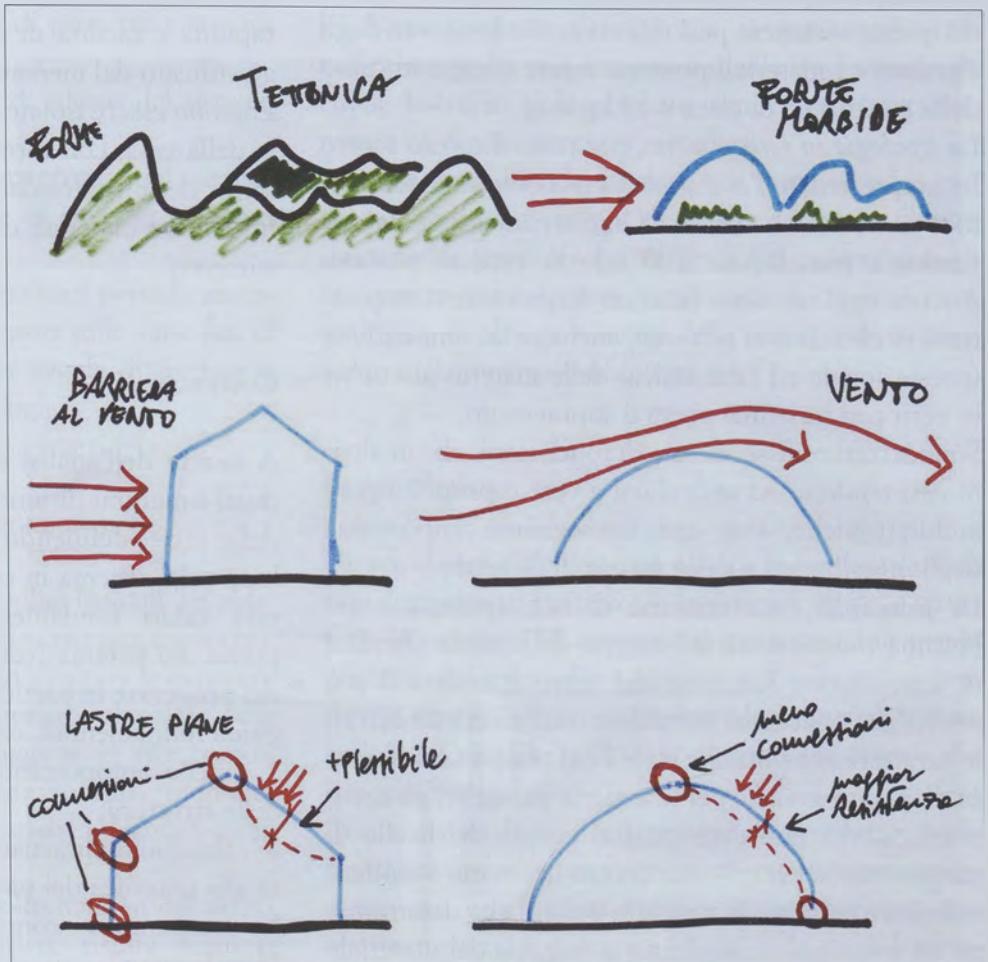


Figura 16. Schizzi di studio relativi alle relazioni tra forma e struttura.

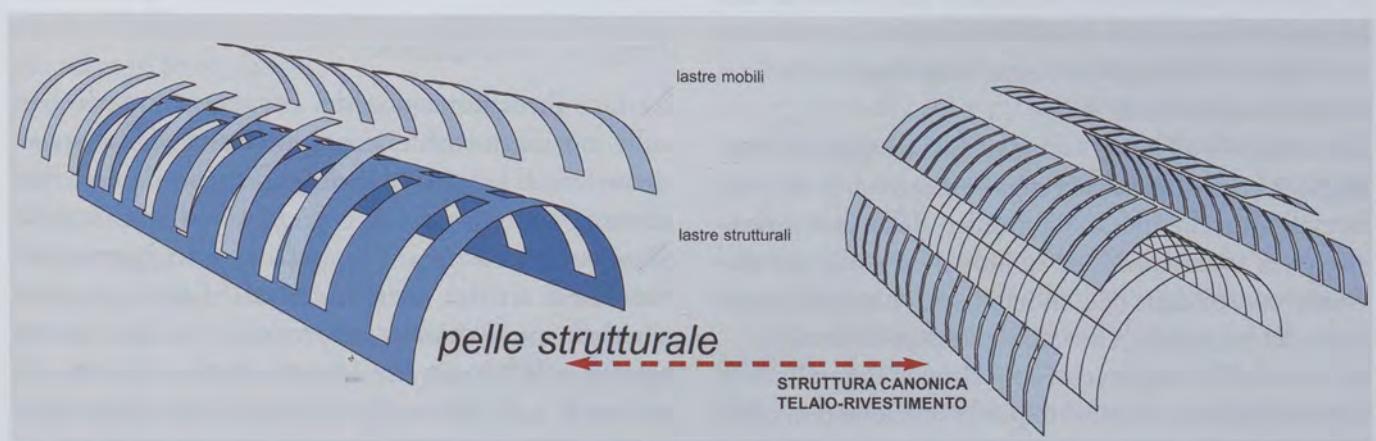


Figura 17. La tipologia strutturale definita.

anti-UV. A fronte di tali caratteristiche positive, si denota un prezzo relativamente elevato, le caratteristiche ottiche non stabili nel tempo, l'impiego di tali sistemi come strutture fisse.

In tali sistemi costruttivi, i pannelli in policarbonato alveolare, a causa del costo elevato, vengono sovente utilizzati per il tamponamento laterale e frontale di serre, coperte superiormente con altri materiali più economici.

Uno dei vantaggi di questa tipologia di serra, rispetto alle serre ferro-vetro - dirette concorrenti - è la leggerezza della copertura ma anche della struttura; doven-  
do questa sostenere pesi minori anche le sezioni degli elementi e i materiali possono essere alleggeriti (peso della struttura è di circa 9-12 kg/mq).

La *tipologia in ferro e vetro*, per tutto il secolo scorso ha rappresentato l'avanguardia tecnologica in tale set-  
tore e, attraverso successivi aggiornamenti, è stata la tipologia più diffusa fino ad un recente passato. Ancora oggi ne viene fatto un largo utilizzo, soprattutto in certi ambiti culturali, anche se la competitività (prestazionale ed economica) delle materie plastiche, in certi casi ha ormai preso il sopravvento.

Sono strutture fisse, dotate di fondazioni, che in alcu-  
ni casi tendono ad assimilarsi a vere e proprie opere architettoniche, con una conseguente importanza degli investimenti e delle risorse di progetto.

Le principali caratteristiche di tale tipologia sono: l'ottimà trasmissione nel campo del visibile (l'indice di trasmissione luminosa del vetro è ancora il più alto), l'alta opacità all'infrarosso (ottimo effetto serra), le caratteristiche ottiche stabili nel tempo (a differenza di quanto avviene per le materie plastiche, gli agen-  
ti atmosferici non determinano cadute del livello di trasparenza nel vetro). Per contro il sistema è tendenzialmente definito da strutture pesanti che determinano un montaggio complesso; la fragilità del materiale di rivestimento (vetro) ne limita la resistenza alle intemperie; dal punto di vista economico i prezzi sono piuttosto alti (i più cari tra tutte le tipologie) e ne limi-  
tano la competitività.

L'inserimento e l'integrazione di tali strutture nel paesaggio si può dire che avvenga in genere per rimandi formali all'archetipo architettonico della casa a dop-  
pia falda: un'integrazione quindi rivolta più agli ele-  
menti consolidati nell'immaginario comune come parte del paesaggio, che con il paesaggio stesso.

La *serra hobbistica*, invece, è un sistema per un'utenza non specialistica, e, proprio per la funzione non com-  
merciale dell'attività, ma di carattere personale e di svago, è costituita generalmente da materiali e sistemi

costruttivi in cui l'economicità non è più - a differenza delle serre per uso commerciale - il carattere peculiare. Le problematiche centrali qui diventano il carat-  
tere espressivo della struttura e l'ambientazione con il sito. Proprio per questo motivo diffusissime sono le miniserre in vetro e in policarbonato, mentre quelle in film plastico sono meno frequenti. Diffuse sono anche le strutture tubolari in acciaio zincato che possono essere rivestite di diversi materiali (cuffie in telo, poli-  
carbonato, PVC, ecc.).

Sono per lo più strutture mobili, trasportabili, di dimensioni contenute, caratterizzate da una elevata rapidità e facilità di montaggio. Il prezzo elevato è giustificato dal mercato di nicchia a cui si rivolgono. Possono essere isolate o addossate al muro perimetrale della casa, con forme di varia natura. Le tipologie sono definite fondamentalmente, oltre che dalla forma, dai materiali che definiscono struttura e rive-  
stimento.

### Concepts

A monte dell'analisi sullo *Scenario*, vengono individuati i margini di innovazione emergenti nell'ambito delle serre, definendo alcune linee guida per lo sviluppo del sistema in oggetto. Tali aspetti costituiscono i "valori" fondamentali da perseguire nella messa a punto del sistema (veri e propri marcatori d'identità del progetto); in particolare vengono definite tre linee guida fondamentali, così sintetizzabili:

- 1 - pelle autoportante - nell'ottica della riduzione delle strutture;
- 2 - flessibilità dimensionale e di forma - in riferimen-  
to alla tettonica del paesaggio;
- 3 - trasparenza - controllo dell'impatto ambientale e  
"fare leggero".

### Progetto e prototipazione

La fase di elaborazione del progetto fonda le basi sulle nozioni/considerazioni derivanti dalla prece-  
dente fase di lettura del contesto, con particolare rife-  
rimento alle linee guida emergenti dall'analisi dello *Scenario*. Lo sviluppo di tale fase avviene attraverso successive attività metaprogettuali, fino a giungere alla definizione del sistema prodotto e relativa proto-  
tipazione. Il Sistema Prodotto, in questo caso, coinci-  
de con il momento della progettazione metaproget-  
tuale e di massima, limitatamente alla definizione degli elementi costituenti il sistema, (prodotti, pro-

cesso) e non dell'insieme degli aspetti che definiscono *in toto* un prodotto (prodotto, processo, comunicazione).

Dopo una prima attività di *pianificazione del sistema prodotto*, funzionale a chiarire chi siano gli "attori" coinvolti nella ricerca e, soprattutto, a definire le azioni che ogni entità è chiamato a compiere, in un sistema di relazioni specifiche e complementari, si apre l'attività di definizione delle strategie, degli atteggiamenti, dei processi e dei metodi progettuali. L'attività si propone di definire i principi del sistema, attraverso una serie di azioni, quali:

- definizione delle prestazioni di progetto e stesura del sistema esigenziale
- approfondimento di aspetti di rilievo del sistema (la ventilazione)
- definizione tipologica della struttura e dei componenti del sistema: redazione di schemi di layout progettuali.

In fase di ricerca, tali aspetti sono stati periodicamente comunicati all'azienda con report sulle varie fasi di sviluppo, in modo da impostare tavole di confronto ed ottenere dei *feed-back* tecnologici.

#### *Forma e struttura: considerazioni tipologiche*

A fronte dello studio sulle possibilità formali del sistema in progetto, ci si è indirizzati verso una conformazione a volta, per poter al meglio sfruttare le caratteristiche strutturali del policarbonato alveolare, che offre garanzie di resistenza maggiore in tale conformazione, rispetto alla lastra piana, soprattutto in curvatura a freddo, per le caratteristiche tensionali interne che si vengono a creare.

In particolare la risposta alle sollecitazioni del vento, elemento particolarmente critico, risulta migliore rispetto alla conformazione a pareti verticali, introducendo un elemento di ulteriore competitività rispetto alla serra in ferro-vetro.

La forma ad arco si rifà a riferimenti formali consolidati nel settore serricollo, quelle dei tunnel mobili in ferro e copertura a film plastici. Inoltre, da un punto di vista espressivo, tale forma asconde la tetttonica del paesaggio in modo più "naturale" rispetto alle conformazioni rettilinee. In quest'ottica e in accordo con il concept relativo alla variabilità di forma e dimensione, si propone un sistema definito da due mezzi archi incernierati alla sommità che, ruotando nel punto di cerniera, possano definire configurazioni diverse. Tale flessibilità permette un adattamento del

sistema a diverse situazioni ambientali, quali differenti misure del lotto di terreno o la presenza di terrazzamenti. Permette inoltre di gestire la volumetria d'aria interna, modulabile su differenti tipologie di coltivazioni, oltre a conferire al sistema un "aspetto paesaggistico" nuovo, non uniforme, in accordo con la tetttonica del paesaggio (inserimento ambientale).

Definita la tipologia formale a volta, viene qui considerata la possibilità di avere una struttura portante determinata dalle stesse lastre in policarbonato alveolare (parte fissa), con elementi di tamponamento sempre in PC per le aperture di ventilazione (parte mobile). Viene insomma definita una tipologia strutturale radicalmente diversa rispetto a quella tradizionale, in cui le lastre in policarbonato sono mero tamponamento su di una struttura metallica.

L'arco è composto da due lastre di lunghezza 5,2 m e raggio 3,5 m, dimensioni che, oltre ad essere dettate da capacità produttive e di gestione, permettono di mantenere soddisfacenti prestazioni di capacità contenitiva e di altezza minima della traversa di controvento nelle diverse configurazioni.

#### *La ventilazione*

La ventilazione del sistema è stata individuata quale uno degli aspetti centrali per la definizione della struttura: la necessità di avere parti movimentabili per la gestione del microclima interno secondo indici prestazionali predefiniti, influenza decisamente alcune scelte tecnologiche e di impostazione che stanno alla base del progetto.

Una volta analizzate le tipologie di ventilazione esistenti nei sistemi-serra (per effetto camino; per convezione con unica apertura; per attraversamento con aperture contrapposte), e a fronte delle considerazioni sulla tipologia della struttura e sulle modalità di ventilazione, ci si è indirizzati verso un sistema che prevede l'alternanza tra lastre strutturali e mobili, in un rapporto di 2 a 1 per frequenza, di modo da accrescere la sezione portante. La movimentazione delle aperture è stata definita secondo lo schema a cerniera in chiave di volta.

L'apertura avviene ad una altezza dal suolo di 70 cm, secondo normativa, in modo che le colture non siano investite direttamente dal flusso d'aria.

Sono stati analizzati e ipotizzati alcuni sistemi meccanici per l'apertura delle finestre per identificare la tipologia verso la quale indirizzarsi. Il sistema più adatto sembra essere quello a tubo pignone con aste

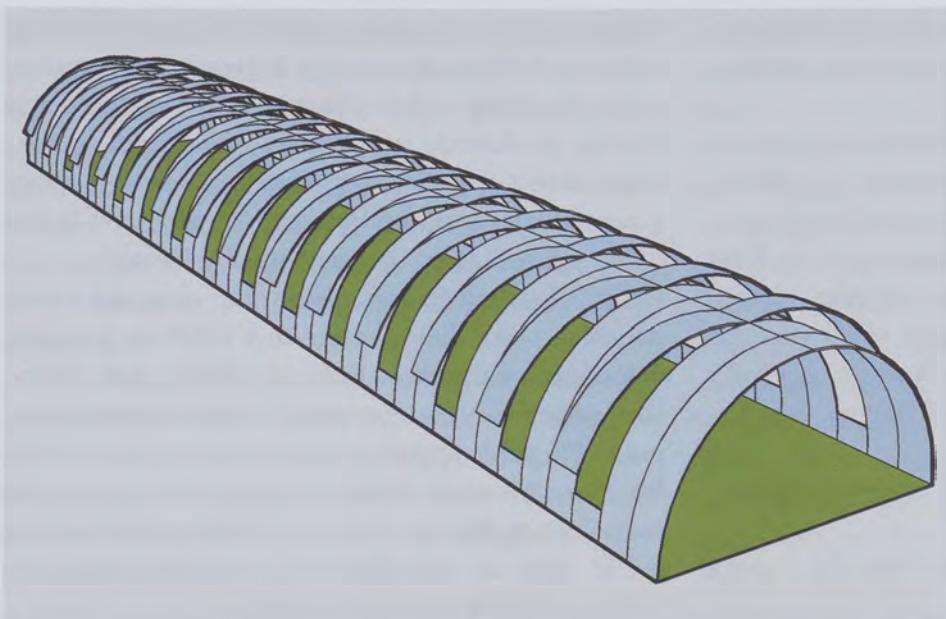


Figura 18. Il sistema adottato: la movimentazione delle aperture.

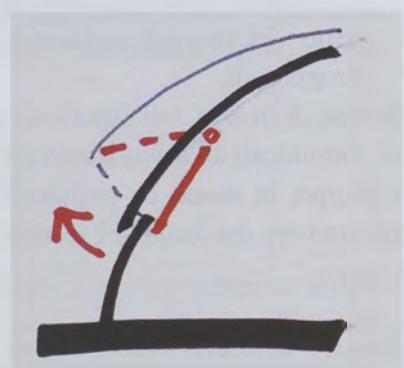
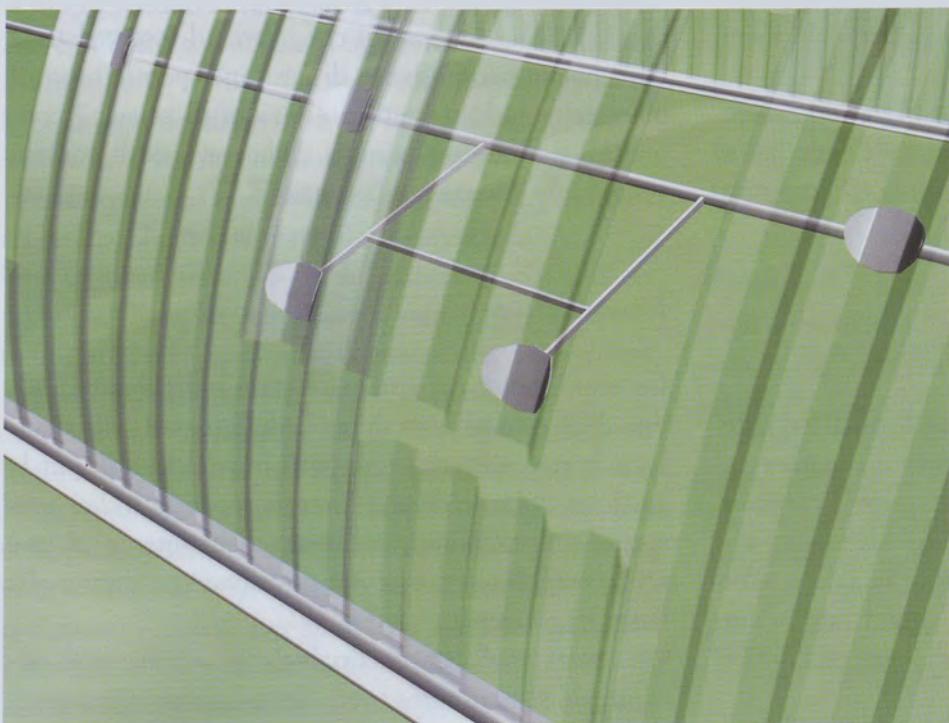


Figura 19. Apertura mediante rotazione del tubo pignone.

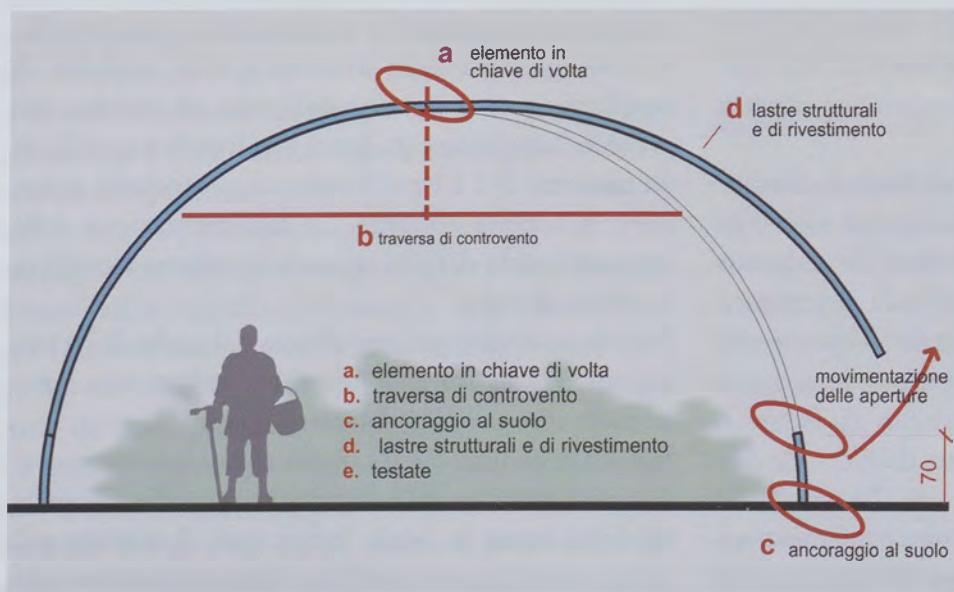


Figura 20. I componenti del sistema.

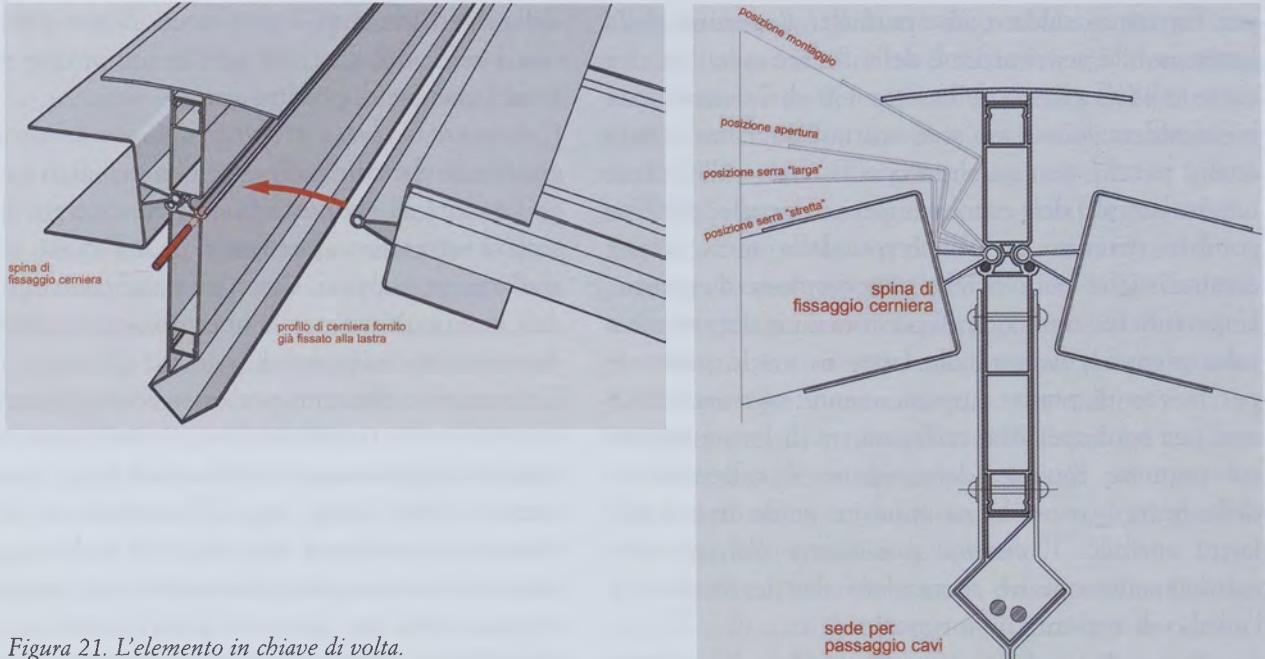


Figura 21. L'elemento in chiave di volta.

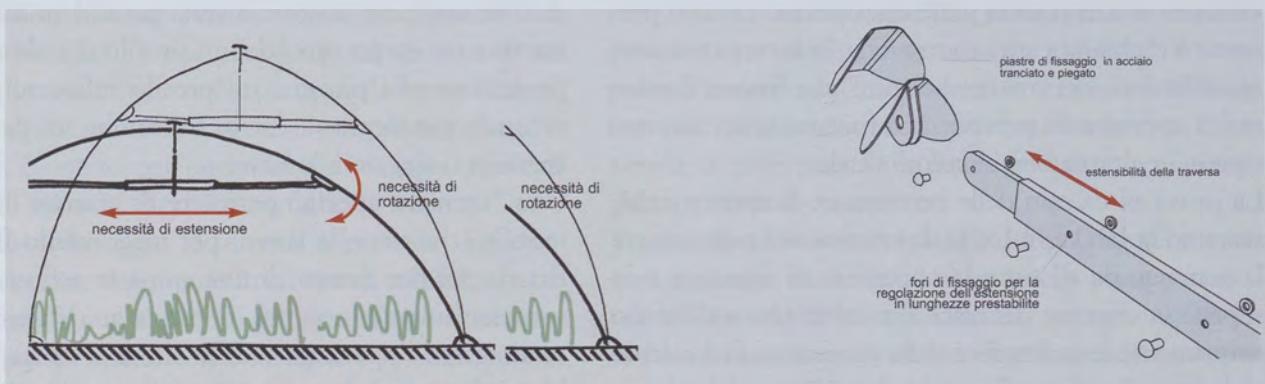


Figura 22. La traversa di controvento: prestazioni di flessibilità dimensionale e di forma del sistema.

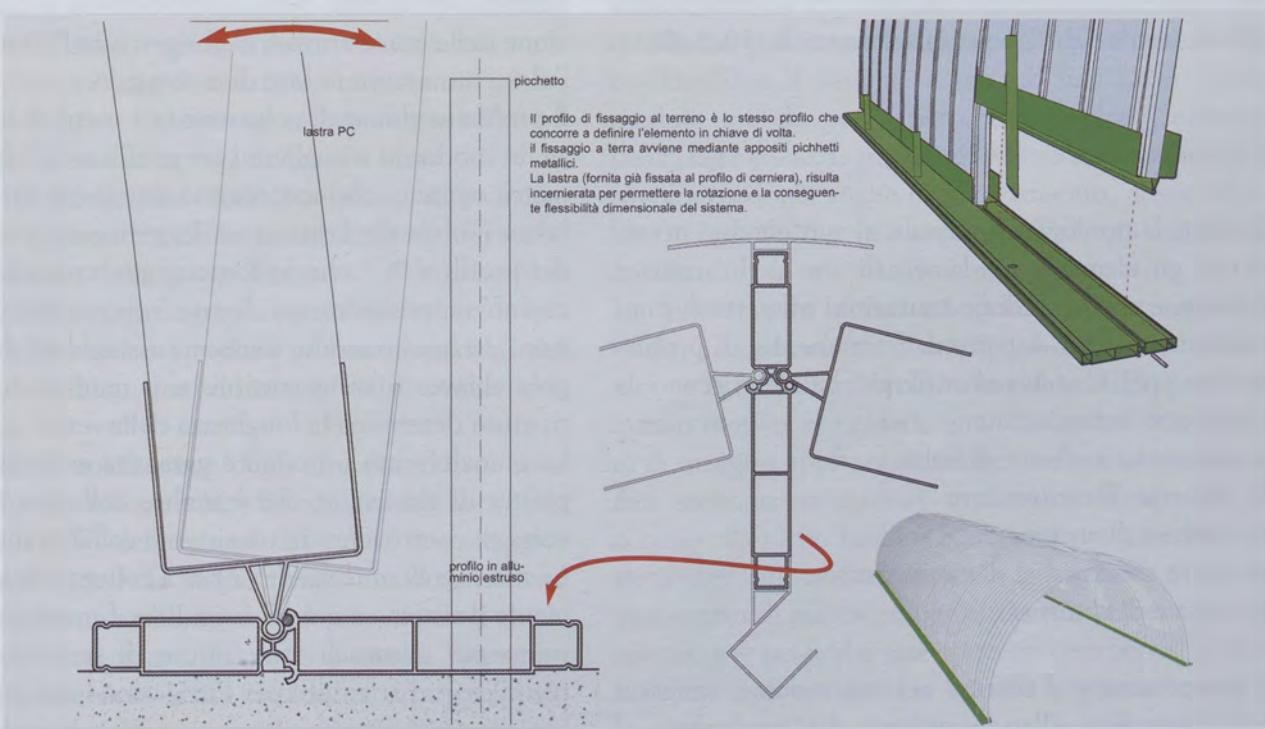


Figura 23. Il fissaggio al terreno.

per l'apertura saldate, che permette l'apertura della lastra mobile per rotazione del tubolare metallico che corre nella lunghezza della serra. Gli altri sistemi presi in considerazione sono stati scartati dopo un'attenta analisi perché non garantiscono la tenuta alle spinte (anche laterali) del vento, per motivi di costo, per l'ingombro determinato all'interno della serra, o per caratteristiche tecnologiche più complesse da gestire. L'apertura funziona quindi per rotazione del sistema a tubo pignone, fissato sulle lastre in modo puntuale per mezzo di piastre appositamente sagomate. Due aste per ogni apertura, collegate tra di loro e saldate sul pignone rotante, determinano il sollevamento delle lastre scorrendo su apposite guide fissate alla lastra apribile. Il sistema può essere movimentato manualmente oppure comandato elettricamente con l'ausilio di apposite motorizzazioni.

Le piastre di fissaggio che "pinzano" le lastre sono elementi evidenti sulla pelle del sistema. La loro presenza è dichiarata anche attraverso la forma circolare, quasi fossero dei "macro-bottoni" che fissano il sistema di apertura. Si prevede una finitura in acciaio zincato e, in alternativa, in colore verde.

La prova di calcolo delle percentuali di apertura che, secondo la UNI EN 13031-1, consiste nel rapporto tra la sommatoria di tutte le superficie di apertura e la superficie coperta, definisce dei valori che soddisfano ampiamente le indicazioni della normativa. Dal calcolo si deduce che, per un'apertura determinata dal sollevamento della lastra di 80cm, le percentuali di apertura derivanti risultano essere del 34% per la serra piccola (11x6x3m), e del 38% per la serra grande (50x8x4m).

### *I componenti del sistema*

Definita la tipologia strutturale, si mettono qui in evidenza gli elementi fondamentali che definiscono il sistema, e che prevedono trattazioni progettuali puntuali, sia a livello di parte dell'insieme, sia di problematica specifica. I sottosistemi che definiscono la serra sono individuati in:

- a. elemento in chiave di volta
- b. traversa di controvento
- c. sistema di ancoraggio al suolo
- d. lastre strutturali e di rivestimento
- e. testate di chiusura

I componenti e il sistema nel suo insieme, vengono sviluppati fino alla definizione dei particolari, al dimensionamento e alle specifiche costruttive (fase

della ricerca in cui si ha un'intensificarsi dei rapporti con i referenti aziendali per le opportune verifiche tecnologiche e di produzione).

L'elemento in chiave di volta è definito dal profilo longitudinale che corre sull'estremità dell'arco e che svolge funzioni di supporto in sospensione per elementi tecnici (irrigazione, generatori di aria calda, circolatori d'aria, vasi appesi, altro), giunzione e irrigidimento dell'arco, cerniera per le aperture, controventatura e distanziatore tra i moduli.

L'elemento è ottenuto per estrusione d'alluminio, in accordo con le tecnologie proprie dell'azienda di riferimento (i sistemi costruttivi attualmente prodotti in azienda fanno largo uso di accessori in alluminio estruso che, sebbene non vengano realizzati direttamente in loco ma commissionati a terzi, rappresentano una tecnologia "propria" per l'azienda).

Il profilo in chiave di volta è composto da quattro distinti componenti (tre diversi profili) in alluminio estruso: un corpo centrale, un profilo di colmo per la protezione alla pioggia, un profilo inferiore per l'eventuale passaggio di cavi e tubazioni, un profilo di cerniera collegato alle lastre.

Una "cerniera aperta" permette di inserire il profilo mobile (che tiene la lastra) per inserimento frontale, fissato poi per mezzo di una spina in teflon inserita successivamente (non per innesto a guida quindi, che renderebbe l'operazione difficoltosa a causa di problemi di attrito). La rotazione della cerniera è tale da permettere la definizione di un buon range di conformazioni del sistema, oltre a permettere la movimentazione delle lastre apribili e ad agevolare l'innesto dell'elemento a terra in fase di montaggio.

il profilo in chiave di volta misura 3 metri di lunghezza, in modo da accogliere i tre profili a "C" lunghi 1 metro ognuno, che contengono due lastre fisse e una lastra mobile (le lastre sono leggermente più larghe dei profili a "C" che le contengono, in modo che si crei sovrapposizione tra di esse in posizione di chiusura). In questo modo, il sistema assemblato della singola chiave di volta costituisce il modulo base che ripetuto determina la lunghezza della serra.

La giunzione tra i moduli è garantita in chiave dalla piastra di giunzione, che è inoltre collegata alla traversa di controvento in un sistema collaborante.

La traversa di controvento, oltre a collegare trasversalmente il sistema e quindi irrigidirlo, funziona da supporto per eventuali attrezzature di servizio appese (ventilatori d'aria, tubi per l'irrigazione, teli per l'ombreggiamento, ma anche vasi, ecc.), di carico non eccessivo.

La giunzione della traversa con la lastra è ottenuta mediante piastre (metalliche o in policarbonato compatto) che pinzano "a sandwich" le lastre nel loro punto di sovrapposizione.

Peculiarità della traversa è la possibilità di estendersi longitudinalmente e di poter ruotare nel punto di giunzione con le lastre, di modo da consentire la flessibilità dimensionale e di forma del sistema. Tale estensibilità, è ottenuta con sistema telescopico, utilizzando un profilo scatolare rettangolo in acciaio zincato (in posizione verticale per meglio sfruttare le caratteristiche strutturali del profilo).

Per quanto riguarda il sistema di *ancoraggio al suolo*, data la necessità di un fissaggio proprio di una struttura leggera e mobile, in modo da permettere cioè il riposizionamento della serra (gli apprestamenti sericolli mobili, senza fondazioni fisse, non sono soggetti ad autorizzazione comunale e pertanto più "liberi" nella gestione), e per evitare tecnologie "pesanti", si prevede un sistema per infissione nel terreno di un profilo di base collegato alle pareti della serra. A fronte di analisi su diverse ipotesi di vincolo non permanente, si è optato per un sistema di fissaggi puntuali mediante appositi picchetti metallici.

Il profilo di fissaggio al terreno è lo stesso che concorre a definire l'elemento in chiave di volta. La lastra (fornita già fissata al profilo di cerniera), risulta incernierata per permettere la rotazione e la conseguente flessibilità dimensionale del sistema.

Tale sistema pare garantire una certa immediatezza nella posa e riposa del sistema, oltre a ripercorrere tipologie di fissaggio già sperimentate in tali strutture. Le *lastre strutturali e di rivestimento* dovranno garantire buone caratteristiche meccaniche unitamente ad un soddisfacente comportamento alla luce.

Le caratteristiche strutturali dipendono da numero, forma e dimensione delle pareti interne, oltre che dallo spessore della lastra: l'aumento del numero di pareti interne contribuisce sicuramente ad un incremento della rigidità e della coibenza termica, per contro determina una riduzione della trasmissione luminosa.

Anche la conformazione degli alveoli influisce sulle caratteristiche meccaniche e fisico-tecniche: la conformazione a "X" delle pareti determina una maggior indeformabilità della lastra, determinando però allo stesso tempo un aumento del numero di pareti che la luce deve attraversare. Allo stesso modo, l'aumento dello spessore della lastra determina un incremento delle caratteristiche meccaniche, ma deve essere supportato da una costolatura più spessa.

L'accoppiamento di lastre può risultare un ottimo sistema dal punto di vista della resistenza meccanica, però sicuramente determina una perdita delle caratteristiche ottiche ed un aumento dei costi di produzione, oltre all'aumento della complessità costruttiva (giunzione delle lastre, fissaggio ad altri componenti, ecc.). Anche la conformazione della lastra influisce sul comportamento meccanico e fisico-tecnico: la nervatura e la forma grecata o ondulata aumentano sensibilmente la rigidità, permettendo uno spessore ridotto e quindi mantenendo buone caratteristiche ottiche.

Le caratteristiche strutturali e di trasmissione luminosa del componente dipendono quindi dal numero, forma e dimensione delle nervature, e delle greche, oltre che dallo spessore della lastra.

A fronte di tali considerazioni e della specifica di briefing di utilizzare semilavorati di produzione dell'azienda, si è optato per l'impiego di lastre alveolari grecate *Arcoplus 1000*, lastre che possiedono le migliori garanzie strutturali, a fronte di un soddisfacente comportamento ottico (trasparenza) e termico. Inoltre le lastre in questione sono un prodotto esclusivo dell'azienda, a differenza delle lastre ondulate, appannaggio di numerosi concorrenti.

Trattasi di una lastra alveolare a doppia parete, a spessore piuttosto contenuto (10 mm nella parte orizzontale e 7 mm nella parte inclinata), ma con una greca sufficientemente pronunciata (h 10 cm) da garantire una notevole rigidità del manufatto. Può essere curvata a caldo con le tecnologie proprie dell'azienda. La dimensione di 1 metro di larghezza si concilia con quella che può essere la scansione degli elementi che costituiscono il sistema: 2 moduli fissi (2 m) e un modulo mobile per l'apertura (1 m). La geometria delle lastre è tale da permetterne l'accoppiamento per sovrapposizione, anche in accostamento, grazie all'aletta terminale che va a coprire sull'aletta della lastra contigua.

Le *testate* della serra sono l'elemento attraverso il quale si accede alla struttura, anche con mezzi meccanici, se la modalità di coltura lo richieda. Proprio per questo motivo, si richiede una prestazione di progetto di maggior apertura possibile (i valori minimi sono dati secondo normativa), in termini di capacità di accesso alla serra. Inoltre, per eseguire alcune lavorazioni meccanizzate, si riscontra la necessità di avere uno spazio di manovra, per effettuare l'inversione di marcia, che potrebbe essere esterno alla serra. Di qui la necessità di un'apertura "a tutta larghezza".

Le aperture più correnti sono quelle a battente, singolo o doppio, oppure a scorrevole orizzontale. Si

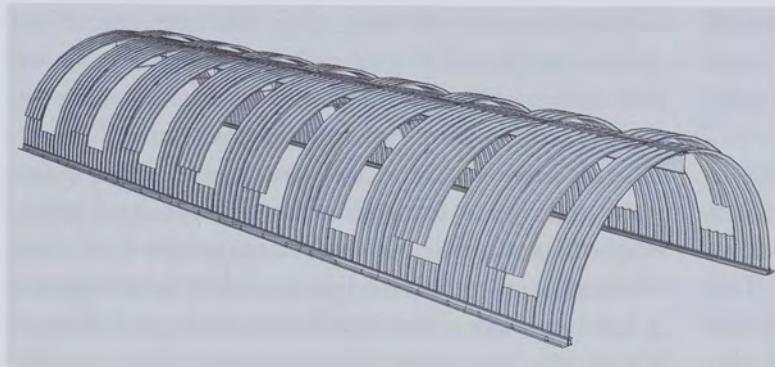


Figura 24. Le lastre strutturali e di rivestimento.

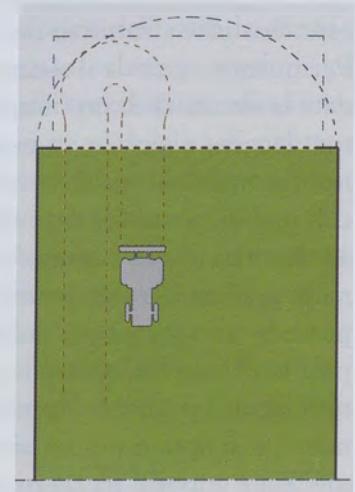
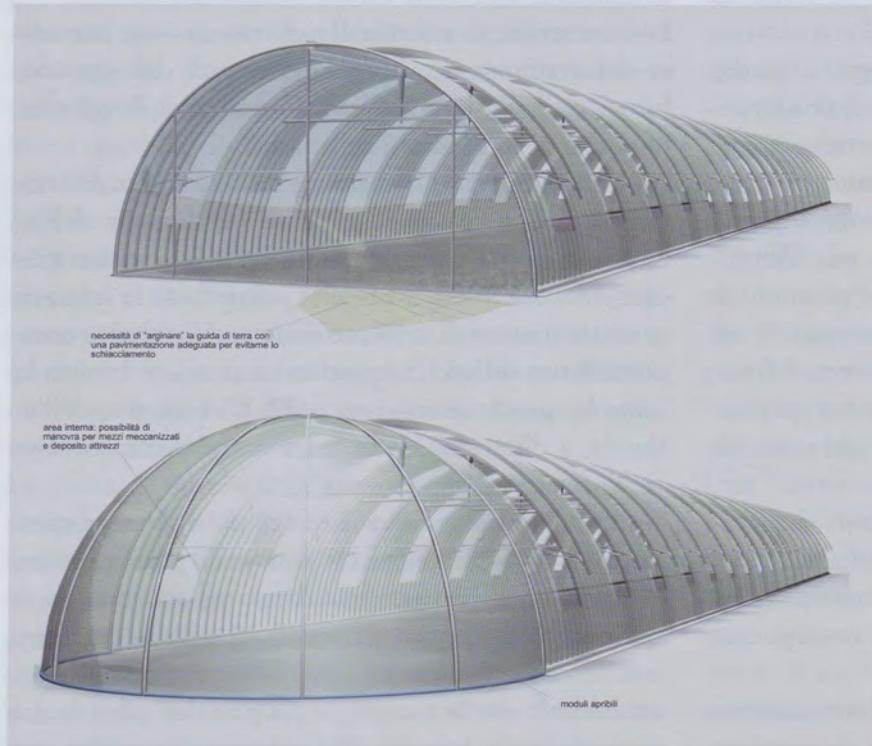
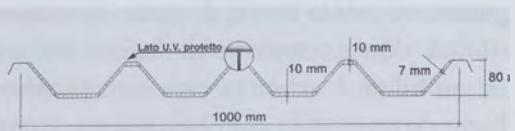


Figura 25. Le testate di chiusura.

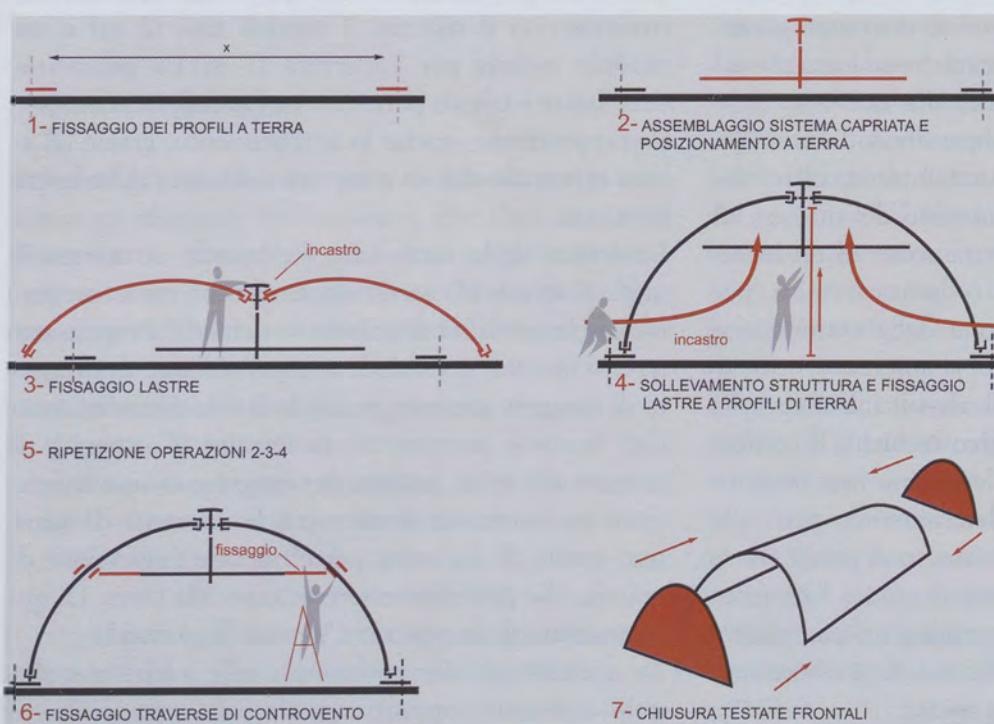


Figura 26. Schema di montaggio.



Figura 27. La serra prototipata.



Figura 28. Montaggio e dettagli.

può comunque pensare che tipologie a soffietto o a battente orizzontale potrebbero comunque essere utilizzate, nell'ottica del minor ingombro e dell'incremento della superficie apribile.

Il sistema di chiusura frontale, si configura come un elemento di tamponamento portato dal rispettivo telaio. La flessibilità di dimensione e di forma della testata aperta, fa sì che il sistema di chiusura venga prodotto in quattro misure, a seconda della conformazione utilizzata.

La risoluzione di questa parte del progetto, viene lasciata aperta a due possibili risposte: una prima ipotesi prevede una testata piana con meccanismo di apertura a soffietto o a scorrimento; in alternativa si ipotizza un sistema di testata a forma emisferica con apertura a scorrimento su guide.

La necessità di accessibilità alla serra ai mezzi meccanici (trattori, ecc.), può determinare lo schiacciamento e scalzo della guida ad opera della dentatura delle ruote delle macchine, se questa è semplicemente interrata a filo terreno.

Si ipotizza quindi (sia nella tipologia di testata piana che in quella emisferica) di "perimettrare" la guida di terra con pavimentazione tipo autobloccante, dove i moduli siano tali da accoppiarsi alla guida e bloccarne la posizione per forma. Un'altro approccio possibile consiste nel bloccare similmente la guida a terra con un cordolo di elementi (pietra, cemento, ecc.) disposti linearmente sul confine della guida.

La conformazione della testata a cupola emisferica presenta alcune caratteristiche prestazionali interessanti: permettendo un'apertura quasi completa della facciata, consente di creare lo spazio di manovra per mezzi meccanici all'interno della serra, inoltre l'area "aggiunta" che si viene a creare potrebbe individuare una zona di deposito attrezzi.

### *Approccio al montaggio*

Il sistema è concepito in modo che possa essere assemblato da due persone senza attrezzature particolari. La maggior parte dei componenti presenta sistemi di connessione ad incastro per velocizzare le operazioni.

Sequenza delle operazioni per il montaggio:

- 1 - fissaggio dei profili a terra
- 2 - assemblaggio sistema capriata e posizionamento a terra
- 3 - fissaggio lastre
- 4 - sollevamento struttura e fissaggio lastre a profili di terra

5 - ripetizione operazioni 2-3-4

6 - fissaggio traverse di controvento

7 - chiusura testate frontali

### *Verifica e misura delle caratteristiche*

L'ultima fase della ricerca si occupa di gestire le azioni di verifica delle prestazioni offerte dal sistema definito.

Le prestazioni prese in considerazione per la verifica sono di carattere funzionale (utilizzo/ergonomia, meccaniche, fisico-tecniche); economiche (posizionamento del sistema sul mercato); d'impatto ambientale (ciclo di vita, impatto visivo, leggerezza in generale). Tali prestazioni sono state misurate in maniera empirica in prima battuta, verifica di massima dove possibile (quantificazione economica, caratteristiche delle lastre), pianificazione dei test da compiersi negli altri casi.

### *Prototipazione del sistema*

La prima attività di quest'ultima fase della ricerca, consiste nella prototipazione del sistema per le opportune verifiche progettuali e tecnologiche. Definite in accordo con l'azienda le modalità di prototipazione-modellazione, si è proceduto alla costruzione di ogni componente e quindi del sistema assemblato (in scala al vero, per una lunghezza di 9m, pari a tre moduli di apertura, e per una larghezza dell'arco di 6,5m).

Attingendo dalla corrente produzione delle lastre *Arcoplus 1000*, definita la misura del taglio sulla linea di estrusione e la raggiatura di progetto (350 cm), sono state prodotte le lastre curvate che definiscono il sistema involucro.

Gli elementi di connessione e i profili di fissaggio sono stati prodotti dall'azienda in lamiera d'acciaio zincato piegato. La traversa di controvento è invece stata realizzata con un tubolare di diametro 40 mm.

I profili a "C" di cerniera facenti parte del sistema in chiave di volta sono state realizzate per piegatura di lamiera, giuntata con un elemento di cerniera in alluminio, già in produzione dell'azienda, appositamente modificato. Il profilo è stato successivamente fissato alla lastra in policarbonato mediante bulloni passanti.

I profili di fissaggio al terreno sono stati ottenuti per rivettatura di due lamiere zincate curve a "L". Dei fori di diametro 22 mm sono stati eseguiti a distanza di 1 metro sulla parte della "L" a contatto con il terreno, per poter fissare il profilo a terra mediante dei tubolari in acciaio zincato di diametro 20 mm.

ELEMENTO	COMPONENTI	N. PEZZI	M.L. TOT	MQ TOT	PESO TOT	LAVORAZIONI AGGIUNTIVE	NOTE	COSTO
1	lastre PC			530 mq		calandratura forature	singola lastra 100x519 cm	7.950,00 €
2	estrusione AL chiave di volta	17 pz da 3m	51m		160 kg	forature	-sez 12 cmq ingmbro sez 25x10 cm	480,00 €
3	estrusione AL cerniere	38 pz da 1m 32 pz da 2m	102 m		112 kg	forature	-sez 4,2 cmq ingmbro sez 8,5x9,5 cm	336,00 €
4a	estrusione AL profili a terra	34 pz da 3m	102 m		182 kg	forature		546,00 €
4b	profili a terra in acciaio	34 pz da 3m	102 m		549 kg	forature zincatura		0,7 €/kg
5	sistema di controventatura	tubolari FE diam35 lastre FE piegato sp2 piastre fissaggio FE	16 pz da 4,23m 32 pz 64 pz	67,2 m 5,3 mq	94 kg	fori + zincatura	alternativa in AL	141,00 €
6	picchetti fissaggio terra	A) Tubolari FE d20 B) tecnopoliomer	102 pz 102 pz	50 m circa	44 kg	fori piegat. Saldat.	alternativa in AL (27kg) alternativa in AL	87,00 € 51,00 €
7	movimentazione aperture (sistemi)		32 pz				elemento a vite stampo iniezione	66,00 €
8	testate						sup 18mq sup tot 36 mq	3.800,00 € 1.800,00 €
								TOT 15.257,00 € 46 €/mq

Tabella 5. Definizione dei costi del sistema.

	<b>TONDINO DI ACCIAIO ZINCATO PIÙ FILM PLASTICO</b>	20 €/mq prezzi da listino 2003	- automontaggio - fondazioni: no - sostituzione film: € 3.330 (4 volte) - interessi sull'investimento: € 993 (1% annuo)	10.943 €
	<b>AUTOPORTANTE IN POLICARBONATO ALVEOLARE</b>	46 €/mq prezzi da listino 2004	- automontaggio - fondazioni: no - interessi sull'investimento: € 2.284 (1% annuo)	17.510 €
	<b>STRUTTURA ACCIAIO ZINCATO PIÙ DOPPIO FILM PLASTICO</b>	33 €/mq prezzi da listino 2003	- montaggio (20%): € 3.310 - fondazioni (15%): € 2.482 - sostituzione film: € 4.326 (4 volte) - interessi sull'investimento: € 2.482 (1% annuo)	23.523 €
	<b>STRUTTURA ACCIAIO ZINCATO PIÙ POLICARBONATO ALVEOLARE</b>	40 €/mq prezzi da listino 2003	- montaggio: € 3.972 - fondazioni: € 2.979 - interessi sull'investimento: € 2.979 (1% annuo)	23.170 €
	<b>STRUTTURA ACCIAIO ZINCATO PIÙ VETRO</b>	60-100 €/mq prezzi da listino 2003	- montaggio: € 5.958-9.930 - fondazioni: € 2.979-7.447 - interessi sull'investimento: € 4.468-7.447 (1% annuo)	32.934 - 57.262 €

Tabella 6. Sintesi comparativa tipologie/costti.

Il sistema in chiave di volta è stato realizzato per accoppiamento di due "L" piegate, giuntate a loro volta con un elemento di cerniera in alluminio modificato, già in produzione dell'azienda (U per bancalina in alluminio).

Le finestre sono incernierate e funzionanti, mentre il meccanismo di apertura, attualmente in fase di prototipazione, non è stato ancora sperimentato.

I primi feed-back del prototipo, di carattere "empirico", hanno riguardato la stabilità del sistema: la serra è rimasta montata per 5 mesi (giugno-novembre 2004) in un campo presso La Loggia (Torino), senza presentare visibili movimenti o deformazioni.

Un altro aspetto messo in evidenza dalla prototipazione riguarda il comportamento delle aperture: l'elevata oscillazione al vento delle lastre mobili (finestratura) ha determinato scelte di rafforzamento della struttura del sistema di apertura (sistema di movimentazione a doppia staffa).

Il montaggio inoltre è risultato ancora complesso in alcuni passaggi, ragion per cui il progetto è stato poi rivisto nell'ottica della semplificazione.

#### *Analisi dei costi del sistema*

È stata quindi svolta un'attività di definizione dei costi del sistema, finalizzata all'individuazione del posizionamento del prodotto sul mercato.

Una stima dei costi di produzione dei singoli componenti del sistema, già comprensivi delle spese e del ricarico dell'azienda, in riferimento ad una serra di 50 metri di lunghezza, ha permesso di definire un prezzo finale, comparabile con quelli correnti sul mercato delle serre. Per i sistemi studiati *ad hoc* (ad esempio movimentazione delle aperture), ci si è basati su preventivi richiesti ad aziende specializzate.

Per le testate di chiusura, ancora in fase di definizione, si è fatto riferimento ad un prezzo a metro quadro di sistemi di finestratura.

La comparazione con gli altri sistemi di coltivazione protetta esistenti è stata fatta partendo dal prezzo a metro quadro, considerando un investimento a 15 anni (garanzia policarbonato alveolare), tenendo quindi conto dell'ammortamento nel tempo: gli interessi sull'investimento (definiti 1% annuo), il decadimento e sostituzione di materiali, le voci di posa, ecc. I costi così definiti sono stati poi tradotti in un costo totale di una serra di metratura data (330 mq).

I costi di sistemi di climatizzazione sono stati esclusi nel computo, perché legati ad esigenze specifiche.

#### *Quadro dei test prestazionali*

L'ultima attività di verifica riguarda le misure prestazionali da laboratorio, meccaniche e fisico-tecniche da compiersi.

Con quest'attività, la ricerca si è assunta il compito di prospettare e pianificare il lavoro (successivo, esterno alla ricerca) pertinente la fase di ingegnerizzazione volta alla produzione del sistema, attraverso la definizione delle caratteristiche da misurare e delle modalità.

Sono stati quindi definiti i test prestazionali da svolgersi - di laboratorio o di calcolo - mediante la messa a punto di un quadro di test che possa orientare nella misurazione delle caratteristiche statico-meccaniche e fisico-tecniche.

Il quadro-test è definito dall'insieme delle schede prestazionali che riportano, oltre alla caratteristica da misurare, l'elemento oggetto del test (serra/lastra), la prestazione da soddisfare, il metodo di prova, gli strumenti necessari, i laboratori o le strutture di riferimento adeguati allo svolgimento delle misurazioni, la normativa di riferimento.

In particolare, le caratteristiche meccaniche riportate sono: resistenza alle sollecitazioni da carichi permanenti (peso proprio); resistenza alle sollecitazioni da carichi permanenti degli impianti (riscaldamento, raffreddamento, ventilazione, luce artificiale, ombreggiamento, irrigazione, umidificazione, ecc.); resistenza alle sollecitazioni da azione del vento; resistenza alle sollecitazioni da carico della neve; resistenza alle sollecitazioni da carichi d'esercizio (peso delle coltivazioni, carichi concentrati: manutenzione, carichi d'impianti non permanenti); resistenza all'urto accidentale; reazione al fuoco; deformazione sotto carico (frecia). Allo stesso modo, le caratteristiche fisico-tecniche riportate nelle schede sono: tenuta all'aria; trasmissione luminosa; trasmittanza termica; invecchiamento alla luce; invecchiamento termico.

Ricerca d'innovazione di prodotto svolta in collaborazione con l'Azienda dott. Gallina s.r.l.

*Marco Bozzola, Architetto, Dottore di Ricerca in Innovazione Tecnologica per l'Architettura e il Disegno Industriale, assegnista di ricerca, Politecnico di Torino.*

## Bibliografia

- OBERBACH, Karl, 1999 (a cura di), *Manuale delle materie plastiche / Hansjürgen*, Tecniche Nuove, Milano.
- SALVI, S. A., 2001, *Plastica, tecnologia, design*, Hoepli, Milano.
- PEZZIN, G., 1990 [et alii], *Le materie plastiche e l'ambiente*, Grafis, Bologna.
- IMBRIGHI, Giampaolo, 1993, *Trasparenze: vetro e materiali sintetici*, NIS, Roma.
- SAIN-GOBAIN GLASS, 2000, *Manuale del vetro*, Saint-Gobain Glass Italia s.p.a., Milano.
- BISTAGNINO, Luigi, 2003, *Design con un futuro*, Time&Mind, Torino.
- TESI, Romano, 2001, *Colture Protette ortoflorovivaismo*, Edagricole, Bologna.
- DE VLEESCHOUWER, Olivier, 2001, *Greenhouses and conservatories*, Flammarion, Parigi.
- TESI, Romano, 1999, *Mezzi di protezione per l'ortoflorofrutticoltura ed il vivaismo*, Edagricole, Bologna.
- HURPY, Isabelle, 1984, *Le serre bioclimatiche: costruzione, progettazione, costruzione*, Tecniche Nuove, Milano.
- MALQUORI, L., *Studio degli apporti solari in alcune tipologie di serra*, in "Colture protette", n. 5, 1993, pp. 14-19.
- ALPI, Amedeo, 1990, *Coltivazione in serra: attuali orientamenti scientifici e tecnici*, Edizioni agricole, Bologna.
- AGRITECNOSERRE, *Serre: costruzione e impiego*, 1985, ricerche e relazioni presentate alla mostra specializzata dei materiali, delle strutture, degli impianti e delle tecniche e sistemi tecnologici avanzati per le coltivazioni in serra, Federagrario, Albenga.
- TESI, Romano, 1979, *Moderne tecniche di protezione in orto-coltura, floricoltura e frutticoltura*, Edagricole, Bologna
- EN-Norma 13031-1: 2001 - *Greenhouses: design and construction*.
- UNI-Norma 10452:1995, UNI - *Lastre ondulate ed alveolari di materiale plastico trasparente, incolore o traslucido per serre ed apprestamenti analoghi. Tipi, dimensioni, requisiti e metodi di prova*.

# Un altro passo avanti per assicurare la qualità della costruzione

MARCO FILIPPI

In Italia il consumo energetico degli edifici non industriali ammonta, in termini di energia per usi finali, a circa 41 milioni di tep (tonnellate di petrolio equivalenti), nell'ambito dei quali gli edifici a uso terziario - commercio, ristorazione, credito e assicurazioni, comunicazioni, settore pubblico - incidono per circa il 30%, mentre gli edifici a uso residenziale per il restante 70%. Pertanto, considerando che le famiglie italiane hanno a disposizione 26,5 milioni di abitazioni (di cui circa 9 milioni mono e bifamiliari), viene stimato che il consumo energetico medio annuo per abitazione occupata sia poco più che 13 chili di petrolio equivalente per anno e per metro quadrato di abitazione. Di tale consumo energetico circa il 15% è sotto forma di energia elettrica per elettrodomestici, scaldacqua, illuminazione e climatizzazione estiva, mentre circa l'80% è sotto forma di energia termica per riscaldamento ambientale e produzione di acqua calda sanitaria.

In tale contesto nazionale deve essere recepita la direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico degli edifici, pubblicata sulla G.U. della Comunità Europea il 4 gennaio 2003.

La direttiva richiede agli stati membri di provvedere affinché gli edifici di nuova costruzione e gli edifici esistenti che subiscono ristrutturazioni importanti, se di superficie totale superiore a 1000 m<sup>2</sup>, soddisfino requisiti minimi di rendimento energetico, intendendo per rendimento energetico "la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi a un uso standard dell'edificio, compresi, fra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione".

L'attestato di rendimento energetico deve essere messo a disposizione in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio e in esso devono essere riportati i "dati di riferimento che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare il rendimento energetico dell'edificio" e le "raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici".

La direttiva europea ha rivitalizzato le attività di ricerca sulla conservazione dell'energia negli edifici che in Italia procedevano ormai stentamente non più finanziate né dalle industrie di settore, quali le industrie produttrici di isolamenti termici e materiali trasparenti, né da enti istituzionali come il Consiglio Nazionale delle Ricerche (con i progetti

finalizzati sull'energetica e sull'edilizia) e deluse dal mancato progresso del paese nello specifico settore. Nel 2003 un gruppo di ricerca del Dipartimento di Energetica del Politecnico di Torino ha ricevuto un cofinanziamento dal Ministero dell'Università e della Ricerca scientifica nell'ambito di un Progetto di Ricerca di Rilevanza Nazionale (PRIN) inerente gli strumenti concettuali necessari per avviare la certificazione energetica ed ambientale degli edifici e, in tale ambito, ha scelto di occuparsi della classificazione e certificazione energetica del patrimonio immobiliare esistente.

Cinzia Maga ha potuto usufruire di questa occasione, affiancandosi, nello svolgimento della sua tesi di dottorato, ai ricercatori del Politecnico.

L'analisi e la discussione delle metodologie e delle strumentazioni che possono rendere possibile la certificazione energetica di un edificio esistente sono state condotte non prima di aver condotto una estesa indagine sui quadri legislativi e normativi vigenti in Italia ed in Europa ed aver analizzato le procedure di certificazione energetica già messe in atto in paesi come l'Inghilterra, l'Olanda, la Danimarca, la Francia.

Sono state quindi esaminate nel dettaglio degli algoritmi utilizzati tre procedure presenti sul territorio nazionale ed una procedura di matrice francese, di cui si avevano informazioni sufficienti per effettuare una sperimentazione:

- quella basata sulla norma UNI EN 832 (cfr. EN 832-1998 "Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for heating – Residential buildings") inerente il fabbisogno energetico per riscaldamento e sulla raccomandazione R 03/3 del Sottocomitato 6 del Comitato Termotecnico Italiano inerente il fabbisogno energetico per produzione di acqua calda sanitaria;
- quella proposta da CONSIP (società per azioni al servizio dello Stato che fornisce consulenza, assistenza e soluzioni informatiche per l'innovazione nella pubblica amministrazione) per i contratti di servizio energia, cioè i contratti per la fornitura dei servizi necessari a mantenere le condizioni di comfort, negli edifici della pubblica amministrazione;
- quella proposta nel 2002 dalla Provincia Autonoma di Bolzano, denominata "Casa Clima" e inerente il fabbisogno energetico per riscaldamento
- quella proposta, su commissione del governo francese, dal centro di ricerca *Techniques Recherches Innovations pour le Bâtiment et l'Urbain* (TRIBU), denominata "*Méthode d'affichage des consomma-*

*tions dans les logements*" e inerente la stima di tutti i consumi di energia di un'abitazione (riscaldamento invernale; acqua calda sanitaria, ausiliari degli impianti di riscaldamento, produzione acqua calda sanitaria e ventilazione.; climatizzazione estiva; cucina; illuminazione ed elettrodomestici; illuminazione delle parti comuni e ascensori).

A seguito dell'esame e della valutazione delle potenzialità delle suddette procedure è stato possibile effettuare una loro sperimentazione su un campione di 50 edifici multifamiliari di proprietà dell'Agenzia Territoriale per la Casa di Torino.

Il confronto fra i risultati ottenuti per via di calcolo e i valori reali di consumo energetico rilevati sulle bollette ha consentito di approfondire il significato di certificazione energetica ai sensi della Direttiva CE e di mettere in luce i problemi che si devono affrontare nel momento in cui si promuove o si impone una certificazione energetica a largo spettro sul territorio nazionale.

Fra le questioni di fondo sollevate dalla tesi di dottorato svolta da Cinzia Maga merita particolare evidenza la questione riguardante l'influenza esercitata sui consumi energetici dalle caratteristiche strutturali del sistema edificio-impianti rispetto a quella esercitata dai comportamenti dell'utente e delle modalità di conduzione e manutenzione degli impianti.

E' infatti evidente che, a parità di caratteristiche costruttive del sistema edificio-impianti e di condizioni climatiche esterne, i consumi di energia per riscaldamento, ventilazione, climatizzazione e illuminazione di un edificio dipendono significativamente dalle aspettative di comfort dell'utente, dalla effettiva disponibilità di risorse naturali per il controllo del microclima e dalle strategie che l'utente adotta per il controllo ambientale.

Le analisi di sensibilità compiute sul campione di 50 edifici ad uso residenziale, ed anche su un campione di circa 130 edifici scolastici, hanno evidenziato la dipendenza dei consumi energetici per riscaldamento dal volume dell'edificio riscaldato piuttosto che dall'epoca di costruzione e dalle caratteristiche costruttive. Ciò fa supporre che, in tema di riscaldamento e con riferimento ad un patrimonio immobiliare con caratteristiche non molto dissimili per tipologia costruttiva e destinazione d'uso, l'effetto del modello di utenza sia prevalente rispetto all'effetto delle caratteristiche strutturali.

Appare dunque necessario procedere alla costituzione di una banca dati sui consumi energetici degli edifici (in termini di combustibile e di energia elettrica),

sui rendimenti di combustione (i dati sono riportati sul libretto di centrale), sui volumi e sulle superfici degli edifici, sulle tipologie di usi finali. I dati raccolti, opportunamente normalizzati e resi omogenei, possono consentire la determinazione di valori di riferimento (*benchmark*). Tali dati non sono difficili da raccogliere poiché sono già a disposizione di utenti finali, amministratori immobiliari, aziende di fornitura dei servizi energetici; per ogni edificio l'utente o l'amministratore o l'azienda potrebbe autocertificare il volume riscaldato, la superficie abitabile, i consumi di combustibile per riscaldamento e per produzione di acqua calda sanitaria, i consumi di gas per uso cucina, i consumi elettrici per ausiliari e per illuminazione. Una campagna di sensibilizzazione in collaborazione fra governi locali e associazioni di categoria potrebbe portare a risultati subito significativi.

Una seconda non trascurabile questione riguarda l'opportunità di elaborazione di una procedura di certificazione energetica degli edifici esistenti basata sulla raccolta e sull'elaborazione dei consumi storici rilevati anziché sulla stima a calcolo.

Si tratta da un lato di definire le modalità di analisi dei dati ottenibili dalle bollette energetiche (combustibili

in rete ed energia elettrica) e di verificare con gli enti erogatori le possibilità di rendere i dati forniti in bolletta direttamente utilizzabili per la stima dei consumi energetici, dall'altro di definire come "standardizzare" il contesto climatico, le ore di utilizzo dell'edificio e/o le ore di funzionamento dell'impianto.

Una terza questione, che viene aperta dalla tesi di Cinzia Maga ma che merita un approfondimento non di carattere tecnico, è lo studio dell'impatto sul mercato delle professioni e delle imprese di una legislazione che impone la certificazione energetica e l'individuazione di modalità e tempi di attuazione delle operazioni ad essa connesse: che cosa vorrebbe dire applicare tali norme al patrimonio edilizio esistente? quanti certificatori sarebbero necessari? in quanto tempo si potrebbe giungere a risultati significativi?

Se valessero i tempi e le tariffe praticate dai certificatori olandesi, la certificazione dei circa 9 milioni di edifici mono e bifamiliari comporterebbe in Italia un impegno di circa 40 milioni di ore di lavoro (circa 5000 certificatori per 4 anni a tempo pieno) ed un volume di affari per i professionisti certificatori valutabile in non meno di 2 miliardi di euro.

# La certificazione energetica degli edifici esistenti

CINZIA MAGA

## *Sostenibilità ed energia: dalla certificazione ambientale alla certificazione energetica*

Dalla nascita del dibattito sulla sostenibilità e sullo sviluppo sostenibile all'inizio degli anni '90<sup>1</sup>, si sono succedute diverse esperienze volte a certificare o etichettare il livello di impatto ambientale degli interventi edilizi. Un edificio infatti è un sistema complesso, la cui produzione, funzionamento, manutenzione e dismissione determinano continuamente effetti sul contesto locale e globale e sugli esseri umani; al fine di valutarne l'impatto complessivo sono stati elaborati a livello internazionale diversi metodi, in modo da individuare al contempo quali siano le componenti a dare il maggiore contributo in tal senso e quali possano essere i possibili miglioramenti in un'ottica sostenibile: due sono le tipologie finora sviluppate e adottate, bilanci ambientali e sistemi a punteggio.

I bilanci ambientali si propongono di redigere un bilancio rigoroso di tutti gli effetti ambientali di un processo, aggregandoli in una funzione, generalmente complessa, con una variabile dipendente che rappresenti la misura dell'impatto ambientale: un esempio di bilancio ambientale è l'Analisi del Ciclo di Vita (LCA - *Life Cycle Assessment*), metodologia utilizzata per valutare l'impatto ambientale associato a un prodotto e ai processi e attività legati alla sua produzione. Nel caso si consideri un processo edilizio, l'analisi viene condotta sull'intero ciclo di vita dell'elemento o dell'edificio considerato: vengono quindi analizzati tutti gli stadi del ciclo dalla eventuale produzione dei materiali alla dismissione alla fine del periodo di vita utile, ossia si redige una valutazione degli impatti ambientali di un processo "dalla culla alla tomba". Per ogni stadio, le risorse in entrata (in termini di materia ed energia) e quelle in uscita (in termini di emissioni e rifiuti) sono quantificate e analizzate. La fase finale e conclusiva di un LCA consiste nell'analisi degli impatti, e nella conseguente aggregazione e valutazione delle alternative: le analisi finora condotte raggruppano gli impatti in quattro categorie ossia consumo di energia, emissioni idriche, emissioni atmosferiche e rifiuti solidi. Le finalità dell'applicazione di un LCA possono esser differenti: semplice valutazione della performance ambientale di alcuni prodotti, scelta fra tipologie di prodotti differenti sulla base della performance ambientale stimata, identificazione delle fasi di produzione di un determinato materiale o manufatto che maggiormente incidono sull'impatto ambientale complessivo, elabora-

zione di linee guida per una valida condotta ambientale di imprenditori, ecc. È necessario rilevare la difficoltà intrinseca, per mole di dati richiesti e difficoltà nel loro rinvenimento, nell'effettuare una valutazione della sostenibilità di un intero processo edilizio tramite un LCA.

I sistemi a punteggio adottano un approccio differente dai bilanci ambientali, sostanzialmente meno rigoroso; sono basati su liste di requisiti a ognuno dei quali deve essere attribuito un giudizio di valutazione in scala numerica (*score*) sulla base della conformità o meno agli obiettivi definiti, per pervenire a un punteggio totale in grado di esprimere quanto sia "verde" l'edificio in esame. L'importanza dei metodi a punteggio sta nella loro potenzialità di costituirsi non solo come strumenti per la certificazione ambientale degli edifici ma anche come delle linee guida o *checklists* per la sostenibilità di un intervento edilizio. Fra i maggiori metodi prodotti a livello internazionale<sup>2</sup> si possono citare il metodo BREEAM di matrice anglosassone<sup>3</sup>, il LEED concepito negli USA dallo *United States Green Building Council*<sup>4</sup>, e il Green Building Tool, nato dalla sinergia di diversi paesi a livello internazionale, per la creazione di un strumento unico e utilizzabile in diversi contesti<sup>5</sup>. All'interno di ciascuno dei suddetti metodi rilevante importanza viene attribuita alle tematiche del consumo di risorse e soprattutto dei consumi energetici (ovvero delle conseguenti emissioni gassose in atmosfera), che nel punteggio globale attribuito all'edificio costituiscono pertanto il criterio con peso maggiore. Il consumo energetico di un edificio può essere suddiviso in:

- Energia richiesta per la costruzione dell'edificio (la cosiddetta energia inglobata o *embodied energy*);
- Energia necessaria per manutenere l'edificio durante l'intero ciclo di vita;
- Energia impiegata per il funzionamento dell'edificio (*operating energy*);
- Energia richiesta per la demolizione dell'edificio al termine del ciclo di vita.

Solamente il primo e il terzo aspetto costituiscono i contributi fondamentali per determinare l'impatto sul consumo di risorse e in particolare di energia per gli edifici, mentre i restanti due vengono generalmente trascurati<sup>6</sup>. In merito pare interessante riportare alcuni dati ENEA<sup>7</sup> riguardo ai consumi energetici delle costruzioni in Italia:

Si tenga conto che una normale media unità abitativa, come un appartamento in palazzina di 90/100 m<sup>2</sup> richiede per la sua costruzione circa 100 tonnellate

di materiali, in gran parte prodotti mediante processi di cottura con un costo energetico medio di 500÷700 kcal/kg prodotto. Se ne deduce che il costo energetico dei materiali necessari a realizzare un'abitazione si aggira sulle 5 tonnellate di petrolio. A questo va aggiunto il costo energetico del cantiere, delle movimentazioni terra, del trasporto degli inerti, ecc., complessivamente dell'ordine di 0,5 tonnellate di petrolio. Quasi 20 milioni di abitazioni italiane (su un totale di 26 milioni) sono riscaldate nella stagione invernale. Il consumo medio è di 1 tonnellata di petrolio per abitazione riscaldata con una grande variabilità locale legata alle condizioni climatiche. Pertanto, in poco più di 5 anni un'abitazione consuma, per il solo riscaldamento, una quantità di energia uguale a quella impiegata per la sua costruzione. Da ciò la necessità di governare i consumi di gestione (riscaldamento, condizionamento, illuminazione, ventilazione, consumi degli elettrodomestici, ecc.) con maggiore attenzione rispetto all'efficienza dei processi di produzione.

Infatti, in Italia, il consumo energetico ammonta, in termini di energia primaria, a 84 milioni di tep, circa il 45% del fabbisogno nazionale: di questi circa 70 tep riguardano l'esercizio degli edifici, mentre i restanti riguardano la loro costruzione<sup>8</sup>. Ne risulta quindi che sia proprio il consumo energetico in fase di funzionamento a costituire il maggior responsabile dell'impatto ambientale degli edifici. Ancora, al fine di valutare la performance energetica di un edificio, si rende necessario definire dei criteri con cui confrontarla: nel caso del metodo BREEAM, ad esempio, vengono stabiliti dei valori massimi annuali di emissioni di CO<sub>2</sub> connessi all'uso di combustibile per il solo riscaldamento ambientale (similmente a quanto proposto anche dal metodo LEED), mentre nel caso del Green Building Tool i consumi energetici di un edificio vanno valutati dal confronto con un edificio di riferimento, il cosiddetto *benchmark* (paragonabile per tipologia costruttiva e destinazione d'uso). Per quanto concerne i metodi per la valutazione della sostenibilità disponibili a livello nazionale si segnala il Protocollo ITACA, nato a seguito di un'iniziativa del Consiglio Direttivo di ITACA (Istituto per l'innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale) che il 6 dicembre 2001 ha istituito un gruppo di lavoro interregionale per la stesura di una serie di regole condivise con le quali poter definire le soglie ed i requisiti necessari per la predisposizione di progetti con caratteristiche di bioedilizia e coordinare le azioni regionali in materia. Il Protocollo è uno stru-

mento che si rifà al Green Building Tool ed è corredata da 70 schede che inquadrano ogni singolo requisito relativo ai diversi aspetti dell'ecosostenibilità di un progetto. Considerata l'effettiva complessità di alcune parti del metodo proposto è stata valutata la possibilità di affiancare a esso un sistema semplificato composto da 28 schede<sup>9</sup>.

Parallelamente al dibattito sulla sostenibilità particolarmente attivo nella prima metà degli anni '90, il tema della qualità energetica degli edifici viene introdotto come prescrizione nel 1993 con l'emanazione da parte della Commissione Europea della direttiva n. 93/76/EEC meglio conosciuta come "Direttiva SAVE"<sup>10</sup>. In questo documento il Consiglio delle comunità europee faceva riferimento ad alcuni programmi e interventi da attuare; il controllo della qualità energetica di un edificio era espressamente indicato quale punto di intervento per il miglioramento globale dell'efficienza energetica nei paesi dell'U.E. ma anche quale azione per stabilizzare le emissioni di CO<sub>2</sub> in modo che nell'anno 2000 fossero mantenute allo stesso livello di quelle del 1990. A ogni stato membro inoltre la direttiva lasciava ampia libertà di applicazione in base ai potenziali miglioramenti in materia di efficienza energetica, di costi-benefici, di fattibilità tecnica e di impatto, tuttavia ne obbligava l'attuazione in tempi ravvicinati. Fra i programmi tesi al miglioramento dell'efficienza energetica si ritrovano la certificazione energetica degli edifici, la fatturazione delle spese di riscaldamento, climatizzazione e acqua calda sanitaria sulla base del consumo effettivo, il finanziamento tramite terzi degli investimenti di efficienza energetica nel settore pubblico, l'isolamento termico dei nuovi edifici, il controllo periodico delle caldaie e le diagnosi energetiche presso imprese a elevato consumo energetico. All'articolo 2 (in figura) emerge in particolare che:

- la certificazione energetica è intesa come strumento atto a descrivere i parametri energetici di un edificio;
- tali parametri devono fornire ai potenziali acquirenti utili informazioni circa l'efficienza energetica degli edifici.

### *Cos'è la certificazione energetica?*

Il concetto di certificazione energetica fa la sua comparsa a livello nazionale nel testo della legge 10/91<sup>11</sup>, con cui l'Italia anticipava di due anni, a livello legislativo, la direttiva SAVE. All'articolo 30 si prevedeva

infatti che entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore della legge, con decreto del Presidente della Repubblica, venissero emanate norme per la certificazione energetica degli edifici e che in tale decreto ne venissero individuati i soggetti abilitati; prevedeva inoltre che gli atti di compravendita o locazione degli immobili fossero accompagnati dalla certificazione energetica degli stessi, tramite attestato di validità temporale di 5 anni. Tuttavia il competente Ministero non ha ad oggi ancora emanato tale decreto attuativo, quindi la certificazione energetica deve ancora essere regolamentata. Nel frattempo il DLGS 31 Marzo 1998 n. 112<sup>12</sup> ha trasferito alle Regioni le competenze amministrative sulla certificazione, lasciando al governo la sola funzione di indirizzo. In questo panorama vanno considerate quindi l'iniziativa volontaria di certificazione energetica degli edifici pubblici e privati introdotta in Lombardia dalla rete Punti Energia<sup>13</sup> e la recente Legge Regionale (Piemonte) n. 39<sup>14</sup> che stabilisce per gli edifici di nuova costruzione e per le ristrutturazioni totali degli edifici più restrittivi limiti di coefficiente di dispersione volumica per trasmissione (Cd), o l'esperienza CasaClima della Provincia autonoma di Bolzano, di cui si riporta un esempio di certificato energetico in figura.

L'iniziativa, dapprima volontaria, sta assumendo gradualmente il carattere di obbligatorietà: infatti una recente delibera della giunta provinciale<sup>15</sup> prevede che, al fine dell'ottenimento della concessione edilizia, tutte le nuove costruzioni, sia per uso abitativo che per uffici, debbano dimostrare di non superare il fabbisogno energetico annuo per solo riscaldamento ambientale previsto dalla categoria C (quindi inferiore a 70 kWh/m<sup>2</sup>/anno); inoltre, per ogni nuova costruzione rientrante nelle categorie A e B, vengono calcolati solo 0,3 metri di parete esterna, non considerando nella cubatura l'ulteriore spessore del muro o l'isolamento. Per giungere a una definizione accreditata di certificazione energetica è però necessario attendere la direttiva Europea 2002/91/CE<sup>16</sup> che rende obbligatorio entro il 4 gennaio 2006 l'adozione da parte di tutti gli stati membri di uno strumento per la certificazione energetica degli edifici. L'articolo 7 prevede infatti che in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio venga messo a disposizione del proprietario o locatario un attestato, in cui figuri oltre che il rendimento energetico dell'edificio, ossia la quantità di energia consumata dall'edificio, dati di riferimento con cui raffrontare tale rendimento. Questi possono essere i valori vigenti per norma, omogenei per gli stati membri, in modo da consentire di confrontare in

paesi diversi il rendimento, ossia la qualità energetica dell'edificio. L'attestato costituisce un documento riconosciuto dallo stato membro, di validità massima di 10 anni e dovrà contenere anche raccomandazioni per il miglioramento della situazione in atto.

A livello nazionale, nella seduta dello scorso 27 maggio, il Consiglio dei Ministri ha dato il via libera preliminare allo schema di decreto legislativo di recepimento della direttiva 2002/91<sup>17</sup>, frutto di un lavoro che ha impegnato Ministeri delle Infrastrutture, dell'Ambiente e dell'Industria, e gli enti di ricerca Itc-Cnr ed Enea. Il decreto disciplina in particolare:

- la metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici;
- l'applicazione dei requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
- i criteri generali per la certificazione energetica;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e dell'ispezione degli impianti;
- la raccolta delle informazioni per l'orientamento alla politica del risparmio energetico;
- la promozione dell'uso razionale dell'energia.

Lo schema di decreto affida tuttavia a successivi decreti la definizione dei criteri generali e delle metodologie di calcolo per il contenimento del consumo energetico degli edifici. Tali decreti saranno emanati entro 120 giorni dalla data di entrata in vigore della bozza attualmente ancora in discussione; fino a quel momento, si stabilisce che per edifici di nuova costruzione o ristrutturati si proceda alla definizione del fabbisogno annuo dell'energia primaria per la climatizzazione invernale [ $\text{kWh}/\text{m}^2 \text{anno}$ ] e alla verifica che questo risulti inferiore ai valori riportati in tabella seguente (espressi in funzione della zona climatica e del rapporto di forma dell'edificio, S/V); tale calcolo potrà essere omesso in caso si rispettino dei valori limite di trasmittanza termica per tutte le componenti di involucro, anch'esse differenziate in funzione della zona climatica di appartenenza.

Per quanto riguarda invece la manutenzione degli impianti termici e le ispezioni periodiche saranno disciplinati dagli articoli 7 e 9 dell'attuale schema di decreto e dal DPR 412/93<sup>18</sup>.

#### *Quali edifici certificare, nuovi e/o esistenti?*

Secondo la direttiva 2002/91/CE, a essere sottoposti a certificazione energetica, quindi al calcolo del rendi-

mento energetico e al rispetto di requisiti minimi, dal gennaio 2006 dovranno essere tutti gli edifici di nuova costruzione ed esistenti con una metratura utile totale superiore a  $1000 \text{ m}^2$ , qualora questi subiscano importanti interventi di ristrutturazione. Sono incluse nelle ristrutturazioni importanti:

- l'investimento per i lavori interni di rifacimento di impianti e di involucro superiori al 25% del valore dell'edificio, terreno escluso;
- rinnovamento delle murature esterne per una quota superiore al 25% della superficie.

Inoltre per gli edifici di nuova costruzione con metratura utile totale superiore a  $1000 \text{ m}^2$  si dovrà favorire la fattibilità tecnico-economica per l'applicazione di sistemi alternativi quali sfruttamento di fonti rinnovabili, cogenerazione, teleriscaldamento, pompe di calore, solare fotovoltaico, solare termico, ecc. Sono esonerati dal rispetto di requisiti minimi di rendimento gli edifici e monumenti protetti, quelli adibiti a luoghi di culto, i fabbricati temporanei, gli edifici residenziali utilizzati meno di 4 mesi l'anno e i fabbricati indipendenti con una superficie utile totale inferiore a  $50 \text{ m}^2$ .

Il principale obiettivo sotteso alla direttiva 2002/91/CE è quello di promuovere il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici all'interno dell'Unione Europea e ridurne conseguentemente l'impatto ambientale: ma qual è lo stato delle costruzioni in Europa e in particolare in Italia? Per quanto concerne l'Europa, per il 2002 si è registrato un tasso di crescita di circa 0,6%, con differenze sostanziali fra i vari Paesi. Se si considera in particolare la situazione italiana, nel 1998 il valore del mercato del recupero edilizio del residenziale ha quasi raggiunto quello della produzione; se a questo si aggiunge il valore del mercato delle manutenzioni ordinarie e straordinarie del settore non residenziale, tale valore supera quello della produzione per le nuove costruzioni residenziali e non residenziali e diventa il principale mercato del settore delle costruzioni (si veda in proposito anche la figura seguente che mostra l'andamento degli investimenti nelle nuove costruzioni o nel rinnovo negli ultimi 20 anni). Per il conteso nazionale emergono inoltre i seguenti dati<sup>19</sup>:

- vi sono circa 27,5 milioni di unità residenziali;
- si registra un incremento di circa 150.000 unità annue, pari a circa lo 0,6%;
- le abitazioni occupate sono circa 20 milioni, di cui 28% monofamiliari e 72% plurifamiliari;
- il 65% delle abitazioni ha più di 30 anni di età e non ha subito interventi di ristrutturazione da almeno 20 anni.



*Figura 1. Metodo LEED (versione 2.0). L'incidenza percentuale di ciascuna categoria di requisiti di sostenibilità viene calcolata come rapporto fra il numero massimo di crediti attribuiti alla categoria considerata ed il numero massimo di crediti ottenibile.*

#### Art.1

La presente direttiva mira alla realizzazione da parte degli Stati membri dell'obiettivo di limitare le emissioni di biossido di carbonio grazie a un miglioramento dell'efficienza energetica, particolarmente mediante l'elaborazione e l'attuazione di programmi nei settori seguenti:

- certificazione energetica degli edifici;
- fatturazione delle spese di riscaldamento, climatizzazione ed acqua calda per usi igienici sulla base del consumo effettivo;
- del finanziamento tramite terzi degli investimenti di efficienza energetica nel settore pubblico;
- isolamento termico degli edifici nuovi;
- controllo periodico delle cedate;
- diagnosi energetiche presso imprese ad elevato consumo di energia.

I programmi possono comprendere disposizioni legislative e regolamentari nonché strumenti economici ed amministrativi, l'informazione e accordi volontari il cui effetto sia oggettivamente valutabile.

#### Art.2

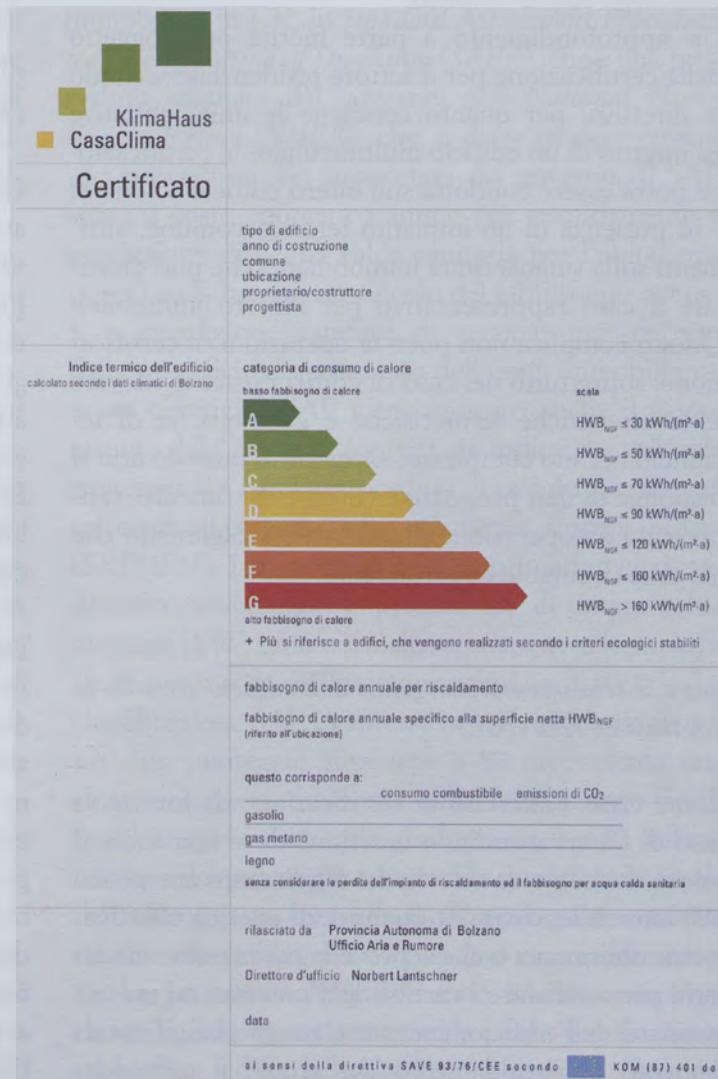
“Gli stati membri stabiliscono ed attuano programmi concernenti la certificazione energetica degli edifici. La certificazione energetica degli edifici consiste nella descrizione dei loro parametri energetici, deve permettere l'informazione dei potenziali utenti di un edificio circa la sua efficienza energetica.

.....omissis

#### Art.8

Gli Stati membri determinano la portata dei programmi di cui agli articoli da 1 a 7 in base ai miglioramenti potenziali in materia di efficienza energetica, di costo-efficacia, di fattibilità tecnica e di impatto ambientale.

*Figura 2. Stralcio della direttiva SAVE.*



*Figura 3. Esempio di certificato energetico secondo il metodo CasaClima.*

Dato l'esiguo tasso di *turnover* degli edifici (per gli edifici in Europa si calcola un ciclo di vita medio che va da 50 a più di 100 anni) è chiaro che se è dato di migliorare le loro prestazioni energetiche, questo va fatto sullo stock esistente. Inoltre già dalla legge 30 Aprile 1976 n. 373<sup>20</sup> gli edifici di nuova costruzione sono stati sottoposti a prescrizioni di isolamento termico. Risulta quindi incomprensibile il perché l'attività legislativa italiana ed europea, a partire dalla legge 10/91 per arrivare alla direttiva 2002/91/CE, sia sempre rivolta alla definizione di requisiti minimi e al calcolo delle prestazioni energetiche per gli edifici di nuova costruzione o sottoposti a interventi di sostanziale ristrutturazione e non si sia rivolta invece al settore degli edifici esistenti, che invece occupano, come visto, la porzione più consistente del mercato<sup>21</sup>. Si può supporre che lo scarso livello di interessamento per lo stock esistente sia dovuto al fatto che le metodologie per il calcolo della prestazione energetica proposte dalle vigenti norme tecniche richiedano un rilevante numero di dati di input con un buon grado di dettaglio, e difficilmente si adattino quindi al caso degli edifici esistenti.

Un approfondimento a parte merita poi l'oggetto della certificazione per il settore residenziale secondo la direttiva: per quanto concerne le unità abitative all'interno di un edificio multifamiliare la certificazione potrà essere condotta sull'intero edificio solo se si è in presenza di un impianto termico comune, altrimenti sulla singola unità immobiliare (che può diventare il caso rappresentativo per l'intero immobile). Questo complica non poco le operazioni di certificazione, soprattutto nel caso di edifici esistenti: rilevare le caratteristiche termofisiche e geometriche di un edificio nel suo complesso, soprattutto quando non si disponga di dati progettuali cui fare riferimento, rappresenta un'operazione di più facile svolgimento che nel caso di singolo appartamento.

#### *Cos'è il rendimento energetico dell'edificio secondo la direttiva 2002/91/CE?*

Come visto, l'attestato di certificazione da fornire in caso di compravendita o locazione deve contenere il valore risultante da calcolo del rendimento energetico dell'immobile, ossia "la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffredda-

mento, la ventilazione, l'illuminazione". La metodologia di calcolo del rendimento energetico potrà essere differenziata a livello nazionale o regionale e dovrà comprendere al suo interno tutti gli usi finali di energie degli edifici e dovrà tenere conto delle differenti destinazioni d'uso degli edifici. Viene inoltre specificato che per quanto possibile, l'attestato di certificazione dovrebbe descrivere la reale situazione dell'edificio in termini di rendimento energetico e potrà quindi essere rivisto di conseguenza. Parallelamente al calcolo del rendimento energetico devono essere fissati dagli stati membri dei requisiti minimi di rendimento energetico, con validità massima di 5 anni, differenziabili a seconda della destinazione d'uso dell'edificio e se di nuova costruzione o esistente. Diventa allora indispensabile andare a definire per ogni stato membro una metodologia di calcolo e dei valori di riferimento al fine di rispondere agli obblighi della direttiva. Vediamo quanto si sta facendo sia dal punto di vista delle attività degli enti normativi che dalle iniziative autonome di certificazione che si sono avviate un po' in tutta Europa già a partire dalla direttiva SAVE.

#### *Quali metodologie usano le esperienze di certificazione europee già avviate?*

Già dall'introduzione della direttiva SAVE hanno avuto impulso iniziative di certificazione energetica nei paesi dell'UE<sup>22</sup>: a fianco di procedure standard finalizzate al contenimento dei consumi energetici per usi termici negli edifici di nuova costruzione (analoghe a quelle attualmente utilizzate in Italia), si sono affermate procedure semplificate rispetto a quelle proposte dal corpus normativo, in grado di stimare i fabbisogni energetici per tutti gli usi finali e utilizzabili nel mercato immobiliare come indici di qualità dell'immobile.

A far da capostipite in queste procedure è la Danimarca, in cui dal 1997 è stata sancita l'obbligatorietà di un etichettatura energetica per gli edifici residenziali, per gli edifici pubblici e per gli edifici del terziario, sia nuovi che esistenti. La nuova norma impone che le abitazioni al di sotto di 1500 m<sup>2</sup> devono essere sottoposte a certificazione solo quando sono poste in vendita o in affitto, mentre gli edifici sia pubblici che privati con superficie maggiore di 1500 m<sup>2</sup> devono essere soggetti a certificazione una volta l'anno<sup>23</sup>. Nascono pertanto due procedure, una dedicata ai grandi edifici, con superficie superiore a 1500 m<sup>2</sup>, l'*ELO Scheme* e una dedicata ai piccoli edifici, con

superficie inferiore a 1500 m<sup>2</sup>, l'*EM Scheme*<sup>24</sup>. In entrambi la classificazione energetica di un edificio riguarda i consumi di energia termica (riferiti al m<sup>2</sup> di superficie riscaldata e corretti in base ai gradi giorno effettivamente registrati nell'anno), di energia elettrica (riferiti al m<sup>2</sup> di superficie totale) e di acqua potabile (riferiti al m<sup>2</sup> di superficie totale), nonché le emissioni di CO<sub>2</sub> (riferite al m<sup>2</sup> di superficie riscaldata); spetta inoltre al certificatore la redazione di un piano energetico. La differenza sta che l'*ELO Scheme* si basa sulla continua registrazione dei consumi reali dell'edificio da parte del proprietario dell'immobile e sulla loro verifica da parte del consulente energetico una volta l'anno, mentre l'*EM Scheme* si basa sulla stima dei fabbisogni di energia termica, elettrica e di acqua in condizioni standard di funzionamento (per quanto riguarda sia i dati climatici che le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio). Il calcolo dei fabbisogni di energia avviene secondo le seguenti modalità: per il riscaldamento ambientale, secondo un bilancio di energia in regime stazionario; per la produzione di acqua calda sanitaria, sulla base della superficie riscaldata dell'immobile<sup>25</sup>; idem per i consumi di energia elettrica e di acqua potabile, corretti però sulla base della tipologia e dello stato di conservazione degli elettrodomestici e delle apparecchiature che consumano acqua presenti all'interno dell'abitazione (tabellone forniscono i valori di coefficienti di correzione).

Negli ultimi anni la Francia si è distinta a livello europeo per la sua legislazione in materia di nuove costruzioni con la *Réglementation Thermique 2000 (RT 2000)*, una serie di norme che, con la loro applicazione, portano a ottenere edifici che raggiungono elevati standard di risparmio energetico. Nel mese di giugno del 2004 è stato approvato il *Projet de loi d'orientation sur l'énergie*, che sancisce l'obbligatorietà della certificazione energetica, a partire dal 1° Luglio 2006, per i casi di vendita e dal 1° Luglio 2007, per i casi di locazione. Per ciò che riguarda il metodo di calcolo legato alla certificazione, il compito è stato assegnato al centro di ricerca *TRIBU ENERGIE*, affiancati da *CSTB* e *ADEME*. Il lavoro del gruppo ha preso tre direzioni:

1. Case individuali (mono e bifamiliari);
2. Immobili collettivi;
3. Terziario (uffici, negozi, edifici pubblici).

Per le prime due tipologie di edifici si è proceduto sostanzialmente in maniera parallela: il metodo, già pronto per le case individuali, è in fase di verifica per gli immobili collettivi (basati sul metodo di calcolo

DEL2)<sup>26</sup>. Il terziario, invece, è stato suddiviso in due sottoinsiemi: da un lato tutti gli edifici oggetto di compravendita (uffici, negozi, ecc.) e dall'altro gli edifici pubblici. I lavori per il terziario sono iniziati solo all'inizio del 2004 e si prevede una prima versione nel corso del 2005. Per quanto concerne nello specifico gli immobili collettivi, attraverso il metodo DEL2 si stimano le spese legate al riscaldamento e all'acqua calda sanitaria e agli usi elettrici di un alloggio, in condizioni standard di riferimento (per dati climatici e utenza). Il metodo si distingue per essere un metodo fai-da-te, accessibile anche a utenti non esperti, che si "adatta" alle conoscenze dell'utente. Se l'utente è a conoscenza di tutte le caratteristiche dell'edificio e degli impianti, il metodo è in grado di accettare tale quantità di input e di realizzare un calcolo più preciso, più rigoroso. Se l'utente è invece in possesso di pochi dati, il metodo è ugualmente capace di raggiungere il risultato finale, ma effettuando un certo numero di approssimazioni<sup>27</sup>.

Nel Regno Unito sono stati sviluppati a partire dagli anni '90 due sistemi di certificazione delle unità immobiliari in UK, lo *Standard Assessment Procedure for Energy Rating of Dwellings (SAP)*<sup>28</sup>, che è una procedura emanata dal governo, e il *National Home Energy Rating (NHER)*, che, a dispetto del nome, è una procedura non supportata dal governo. Il SAP stima il costo energetico annuo per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria per l'abitazione (£/m<sup>2</sup>) sulla base di un calcolo del fabbisogno annuale in condizioni standard di occupazione (derivati dalla superficie di pavimento dell'unità immobiliare); in un certificato SAP viene indicato anche il valore assunto dal *Carbon Index (CI)*, un indice che valuta le emissioni di CO<sub>2</sub>. La procedura di calcolo è basata sul software di calcolo *BRE Domestic Energy Model (BREDEM)*. I consumi di energia primaria per riscaldamento ambientale e produzione di acqua calda sanitaria [kW] sono normalizzati rispetto alla superficie di pavimento dell'unità immobiliare [kW/m<sup>2</sup>]. La classificazione SAP è espressa in scala graduata da 1 a 120 (un punteggio superiore a 80 rappresenta una abitazione energeticamente efficiente), mentre l'indice CI è espresso in scala graduata da 0 a 10 (all'aumentare del punteggio aumenta la qualità ambientale dell'immobile; in base alle *Building Regulations 2002* relative alle residenze il CI non può essere inferiore a 8). La procedura NHER è stata lanciata nel 1990 come il primo metodo nazionale per la certificazione energetica; a differenza del SAP, si stimano, oltre che

i consumi per usi termici dell'edificio (riscaldamento e acqua calda sanitaria), anche quelli per usi elettrici in condizioni di funzionamento standard. La valutazione viene espressa utilizzando una scala graduata da 0 (insufficiente) a 10 (ottimo). Il certificato riporta, oltre alla valutazione dell'edificio con il metodo NHER, anche la valutazione con SAP e il valore di Carbon Index.

In Olanda all'inizio degli anni '90 è stato introdotto un certificato energetico per le residenze da applicarsi su base volontaria. Il metodo era molto semplice e si basava su una *checklist* di sette misure per il risparmio di energia e su una valutazione della qualità energetica dell'abitazione su una scala da 1 a 10; il certificato energetico ebbe limitato successo poiché non costituiva un surplus di valore per l'abitazione e pertanto non influenzava i prezzi di vendita. Per gli edifici residenziali esistenti la Novem ha sviluppato nel 2000 l'*Energie Prestatie Advies (EPA)*<sup>29</sup>, un metodo creato appositamente per incentivare la realizzazione di interventi per il risparmio energetico a seguito della valutazione energetica dell'edificio. Un certificatore accreditato stima sia la qualità energetica dell'edificio, tramite un *Energy Index (EI)* basato sul fabbisogno di energia termica (per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria) ed elettrica dell'edificio (illuminazione e ausiliari dell'impianto termico) in condizioni di funzionamento standard, sia i risparmi energetici conseguibili con interventi di riqualificazione energetica: l'*EI* viene valutato su una scala che va da 0 a 2, e varia a seconda della posizione dell'unità immobiliare all'interno dell'edificio.

*Quali metodologie propongono gli enti normativi per il calcolo del rendimento energetico e quali sono i risultati a cui portano se applicate a un campione di edifici esistenti?*

Sotto la spinta della direttiva, il CEN (Comitato Europeo di Normazione), attraverso 5 Technical Committees, è stato incaricato di produrre circa 30 norme tecniche per il recepimento della stessa (il pacchetto è denominato EPBD, ossia *Energy Performance Building Directive*); tali norme tecniche, intese come ampliamento ai sistemi di condizionamento dell'aria e dell'illuminazione delle norme EN 832 e EN 13790, dovranno esser poi a loro volta recepite dagli stati membri. Di seguito si riportano i Technical Committees (TC) costituiti:

- TC 89 - *Thermal performance of buildings and building components;*
- TC 156 - *Ventilation in buildings;*
- TC 169 - *Light and lighting;*
- TC 228 - *Heating systems in buildings;*
- TC 247 - *Building automation, controls and building management.*

In Italia i lavori del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) svolti dai sottocomitati 1 "Trasmissione del calore e fluidodinamica" e 6 "Riscaldamento e ventilazione" hanno portato alla elaborazione di due raccomandazioni per consentire il calcolo del fabbisogno energetico per riscaldamento invernale e per produzione dell'acqua calda sanitaria<sup>30</sup>:

- Raccomandazione del sottocomitato 1: *Dati richiesti per il calcolo, secondo UNI EN 832<sup>31</sup>, della prestazione termica degli edifici. Certificazione energetica – Dati relativi all'edificio.* La raccomandazione, oltre a fornire i dati di supporto per il calcolo secondo UNI EN 832, contiene metodi e dati specifici per l'esecuzione della certificazione energetica.
- Raccomandazione del sottocomitato 6: *Calcolo del fabbisogno di energia primaria per riscaldamento e dei rendimenti di impianto secondo UNI 10348. Calcolo del fabbisogno di energia per acqua calda per usi igienico-sanitari. Certificazione energetica – Dati relativi all'impianto.*

Le norme citate unitamente alle rispettive raccomandazioni intendono fornire metodologie semplificate<sup>32</sup> per il calcolo dei fabbisogni di energia termica degli edifici, proprio nell'ottica della certificazione energetica. La UNI EN 832 fornisce un metodo di calcolo basato su un bilancio energetico in regime stazionario, ma che tiene conto delle variazioni di temperatura esterna e interna e, attraverso un fattore di utilizzazione, dell'effetto dinamico degli apporti solari e interni; il calcolo viene effettuato in condizioni standard di funzionamento, sia per quanto concerne le variabili climatiche che l'utenza. La norma può essere utilizzata sia in caso di edifici nuovi che esistenti per valutare il livello convenzionale delle prestazioni energetiche nel rispetto delle regolamentazioni o per valutare l'effetto di possibili misure di risparmio energetico (in caso di riqualificazione). Ma come ci si pone nei confronti degli edifici esistenti? In appendice A si sostiene che:

- il consumo di energia deve essere valutato il più accuratamente possibile dai dati raccolti, dalle bollette energetiche o da misurazioni [...];
- qualunque altra informazione, come i dati climatici, la permeabilità all'aria ecc., dovrebbe essere

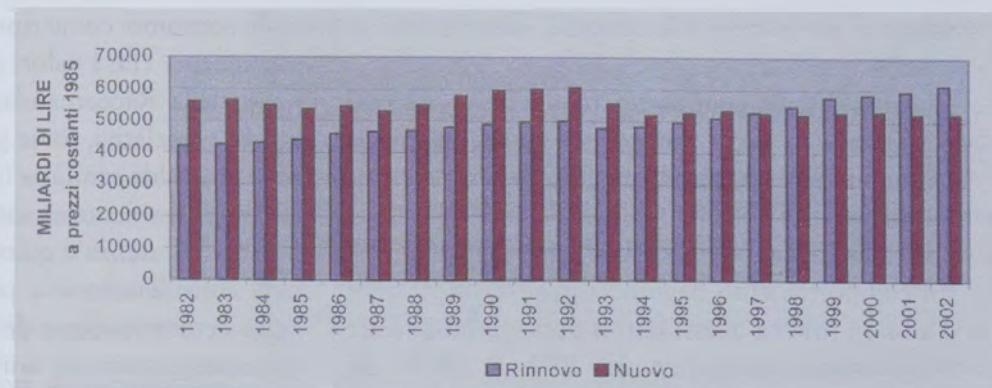


Figura 4. Il mercato del recupero edilizio in Italia (tratto da FIN.CO-ENEA, 2004, Libro Bianco, cit., pag. 46).

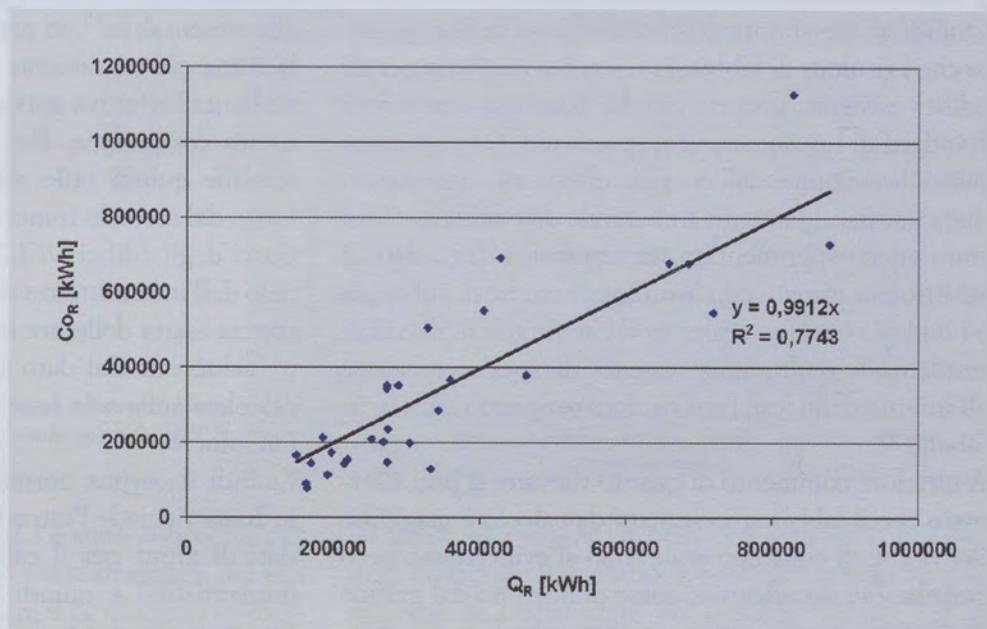


Figura 5. Correlazione fra fabbisogno di energia primaria annuo  $Q_R$  ed energia primaria per riscaldamento ambientale da bolletta  $C_{oR}$  (campione: 30 edifici).

logement collectif	I	Rd	Re	Rg	sans robinets thermostatiques			avec robinets thermostatiques		
					Rr	Rtot	Ich	Rr	Rtot	Ich
<b>chauffage divisé</b>										
électrique direct NFC/Elexcence	1.0	1	0.95	1	0.99	0.94	1.06			
électrique direct autre	1.0	1	0.95	1	0.95	0.91	1.10			
Plafond rayonnant électrique	1.0	1	0.95	1	0.96	0.91	1.10			
Plancher rayonnant électrique	1.0	1	1.00	1	0.96	0.96	1.04			
radiateurs à accumulation	1.0	1	0.95	1	0.95	0.90	1.11			
planchers à accumulation	1.0	1	1.00	1	0.95	0.95	1.05			
split - multisplit	1.0	1	0.95	1.9	0.96	1.73	0.58			
radiateurs gaz à ventouse	1.0	1	0.95	0.73	0.96	0.67	1.50			
radiateurs gaz sur conduit de fumées	1.0	1	0.95	0.68	0.96	0.62	1.61			
<b>chauffage central individuel</b>										
chaudière gaz avant 88	1.0	0.92	0.95	0.57	0.9	0.45	2.23			
chaudière gaz 88-99	1.0	0.92	0.95	0.68	0.9	0.53	1.87			
chaudière gaz après 2000	1.0	0.92	0.95	0.72	0.9	0.57	1.77			
Chaudière électrique	1.0	0.92	0.95	0.77	0.9	0.61	1.65			
PAC air/air	1.0	0.85	0.95	2	0.95	1.53	0.65			
<b>chauffage central collectif</b>										
gaz/foul avant 88	1.0	0.84	0.95	0.65	0.85	0.44	2.27			
gaz/foul avant 88 avec chgl brûleur	1.0	0.84	0.95	0.7	0.85	0.47	2.11			
gaz/foul 88-99	1.0	0.84	0.95	0.75	0.85	0.51	1.97			
gaz/foul après 2000	1.0	0.84	0.95	0.8	0.85	0.54	1.84			
gaz condensation ou foul TBT	1.0	0.89	1.00	0.85	0.85	0.64	1.56			
bois	1.0	0.84	0.95	0.45	0.85	0.31	3.28			
charbon	1.0	0.84	0.95	0.5	0.85	0.34	2.95			
réseau de chaleur	1.0	0.84	0.95	0.9	0.85	0.61	1.64			

Figura 6. Valori dei rendimenti per impianti di riscaldamento proposti dal metodo DEL2.

valutata attraverso rilevamenti, misurazioni o monitoraggi [...];

- gli intervalli di confidenza dei risultati devono essere valutati e confrontati con quelli relativi al consumo sperimentale di energia.

e (nell'Appendice K) che:

- i calcoli vengono condotti formulando una ipotesi sul comportamento degli occupanti e sui ricambi d'aria. In pratica questi fattori possono modificare il fabbisogno energetico dal 50% al 150% del valore medio calcolato [...].

Quindi gli stessi normatori sostengono implicitamente che i risultati di fabbisogno a cui si perviene per gli edifici esistenti, proprio perché basati su condizioni standard di funzionamento, spesso non portino a una reale descrizione dell'energia effettivamente consumata per riscaldamento ambientale dall'edificio. Ciò è stato anche sperimentato nel confronto fra i dati di fabbisogno stimato con le norme tecniche di cui sopra e i dati di consumo reale per il campione di 50 edifici residenziali multipiano oggetto di sperimentazione all'interno della tesi, i cui risultati vengono riportati in tabella<sup>33</sup>.

A ulteriore commento di quanto rilevato, si può affermare che il fabbisogno stimato da calcolo è maggiore del valore di consumo reale (non si evidenziano però correlazioni significative, come dimostrato dal grafico che segue), a volte con scarti percentuali molto marcati, ma nel 33% dei casi si verifica il viceversa.

Cosa fare in caso di eccessiva disparità di risultati? La norma stessa propone di andare a modificare i parametri di input, quindi sostanzialmente quelli legati alle caratteristiche dell'utenza, al fine di pervenire a un risultato quanto più confacente alle reali condizioni. Ma quali parametri andare a modificare (ricambi orari di ventilazione, ore e regime di funzionamento dell'impianto)?

Se già i fabbisogni per riscaldamento ambientale sono così poco aderenti al consumo reale dell'edificio nonostante siano maggiormente condizionati dalle caratteristiche termofisiche e impiantistiche che dal comportamento dell'utenza, che dire di quei consumi, quali quelli di acqua calda sanitaria, che invece ne sono fortemente influenzati? In merito la norma UNI EN 832 (in cui si fa cenno ai suddetti fabbisogni) ma soprattutto la Raccomandazione CTI/SC6 rispondono con valori di fabbisogno specifico variabili in funzione della superficie dell'unità abitativa (come anche per gli usi cottura)<sup>34</sup>.

Dalla sperimentazione condotta sul campione di edifici emerge che i dati di fabbisogno sovrastimino il

reale consumo, come riportato in tabella seguente: ciò a conferma che i valori di fabbisogno specifico proposti dalla Raccomandazione CTI/SC6 siano fortemente cautelativi, forse perché soprattutto i consumi di acqua calda sanitaria (ancor più di quelli per riscaldamento ambientale) sono dipendenti dal comportamento dell'utenza e quindi difficilmente prevedibili. Una considerazione a parte merita poi il problema della determinazione dei rendimenti impiantistici, il cui calcolo secondo norma UNI 10348 richiede un dettaglio di conoscenza dei sistemi installati tutt'altro che trascurabile<sup>35</sup>, in particolare per quanto concerne la stima dei rendimenti di produzione, che di nuovo ne limita l'effettiva applicazione al caso degli edifici di nuova costruzione. Per il caso degli edifici esistenti sarebbe quindi utile riferirsi a tabelle, quale quella tratta dal metodo francese per la stima dei costi energetici degli edifici DEL2 (in figura). O ancora al calcolo dell'intermittenza dell'impianto, legata alla conoscenza esatta delle ore di funzionamento dell'impianto, svincolata dal dato secondo il metodo francese e calcolata sulla sola base del prestazioni termiche dell'involucro.

Quindi il corpus normativo attualmente disponibile in Italia richiede l'introduzione di un gran numero di dati di input per il calcolo (geometrici, termofisici, impiantistici) e quindi ben si adatta agli edifici di nuova costruzione, in cui tale dati devono essere disponibili, ma non si adatta altrettanto bene al patrimonio edilizio esistente, per cui spesso i dati non sono disponibili con un elevato grado di dettaglio. Negli edifici esistenti bisogna spesso fare i conti infatti con l'assenza di dati di progetto e affidarsi conseguentemente ai soli dati rilevabili in campo. Sorge spontanea quindi la domanda: una metodologia di calcolo come quella proposte dalle norme tecniche sono effettivamente utilizzabili per la certificazione energetica su ampia scala, quindi a stock edilizi consistenti comprensivi anche di edifici esistenti? O sarebbe forse necessario riferirsi a metodologie semplificate?

Si consideri in proposito il metodo CasaClima: gli algoritmi di calcolo sono del tutto simili a quelli proposti dalla norma UNI EN 832, ma sono presenti diverse semplificazioni come nel calcolo degli apporti solari o del coefficiente di utilizzazione degli apporti gratuiti; in figura seguente viene riportata l'analisi di correlazione fra i risultati ottenuti dall'applicazione delle due metodologie al campione di 50 edifici residenziali, che dimostra come i valori di fabbisogno di calore ottenuti con CasaClima siano del tutto coerenti con quelli della norma, sebbene di poco inferiori.

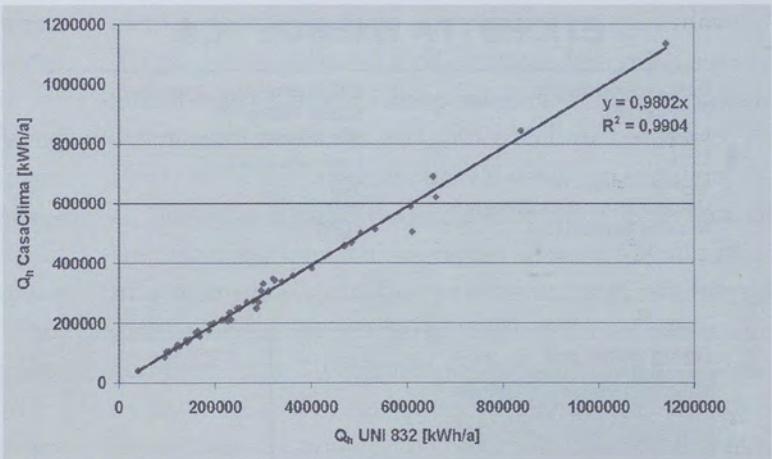


Figura 7. Confronto fra il fabbisogno di calore calcolato secondo norma UNI EN 832 e secondo metodo CasaClima (campione: 50 edifici).

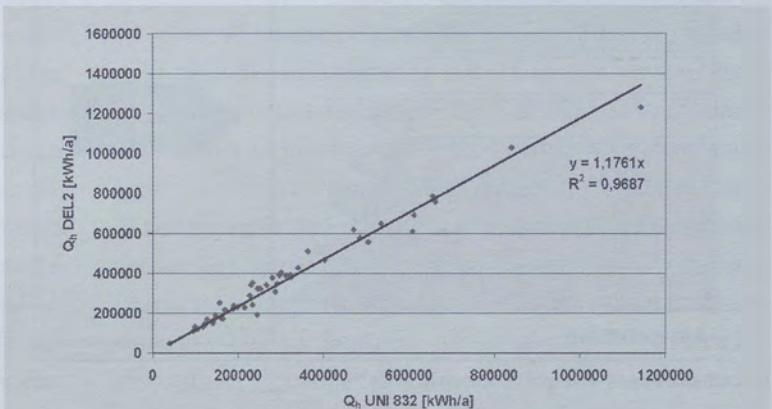


Figura 8. Confronto fra il fabbisogno di calore calcolato secondo norma UNI EN 832 e secondo metodo DEL2 (campione: 50 edifici).

Anche il metodo francese *DEL2* è stato concepito per facilitarne l'uso anche non da parte di esperti del settore: è infatti possibile calcolare il fabbisogno di energia primaria per riscaldamento ambientale dell'edificio, pur non conoscendo le effettive trasmittanze termiche di involucro, sulla base del perimetro e dell'altezza media dell'edificio, sul numero dei piani, sull'epoca di costruzione, etc. Gli algoritmi di calcolo presentano poi diverse semplificazioni rispetto alla normativa tecnica: dalla stima delle dispersioni attraverso i ponti termici, alla stima degli apporti di calore interni e degli apporti solari (basati sul concetto di superficie sud equivalente), alla stima del coefficiente di intermittenza e dei rendimenti impiantistici, derivabili da tabella. In figura seguente, analogamente a quanto fatto per il metodo *CasaClima*, viene riportata l'analisi di correlazione fra i risultati ottenuti dall'applicazione delle due metodologie al campione di 50 edifici residenziali, che dimostra come i valori di fabbisogno di calore ottenuti con *DEL2* siano del tutto coerenti con quelli della norma, sebbene superiori<sup>36</sup>.

Inoltre è necessario rilevare che attualmente sono presenti solo norme tecniche volte a calcolare i fabbisogni termici degli edifici (e, per il riscaldamento, limitatamente al caso residenziale), mentre mancano ancora delle metodologie per la stima dei fabbisogni elettrici

(si pensi ad esempio al peso che assumono nel caso degli edifici per il terziario, soprattutto in relazione alle esigenze di climatizzare nel periodo estivo). Per gli immobili collettivi è possibile fare riferimento, a livello europeo, a quanto predisposto dal metodo francese che calcola i fabbisogni per elettrodomestici ed illuminazione delle unità abitative e per parti comuni (in cui sono compresi l'illuminazione e gli ascensori) sulla base della superficie abitabile dell'immobile.

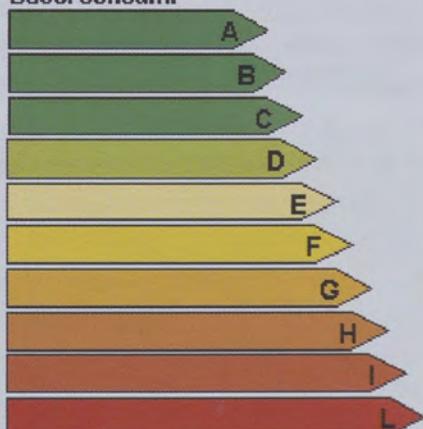
### E i consumi storici?

A fianco delle metodologie proposte dagli enti normativi o dei metodi di stima più o meno semplificati, per gli edifici esistenti è possibile riferirsi anche ai consumi storici di energia (cui fa anche cenno la Raccomandazione del SC6). Stando anche alla stessa definizione della direttiva di cui sopra, il rendimento energetico è *la quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio*, quindi implicitamente si sostiene che il valore che comparirà nell'etichetta energetica possa corrispondere al consumo reale di energia dell'edificio, chiaramente svincolato dalle condizioni climatiche

## ETICHETTA ENERGETICA

Categoria immobile	E1 (Edifici Residenziale)
Proprietario	Rossi Paolo
Indirizzo	Via Milano, 25
Città	Luvinate (VA)
Superficie utile (m <sup>2</sup> )	150
Volume lordo riscaldato (m <sup>3</sup> )	300
Anno di costruzione	1950

### Bassi consumi



F

### Alti consumi

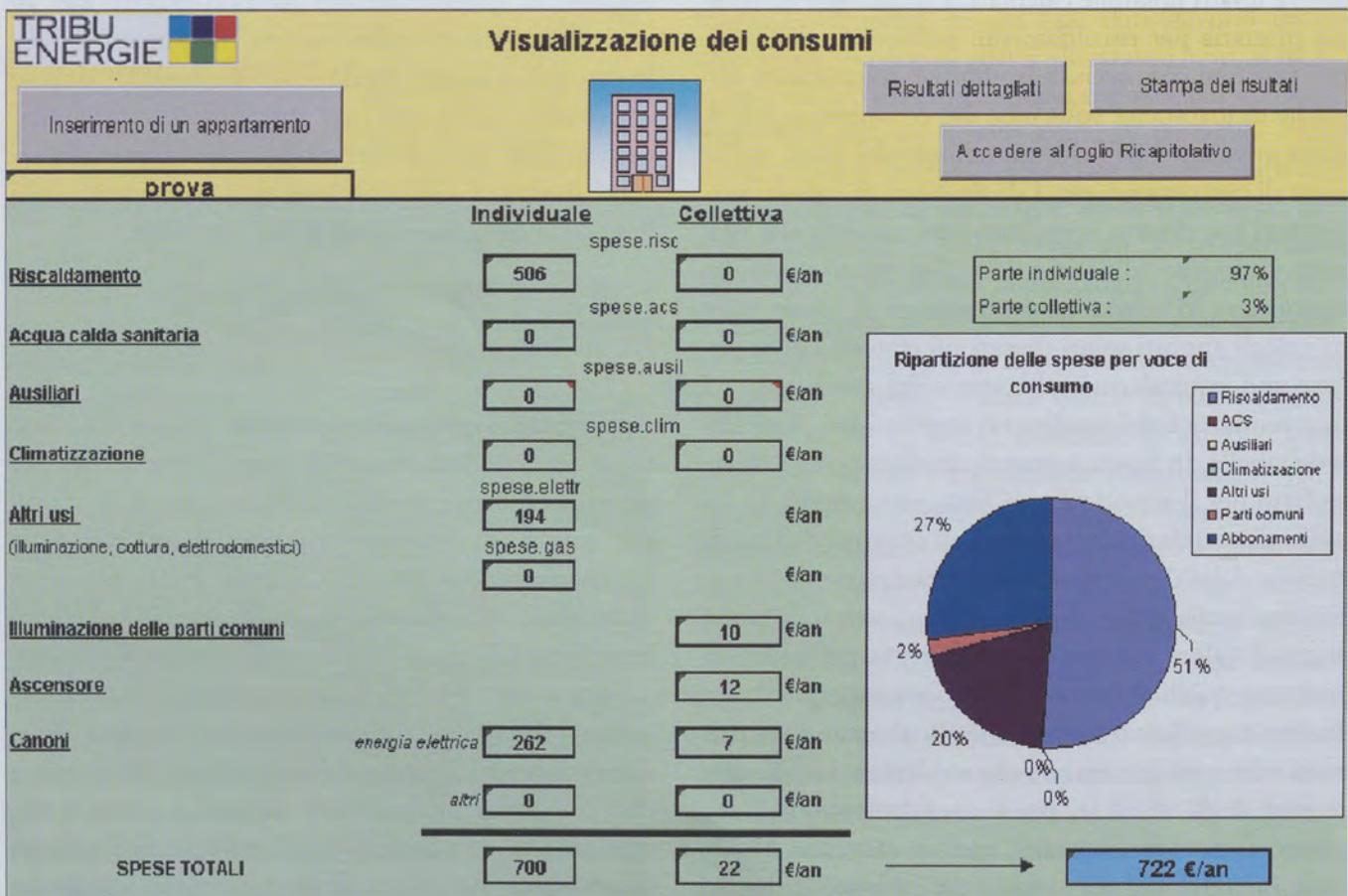
Fabbisogno energetico annuo      kJ/m<sup>3</sup> °C  
    MJ/m<sup>2</sup>

Tipo di combustibile      gasolio

Data certificato      12 dicembre 1998

Figura 9. Certificato energetico secondo la rete dei Punti Energia.

Figura 10. Visualizzazione finale dei consumi e delle spese secondo metodo DEL2.



degli anni e dalle caratteristiche peculiari dell'utenza (ore di funzionamento dell'impianto), al fine di rispondere all'imperativo dell'uso standard dell'edificio.

L'utilizzo dei dati di consumo reale da bolletta (siano essi per usi termici o elettrici) richiede di disporsi per un numero consistente di anni, al fine di eliminare eventuali variabili che possono invalidare il calcolo (ad esempio modifiche all'impianto o nella gestione dello stesso avvenute negli anni).

Per quanto concerne le bollette del combustibile, l'attuale struttura comporta il rischio di effettuare un'errata suddivisione dei periodi di riscaldamento (spesso la data di inizio consumo e la data di fine consumo non corrispondono perfettamente ai limiti della stagione considerata) o un'errata stima del consumo (per la maggior parte delle stagioni analizzate sono presenti solo letture stimate<sup>37</sup>). Ottenuti i dati, nel caso di usi termici, si pone il problema del loro scorporo (soprattutto in caso di impianto con produzione combinata di calore per riscaldamento e a.c.s.), al fine di valutare separatamente i consumi imputabili al riscaldamento, alla produzione di acqua calda sanitaria e agli altri usi (prevolentemente di cottura). Lo step successivo riguarda la conversione dei vari consumi di combustibile in valori di energia primaria e quindi il valore di potere calorifico inferiore da utilizzare: da bolletta viene dato il valore di potere calorifico superiore, ma non sempre questo dato viene reso noto (risulta pertanto necessario riferirsi a un dato di potere calorifico convenzionale). I dati di consumo di energia primaria per riscaldamento ambientale vanno ancora poi svincolati dalla condizioni climatiche proprie di ogni anno considerato, attraverso l'impiego dei gradi giorno reali della località (presuppone la conoscenza per tutti gli anni considerati dell'effettivo andamento giornaliero delle temperature esterne)<sup>38</sup> e dal numero di ore di funzionamento dell'impianto (sempre che il dato sia disponibile).

Quindi i consumi reali possono fornire un valido supporto nelle procedure di certificazione soprattutto di edifici esistenti, ma è forse necessario pensare o a una riformulazione delle bollette (in cui sia presente il maggior numero possibile di letture effettive dei consumi e un minor ricorso a stime), o all'eventuale registrazione dei consumi da parte di personale addetto alla certificazione almeno una volta all'anno (come nel caso dani di edifici con superficie superiore a 1500 m<sup>2</sup>) o ancora al ricorso a un sistema di lettura dei dati di consumo da remoto. Inoltre una campagna di rilevamento dei dati di consumo su un vasto campione di edifici permetterebbe di individuare alcune correlazioni fonda-

mentali, di stabilire dei valori di riferimento di consumi per gli edifici esistenti e di comprendere quali siano i fattori legati all'utenza che possono determinare i risultati di reale consumo, non prevedibili da calcolo.

Per quanto concerne invece i dati di consumi elettrici, vengono fornite dall'ente erogatore le letture di energia di ogni contatore, ossia riferito a utente privato residenziale, ad altre attività presenti all'interno dell'edificio o ai servizi generali dello stabile – che comprendono illuminazione delle parti comuni, alimentazione della centrale termica, alimentazione dell'eventuale ascensore, ecc., presentato in maniera aggregata. Come evidente l'utilizzo dei dati di consumo reale di energia elettrica è di gran lunga meno oneroso rispetto all'utilizzo di dati di energia termica.

Ne consegue che l'utilizzo dei dati storici di consumo, rilevati per degli stock edilizi di una certa entità, omogenei per destinazione d'uso, potrebbe fornire i dati di riferimento con cui confrontare il rendimento energetico per gli edifici esistenti. Si prenda ad esempio l'esperienza inglese degli anni '90, in cui grazie al rilevamento dei consumi su un gran numero di edifici, distinti per tipologia, è stato possibile determinare dei valori di riferimento (*benchmarks*) distinti per usi termici ed elettrici, con cui raffrontare la performance energetica degli edifici<sup>39</sup>.

### *Com'è fatta l'etichetta energetica?*

Le esperienze di certificazione avviate a livello italiano ed europeo ci mostrano come l'etichetta energetica, equivalente all'attestato in cui vengono riportate le prestazioni energetiche dell'edificio unitamente a dati di riferimento rispetto a cui confrontarne la performance e proposte di miglioramento del rendimento in termini di costi-benefici, abbia ormai assunto come riferimento le etichette che riportano i consumi di energia degli elettrodomestici (a frecce colorate, dal verde – bassi consumi, al rosso – alti consumi). Permangono però le seguenti problematiche:

1. come esprimere numericamente il dato di rendimento energetico ossia quale unità di misura utilizzare?
2. quale dato di rendimento (descrittore) assumere? Derivante da calcolo secondo normativa tecnica o dai consumi reali?
3. come esprimere il dato di rendimento energetico: in maniera aggregata o suddiviso per i vari usi finali?
4. dichiarare il valore puntuale di rendimento energetico o riferirsi a delle classi?

Per quanto concerne il primo punto, è necessario ovviamente esprimere il dato in maniera comprensibile dall'utente finale (a cui, si ricorda, va l'attestato di certificazione energetica in caso di compravendita): risulta pertanto poco felice la soluzione adottata dalla rete Punti Energia della Regione Lombardia (in figura 9) di esprimere il valore di fabbisogno calcolato di energia termica per solo riscaldamento ambientale in  $\text{kJ}/\text{m}^3\text{°Cd}$  (del resto viene calcolato un FEN) visto la poca attitudine del cittadino medio a unità di misura come il Joule e il grado giorno.

Preferibili invece le soluzioni che esprimono il dato in kWh (come fatto da Casaclima o dal sistema di certificazione danese) o addirittura in termini monetari (come proposto dal metodo francese *DEL2* o dal *SAP*). Come visto dalle esperienze di certificazione citate, il valore di consumo non viene dato in termini assoluti, ma relativi (riferiti sempre a un'unità di superficie). La scelta del metro quadro rispetto al metro cubo è giustificata da un lato dal fatto che il primo tiene conto anche dell'altezza dei locali<sup>40</sup> oltre a essere la misura di riferimento per l'unità immobiliare. In merito al riferimento al  $\text{m}^2$  dovrebbe però esserci accordo su quale unità rappresenti: il metro quadro riscaldato, lordo, netto, abitabile, calpestabile, commerciale? Non c'è assolutamente uniformità fra i vari metodi di stima dei fabbisogni su cosa questa misura rappresenti, e spesso il problema viene abbandonato nell'incertezza. Sarebbe inoltre necessario definire, per ogni uso finale (termico e elettrico) a quale unità di superficie fare riferimento: ad esempio il metodo *DEL2* basa la stima del fabbisogno globale dell'edificio sulla superficie netta abitabile, ma se ciò può esser corretto per i fabbisogni termici (si suppone di riscaldare solo la porzione abitata dell'edificio al netto delle strutture), desta perplessità per quanto concerne i consumi di energia elettrica, in cui invece sono compresi anche i consumi per le parti comuni dell'edificio, non solo quelle abitate<sup>41</sup>.

Il secondo problema sussiste unicamente per il caso degli edifici esistenti e per ora sembra prevalere l'ipotesi di ottenere il dato di consumo da calcolo sulla base di una serie di assunzioni spesso aprioristiche relative alle caratteristiche termofisiche dell'edificio, impiantistiche e soprattutto di comportamento dell'utenza, piuttosto che utilizzare i dati reali normalizzati su base annua in base ai gradi giorno (nonostante spesso i risultati non coincidano). In merito potrebbe essere assunto invece come riferimento il caso danese degli edifici di superficie superiore a 1500  $\text{m}^2$ , soggetti a certificazione una volta l'anno sulla base dei consumi reali registrati dall'utente (quindi anche gli edifici esistenti

sono inseriti nel processo di certificazione). Inoltre il calcolo del rendimento energetico risulta un'operazione più onerosa rispetto alla semplice registrazione dei consumi (soprattutto nel caso di immobili di dimensioni considerevoli, con geometrie complesse, con diverse tipologie di utenze, ecc.), prevede la collaborazione dell'utente e quindi, indirettamente, una maggiore sensibilizzazione ai consumi e, in un paese come l'Italia, in cui le abitazioni unifamiliari sono in una percentuale nettamente inferiore agli edifici multifamiliari permetterebbe di velocizzare e di rendere meno costose le operazioni di certificazione sul patrimonio costruito<sup>42</sup>. Allo stato attuale la normativa tecnica è incompleta rispetto alle voci di usi finali da direttiva (si pensi che il calcolo del fabbisogno per riscaldamento è limitato agli edifici residenziali), e comporta un'effettiva difficoltà nello svolgere i calcoli, quindi una necessità di basare la certificazione da calcolo su metodologie semplificate (sull'esempio degli altri paesi europei). Il terzo punto riguarda come esprimere il dato di rendimento energetico; l'etichetta energetica, così come vista fra gli esempi italiani e europei di procedure di certificazione energetica già in corso, può riportare:

- Una valutazione separata dei consumi termici (riscaldamento e acqua calda sanitaria)<sup>43</sup>, elettrici e eventualmente idrici dell'edificio;
- L'aggregazione degli consumi temici ed elettrici in un unico valore di energia primaria, espresso in kWh termici o in misure equivalenti come il tep – tonnellate di petrolio equivalente, o in un valore di produzione globale di  $\text{CO}_2$  dell'immobile (valutandone quindi l'impatto ambientale connesso alle varie forme di energia utilizzate);
- L'aggregazione dei consumi termici ed elettrici in un unico valore di costo annuo di esercizio, basato sulle tariffe di mercato per il consumo di energia.

Delle tre alternative, l'ultima rappresenta sicuramente quella di più facile comprensione soprattutto per l'utente finale (praticata dai francesi e dagli inglesi), ma è purtroppo influenzata dalle tariffe applicate all'energia dai gestori locali (come visto il costo del kWh elettrico ad esempio varia a seconda della fascia tariffaria di consumo in cui l'utente si colloca e presumibilmente si andrà verso una sempre maggiore diversificazione). Rimane quindi la possibilità di mantenere disaggregate le varie forme di consumo e di valutarle separatamente (magari associando al valore di kWh consumato anche il valore di emissioni di  $\text{CO}_2$  connesse, sulla base del vettore energetico utilizzato) o di aggregare in un unico valore di energia primaria, riferito al  $\text{m}^2$  di superficie, prestando la dovuta attenzio-

Scales for heating calculated in kWh/m <sup>2</sup>					
	Electricity/ net	Oil	Gas	District Heating	Biomass solid fuel
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
A1	- 64,0	-92,0	-85,0	-67,0	-107,0
A2	64,1-76,0	92,1-109,0	85,1-101,0	67,1-80,0	107,1-127,0
A3	76,1-88,0	109,1-126,0	101,1-117,0	80,1-93,0	127,1-147,0
A4	88,1-100,0	126,1-143,0	117,1-133,0	93,1-105,0	147,1-167,0
A5	100,1-112,0	143,1-160,0	133,1-149,0	105,1-118,0	167,1-187,0
B1	112,1-124,0	160,1-177,0	149,1-165,0	118,1-131,0	187,1-207,0
B2	124,1-136,0	177,1-194,0	165,1-181,0	131,1-143,0	207,1-227,0
B3	136,1-148,0	194,1-211,0	181,1-197,0	143,1-156,0	227,1-247,0
B4	148,1-160,0	211,1-229,0	197,1-213,0	156,1-168,0	247,1-267,0
B5	160,1-172,0	229,1-246,0	213,1-229,0	168,1-181,0	267,1-287,0
C1	172,1-184,0	246,1-263,0	229,1-245,0	181,1-194,0	287,1-307,0
C2	184,1-196,0	263,1-280,0	245,1-261,0	194,1-206,0	307,1-327,0
C3	196,1-208,0	280,1-297,0	261,1-277,0	206,1-219,0	327,1-347,0
C4	208,1-220,0	297,1-314,0	277,1-293,0	219,1-232,0	347,1-367,0
C5	220,1-	314,1-	293,1-	232,1-	367,1-

Figura 11. Energy rating per il riscaldamento ambientale e la produzione di acqua calda sanitaria (EM Scheme).

Building Size	1,500-4,999 m <sup>2</sup>	5,000-10,000 m <sup>2</sup>	more than 10,000 m <sup>2</sup>
Building Type			
Buildings for living purposes	465 € + 0,05 € per m <sup>2</sup>	465 € + 0,05 € per m <sup>2</sup>	By the market (no max)
Other buildings	465 € + 0,11 € per m <sup>2</sup>	By the market (no max)	By the market (no max)
"Special buildings" with complicated systems	737 € + 0,11 € per m <sup>2</sup>	By the market (no max)	By the market (no max)

Figura 12. Costi di una certificazione energetica (ELO Scheme).

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A fino a 600 GG	B a 601 GG	C a 900 GG	a 901 GG	D a 1400 GG	a 1401 GG	E a 2100 GG	a 2101 GG	F a 3000 GG	altre 3000 GG
≤0,2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0,9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

	Q <sub>R</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ]	C <sub>0R</sub> [kWh/m <sup>2</sup> ]
Campione 50 edifici	119	-
Campione 30 edifici	128	104

Tabella 2. Valori medi di fabbisogno (Q<sub>R</sub>) e consumo (C<sub>0R</sub>) annuo specifico di energia termica per riscaldamento ambientale.

Superficie lorda dell'abitazione S	Fabbisogno specifico m' <sub>w</sub> /l/m <sup>2</sup> giorno	Fabbisogno specifico Q' <sub>w</sub> /MJ/m <sup>2</sup> giorno
S < 50 m <sup>2</sup>	3	0,314
50 ≤ S < 120 m <sup>2</sup>	2,5	0,262
120 ≤ S < 200 m <sup>2</sup>	2,0	0,21
S ≥ 200 m <sup>2</sup>	1,5	0,157

Tabella 3. Valori di fabbisogno specifico di energia termica utile per produzione di acqua calda sanitaria per edifici destinati ad abitazione.

ne ai rendimenti di trasformazione dell'energia elettrica (si assume convenzionalmente che 1 kWh elettrico corrisponde a 2,9 kWh termici). Le forme di consumo disaggregate, come riporta ad esempio l'etichetta danese, permette all'utente di evidenziare dove si concentrano maggiormente i consumi dell'edificio e quindi di avviare autonomamente delle misure di risparmio attraverso una gestione più oculata.

Per quanto riguarda l'opportunità di fare riferimento a "classi" di qualità energetica, va detto che, considerando l'incertezza dei risultati che si possono ottenere con i metodi di calcolo disponibili, sarebbe opportuno classificare gli edifici in classi di consumo o di costo annuo piuttosto che dichiarare valori singolari. La dichiarazione di un valore singolare può essere inopportuna perché l'utente potrebbe poi rapportare il valore di consumo energetico o di costo annuo di esercizio dichiarato con i valori reali, dando luogo a contenziosi nel caso di non corrispondenza<sup>44</sup>. Un'altra possibilità sarebbe ancora quella di esprimere la performance energetica dell'edificio tramite un indice adimensionale; ne è un esempio l'*Energy Index (EI)* utilizzato dagli olandesi per gli edifici esistenti (in equazione), valutato su una scala da 0 a 2, ottenuto sulla base del fabbisogno annuo di energia primaria dell'edificio, della superficie in pianta dell'abitazione  $A_g$  e dell'area delle superfici di involucro dell'abitazione  $A_{env}$  e di coefficienti ricavati da regressioni multiple su un gran numero di casi analizzati:

$$EI = \frac{Q_{tot} \times A_{env}}{56 \times A_{env}^2 + 0,06 \times Q_{tot} \times A_g} \times 0,13 \quad (1)$$

Risulta ancora interessante riportare l'esempio delle classi di fabbisogno energetico per usi termici proposto dall'*EM Scheme* danese (in figura), variabili in funzione della tipologia di combustibile utilizzato, in cui risultano chiaramente penalizzati gli impianti funzionanti a energia elettrica e olio combustibile, mentre si premia lo sfruttamento delle fonti rinnovabili.

*"Vendesi appartamento di efficienza energetica classe A": chi lo certifica e a che prezzo?*

All'articolo 10 della direttiva "Esperti indipendenti", si afferma che gli stati membri dovranno provvedere affinché le operazioni di certificazione, l'elaborazione delle raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico dell'edificio in termini di costi-benefici, nonché le ispezioni delle caldaie e dei sistemi di

condizionamento siano effettuate da esperti qualificati o riconosciuti. Quindi bisognerà innanzitutto provvedere all'individuazione degli enti responsabili della formazione del personale abilitato e dell'accreditamento, oltre che delle categorie professionali potenzialmente atte al ruolo di certificatore. In Danimarca, in cui si procede con un ritmo di 40.000 etichette energetiche all'anno e sono più di 200.000 al 2002 gli edifici che hanno ottenuto il certificato, è l'Agenzia per l'Energia Danese a essere responsabile delle procedure di certificazione degli edifici; per ottenere il titolo di *energy consultant* è necessario possedere i seguenti requisiti:

- Idonea istruzione di base (ingegnere, architetto, geometra o perito edile);
- Esperienza nel settore tecnologico e/o energetico (almeno 5 anni degli ultimi 10 anni trascorsi come consulenti indipendenti nei settori citati);
- Frequenza obbligatoria del corso abilitante del costo di circa 2500 € (in media 1 solo su 4 candidati ottiene il certificato di *energy consultant*); vengono previsti inoltre corsi di aggiornamento annuali;
- Copertura assicurativa contro i rischi di responsabilità civile
- Esecuzione di tre certificazioni di apprendistato in compagnia di consulenti certificati.

Il costo di una certificazione, a carico del proprietario, varia da circa 2.500 euro nel caso di edifici con superficie inferiore a 1500 m<sup>2</sup> ai valori riportati in tabella 1 per gli edifici di dimensioni superiori (ELO Scheme). In Olanda i certificatori vengono accreditati tramite corsi di formazione presso *Damen Consultants Arnhem BV* (ente responsabile dello sviluppo del metodo di stima su cui si basa l'*EPA*); i costi, variabili in base alla superficie, sono ancora inferiori a quelli danesi e si stima per un edificio residenziale con più di 10 appartamenti una spesa massima di 360 euro, con circa 6,5 ore richieste, comprensive del sopralluogo. Basando il calcolo sulle norme tecniche attualmente disponibili sembra improbabile riuscire a produrre un certificato energetico con così poche ore di lavoro e con un costo così contenuto: risulta quindi indispensabile, proprio prendendo esempio da quei paesi in cui la certificazione è già attiva e praticata, semplificare le metodologie di calcolo. Sarebbe pertanto elaborare una procedura di stima dei fabbisogni energetici a partire da un numero limitato di variabili di input, soprattutto per gli edifici esistenti; per fare ciò si renderebbe necessario raccogliere dati relativi alle caratteristiche geometriche, termofisiche e impiantistiche su parchi edili consistenti, al fine di svolgere delle analisi di

Tabella 4. Valori medi di fabbisogno ( $Q_w + MC$ ) e consumo ( $C_{w+} + C_{o_{altro}}$ ) annuo di energia termica specifico per produzione di acqua calda sanitaria e usi cottura.

	$Q_w + MC$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$C_{w+} + C_{o_{altro}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Campione 50 edifici	56 <sup>35</sup>	-
Campione 30 edifici	57	32

Tabella 5. Esempio di fatturazione dei consumi di gas metano per un edificio del campione (dati forniti da Italgas).

numero utente	periodo fattura	tipo fattura	data inizio consumo	data fine consumo	metri cubi fatturati
58693799006	200212	S	20021112	20021209	3375
58693799006	200304	S	20030309	20030408	3589
58693799006	200303	T	20030209	20030308	9716
58693799006	200302	S	20030109	20030208	6366
58693799006	200301	S	20021210	20030108	4749
58693799006	200305	T	20030409	20030510	698
58693799006	200211	S	20020514	20021111	2488
58693799006	200205	T	20020410	20020513	1759
58693799006	200204	S	20020312	20020409	2857
58693799006	200203	T	20020210	20020311	9547
58693799006	200202	S	20020111	20020209	6428
58693799006	200201	S	20011206	20020110	7050
58693799006	200112	S	20011111	20011205	3030
58693799006	200111	S	20010516	20011110	1746
58693799006	200105	T	20010404	20010515	3072
58693799006	200104	T	20010227	20010403	5768
58693799006	200102	L	20010131	20010226	6932
58693799006	200101	L	200101231	20010130	6464
58693799006	200012	L	20001205	20001230	4974
58693799006	200012	T	20001105	20001204	5051
58693799006	200011	S	20001015	20001104	1261
58693800003	200306	S	20030219	20030619	216
58693800003	200006	T	20000229	20000628	183

Tabella 6. Esempio di fatturazione dei consumi di energia elettrica per un edificio del campione (dati forniti da AEM).

INDIRIZZO FORNITURA	MERCATOLOGICO	Energia consumata nel periodo kWh	Data inizio periodo dal	Data fine periodo al
XXXXX	SERV.GEN-STAB.CIV. -SENZA ASC.	1379 2322 1801 1244 2086 1520 1792 1508	29-MAY-99 28-NOV-99 02-SEP-00 22-MAR-01 23-MAR-01 28-SEP-01 25-MAY-02 26-NOV-02 23-MAY-03 24-MAY-03	27-NOV-99 01-SEP-00 22-MAR-01 27-SEP-01 24-MAY-02 25-NOV-02 23-MAY-03 25-NOV-03
	ATTIVITA'	133	04-JAN-02	24-MAY-02
	ABITAZIONI PRIVATE	1878 394 844 755 983 825	29-MAY-99 05-JUN-00 02-SEP-00 23-MAR-01 28-SEP-01 25-MAY-02	04-JUN-00 01-SEP-00 22-MAR-01 27-SEP-01 24-MAY-02 25-NOV-02

regressioni finalizzate a individuare i parametri che maggiormente influenzano i fabbisogni di energia e elaborare pertanto delle formulazioni semplificate. Per citare un'esperienza italiana, la Regione Lombardia con la Legge Regionale n. 39<sup>45</sup> stabilisce, oltre a valori ridotti di coefficiente di dispersione volumica limite, che i comuni con popolazione superiore a 40.000 abitanti e le province per il restante territorio provvedano alla costituzione di catasti degli impianti di riscaldamento e alla predisposizione di programmi di diagnosi energetica, dando precedenza agli edifici pubblici e ai sistemi edificio-impianto con rapporti più elevati di rapporto fra consumo e volumetria riscaldata. Sarà di responsabilità della giunta regionale promuovere corsi di qualificazione per tecnici abilitati nell'esercizio delle diagnosi energetiche e definire i requisiti e le modalità per l'accreditamento in collaborazione con i collegi e gli ordini professionali.

Alla luce di quanto visto, la certificazione energetica va quindi intesa come strumento per:

- rendere più trasparente il mercato immobiliare, perché consente un confronto dei consumi energetici collegati all'immobile;
- informare sugli impianti e i potenziali di risparmio energetico (è infatti prevista l'ispezione periodica delle caldaie);<sup>46</sup>
- documentare lo standard energetico e tecnologico dell'immobile;
- sensibilizzare l'utente sulla qualità energetica del proprio edificio e stimolare i proprietari a procedere al miglioramento energetico dei loro immobili;
- contribuire alla tutela dell'ambiente.

È tuttavia necessario evidenziare che l'interesse del cittadino a far certificare il proprio edificio aumenta solo se esistono i seguenti presupposti:

- il costo della procedura è contenuto;
- l'informazione sulla qualità energetica dell'edificio è immediata e comprensibile;
- l'utente è chiaramente informato sulle finalità della certificazione, che non è fine a se stessa, quindi una formalità, ma rappresenta il primo passo per valutare la qualità energetica dell'edificio ed eventualmente attuare interventi di risparmio energetico.

È fuori di dubbio che la certificazione possa quindi costituire un grande business e richiederà la presenza sul mercato di professionisti accreditati in grado di svolgere le operazioni previste.

Cinzia Maga, Architetto, Dottore di ricerca in Innovazione Tecnologica per l'Architettura e il Disegno Industriale.

## NOTE

<sup>1</sup> Dal *Rapporto Brundtland* (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1988, *Our common future*, Oxford University Press, Oxford) viene la definizione più accreditata, ossia un modello di sviluppo in grado di rispondere adeguatamente alle necessità attuali senza con ciò compromettere le capacità per le generazioni future di soddisfare le proprie esigenze.

<sup>2</sup> Si veda in proposito, MAGA, Cinzia, 2001, *La valutazione della sostenibilità in edilizia: i metodi a punteggio*, tesi di laurea, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, relatori FILIPPI, Marco, SERRA, Valentina.

<sup>3</sup> Il metodo BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) è stato sviluppato per diverse destinazioni d'uso, fra cui residenziale, terziario, commerciale, etc. Per maggiori informazioni [www.breeam.org](http://www.breeam.org).

<sup>4</sup> Le versioni aggiornate del metodo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) sono disponibili su [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org).

<sup>5</sup> Per informazioni sulle origini e sugli ultimi sviluppi del metodo di valutazione, nonché sui paesi aderenti al network internazionale riferirsi a <http://greenbuilding.ca>.

<sup>6</sup> Solamente il *Green Building Tool* considera tutti quattro gli aspetti, trascurando poi in fase di valutazione finale l'energia per la manutenzione e la demolizione, mentre BREEAM e LEED considerano esclusivamente l'energia consumata in fase di esercizio.

<sup>7</sup> Si veda in proposito: F.IN.CO-ENEA, 2004, *Libro Bianco "Energia - Ambiente - Edificio. Dati, criticità e strategie per l'efficienza energetica del sistema edificio"*, Edizioni il Sole 24 Ore, Milano, pag. 81.

<sup>8</sup> *Ibidem*.

<sup>9</sup> Il metodo è disponibile nella forma completa e in quella semplificata su [www.itaca.org](http://www.itaca.org).

<sup>10</sup> Direttiva 93/76/CEE del Consiglio del 13 settembre 1993 intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE), pubblicata sulla GUCE L 237 del 22 settembre 1993, pagg. 28-30.

<sup>11</sup> Legge 9 Gennaio 1991, n. 10, *Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, pubblicata sulla GU del 16 gennaio 1991 n. 13.

<sup>12</sup> Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112, *Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli enti locali*, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

<sup>13</sup> PANZERI, Pier Giorgio, 1998, *La certificazione energetica degli edifici: l'esperienza della Regione Lombardia*, in *Atti della Conferenza Nazionale Energia e Ambiente*, ENEA, Roma 25-28 Novembre 1998, vol. III, pp. 124-129.

<sup>14</sup> Legge Regionale 21 dicembre 2004 n. 39, *Norme per il risparmio energetico negli edifici e per la riduzione delle emissioni inquinanti e climatiche*, pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia, 2° supplemento ordinario al n. 52 del 24 dicembre 2004.

<sup>15</sup> Regolamento di esecuzione della legge urbanistica in materia di risparmio energetico del 29 settembre 2004, n. 34, pubblicato sul supplemento n. 1 al Bollettino Ufficiale n. 52/I-II del 28 dicembre 2004.

<sup>16</sup> Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 Dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia, pubblicata sulla G.U. delle Comunità Europee del 4 gennaio 2003.

<sup>17</sup> Atto del Governo sottoposto a parere parlamentare, *Schema di decreto legislativo recante attuazione della direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sul rendimento energetico nell'edilizia*, trasmesso alla Presidenza del senato il 27 maggio 2005.

<sup>18</sup> Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, *Regolamento per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e*

*la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10, supplemento ordinario alla GU del 14 ottobre 1993 n. 242.*

<sup>19</sup> FASANO, Gaetano, 2004, *Lo sviluppo sostenibile e il ruolo del sistema delle costruzioni*, in Atti del convegno *La certificazione energetica ed ambientale degli edifici. Primi risultati. Prime certificazioni*, Bologna, 15 ottobre 2004.

<sup>20</sup> Legge 30 Aprile 1976 n. 373, *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*, pubblicata sulla GU del 7 Giugno 1976, n. 148.

<sup>21</sup> In proposito è utile ricordare che la suddetta bozza di decreto legislativo di recepimento della direttiva 2002/91/CE disciplina tutti gli edifici di nuova costruzione (e non anche quelli esistenti, come prevedeva inizialmente la bozza e come previsto dalla direttiva stessa), mentre sono esclusi i fabbricati appartenenti ai beni culturali e del paesaggio, i fabbricati industriali, artigianali e agricoli ad uso non residenziale, e quelli isolati con una superficie inferiore ai 50 mq.

<sup>22</sup> Si vedano in proposito le proposte di *affichettes informatives* sui consumi energetici degli edifici prodotte in Francia da enti quali Ademe, CSTB, DHC e FNB alla metà degli anni '90, in CARDERI, Americo et alii, 1999, *La certificazione energetica in Europa. Le esperienze in diversi paesi nell'ambito delle strategie comunitarie*, in «Eubios», n. 1, pp. 13-36.

<sup>23</sup> Sono esonerati dal rating per due anni gli edifici che ricevono un'etichettatura A per i consumi per il riscaldamento ed elettrici o se l'energy plan include delle soluzioni di risparmio energetico in grado di comportare una riduzione di almeno il 5% di produzione di CO<sub>2</sub>.

<sup>24</sup> DANISH ENERGY AGENCY, 1999, *Energy rating for small properties*, Danish Energy Agency, Copenhagen.

<sup>25</sup> Analogamente a quanto previsto dalla Raccomandazione CTI R03/3 di cui sopra.

<sup>26</sup> MOLININI, Giorgio, 2004, *Certificazione energetica degli edifici esistenti. Il metodo francese DEL2 per gli edifici residenziali*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica, relatori FILIPPI, Marco, CORGNATI, Stefano.

<sup>27</sup> Ad esempio, se l'utente non è a conoscenza dei valori di trasmissione termica delle superfici di involucro, il metodo (sviluppato sottoforma di programma con interfaccia *user friendly*) è in grado di calcolarla sulla base dell'epoca di costruzione dell'edificio.

<sup>28</sup> <http://www.sap-rating.com>.

<sup>29</sup> DAMEN CONSULTANTS ARNHEM Bv, 2003, *EPA method version 4.0*, Damen Consultants Arnhem BV, Arnhem.

<sup>30</sup> Raccomandazione CTI-R 03/3, 2003, *Prestazioni energetiche degli edifici, climatizzazione invernale e preparazione acqua calda per usi igienico-sanitari*. Fra le attività del CTI si cita anche quella del sottocomitato 5, responsabile di determinare una metodologia per il calcolo dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva.

<sup>31</sup> Si ricorda che la norma ha come campo di applicazione gli edifici residenziali. A breve sarà disponibile la norma UNI EN ISO 13790:2005 - *Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento*, che fornisce un metodo di calcolo semplificato per la determinazione del fabbisogno energetico

annuo per il riscaldamento degli edifici residenziali e non residenziali, o di loro parti.

<sup>32</sup> Si intendono semplificate rispetto a metodi di calcolo complessi, quali DOE-2, BLAST, Energy Plus, che eseguono simulazioni in regime dinamico e richiedono una dettagliata serie di dati di input. In proposito si rimanda a: FILIPPI, Marco, 2005, *Linee di ricerca per una procedura finalizzata alla certificazione energetica degli edifici*, in «Rivista della Fondazione dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino», n. 1, 2005.

<sup>33</sup> È necessario precisare che i dati di consumo reale non sono stati resi disponibili per l'intero campione di 50 edifici, ma solo per un campione ristretto di 30 edifici.

<sup>34</sup> Confrontando i valori di fabbisogno specifico per produzione di acqua calda sanitaria e usi cottura contenuti nella normativa tecnica con quelli proposti ad esempio dal metodo francese DEL2 si registrano degli scarti relativi consistenti, a volte del 50%, a testimonianza del fatto che tali valori possono subire forti variazioni a seconda del contesto nazionale.

<sup>35</sup> Soprattutto per quanto concerne i rendimenti del sistema di riscaldamento; per quanto riguarda la produzione di acqua calda sanitaria (soprattutto per i sistemi che ne garantiscono l'esclusiva produzione) i valori di rendimento sono ricavabili in base a tabelle.

<sup>36</sup> Tale risultato è dovuto da un lato al fatto di sovrastimare le dispersioni per ventilazione, dall'altro al sottostimare invece i valori di apporti gratuiti di calore, sia interni che solari.

<sup>37</sup> Si noti in proposito, all'interno della tabella che mostra un esempio di fatturazione dei consumi di gas metano per uno dei 50 edifici del campione analizzato, quale sia l'incidenza del numero di letture stimate e di quelle lette e stimate (contrassegnate rispettivamente dalle lettere S e T) rispetto al numero di quelle lette (contrassegnate dalla lettera L).

<sup>38</sup> Aspetto di non secondaria rilevanza, vista la difficoltà a ottenere i dati climatici per diversi anni.

<sup>39</sup> Si vedano in proposito: BSRIA, 2003, *Rules of thumb. Guidelines for building services*, BG 14/2003; BRECSU, 2000, *Energy use in office, Energy consumption guide 19*; CISBE, *Energy audit and survey*, AM 5: 1991.

<sup>40</sup> Quindi vengono penalizzati edifici con altezze di interpiano troppo elevate.

<sup>41</sup> L'impiego della superficie netta abitabile per la stima dei fabbisogni sembrerebbe invece corretta in caso di abitazioni singole, in cui non sono previsti spazi e servizi comuni.

<sup>42</sup> Se non si vuole estendere la certificazione agli edifici esistenti, sarebbe perlomeno utile applicare una tale procedura alla valutazione del rendimento energetico per gli edifici sottoposti a importanti lavori di ristrutturazione.

<sup>43</sup> o anche solo riscaldamento, come le iniziative in atto in Italia (si veda ad esempio la Regione Lombardia e la Provincia autonoma di Bolzano).

<sup>44</sup> FILIPPI, Marco, 2005, *Linee di ricerca*, cit.

<sup>45</sup> Legge Regionale 21 dicembre 2004 n. 39, *Norme per il risparmio energetico negli edifici*, cit.

<sup>46</sup> Si stabilisce che gli stati membri adottino le misure necessarie per prescrivere ispezioni periodiche delle caldaie alimentate con combustibili liquidi o solidi non rinnovabili con potenza nominale utile compresa tra i 20 ed i 100 kW.

A&RT è in vendita presso le seguenti librerie:

*Celid Architettura*, viale Mattioli 39, Torino  
*Celid Architettura*, via Boggio 71/a, Torino  
*Celid Ingegneria*, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino  
*Cortina*, corso Marconi 34/a, Torino  
*Druetto*, piazza CLN 223, Torino  
*Feltrinelli*, piazza Castello 7, Torino  
*Olop*, via Principe Amedeo 29, Torino  
*Zanaboni*, corso Vittorio Emanuele II 41, Torino  
*L'Ippogrifo*, piazza Europa 3, Cuneo  
*La Meridiana*, via Beccaria 1, Mondovì (CN)  
*Punto di vista*, stradone Sant'Agostino 58/r, Genova  
*Clup*, via Ampere 20, Milano  
*Dell'Università*, via Castelnuovo 7, Como  
*Toletta*, Dorsoduro 1214, Venezia  
*Cluva*, Santa Croce 197, Venezia  
*Progetto*, via Marzolo 28, Padova  
*LEF*, via Ricasoli 105/107, Firenze  
*Pangloss*, via San Lorenzo 4, Pisa  
*Kappa Gramsci*, via Gramsci 33, Roma  
*Guida*, via Port'Alba 20, Napoli  
*Laterza*, via Sparano da Bari 136, Bari

Le inserzioni pubblicitarie sono selezionate dalla Redazione.

Ai Soci SIAT sono praticate particolari condizioni.

*La Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino accoglie nella «Rassegna Tecnica», in relazione ai suoi fini culturali istituzionali, articoli di Soci ed anche non Soci invitati. La pubblicazione implica e sollecita l'apertura di una discussione, per iscritto o in apposite riunioni di Società. Le opinioni ed i giudizi impegnano esclusivamente gli Autori e non la Società.*

## Consiglio Direttivo

Presidente: *Giovanni Torretta*

Vice Presidenti: *Enrico Cellino*

*Enrico Salza*

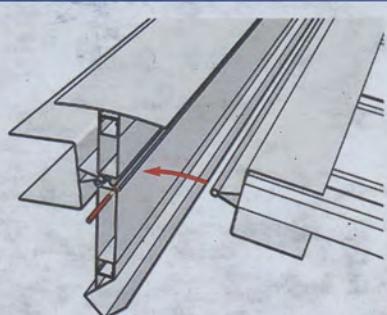
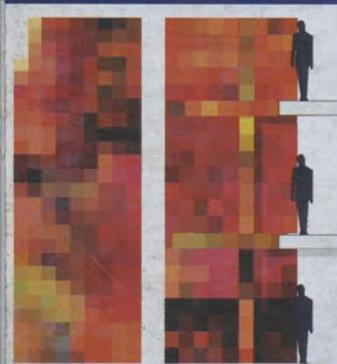
Segretario: *Paolo Mauro Sudano*

Tesoriere: *Valerio Rosa*

Consiglieri: *Beatrice Coda Negozio, Roberto Fraternali, Andrea Rolando, Marco Surra, Paolo Mauro Sudano, Giuseppe Pistone, Claudio Perino, Luca Degiorgis, Adriana Comoglio Gillio, Stefano Vellano*

Stampa CELID - via Cialdini 26, Torino





...CON SALDA FONDAZIONE...