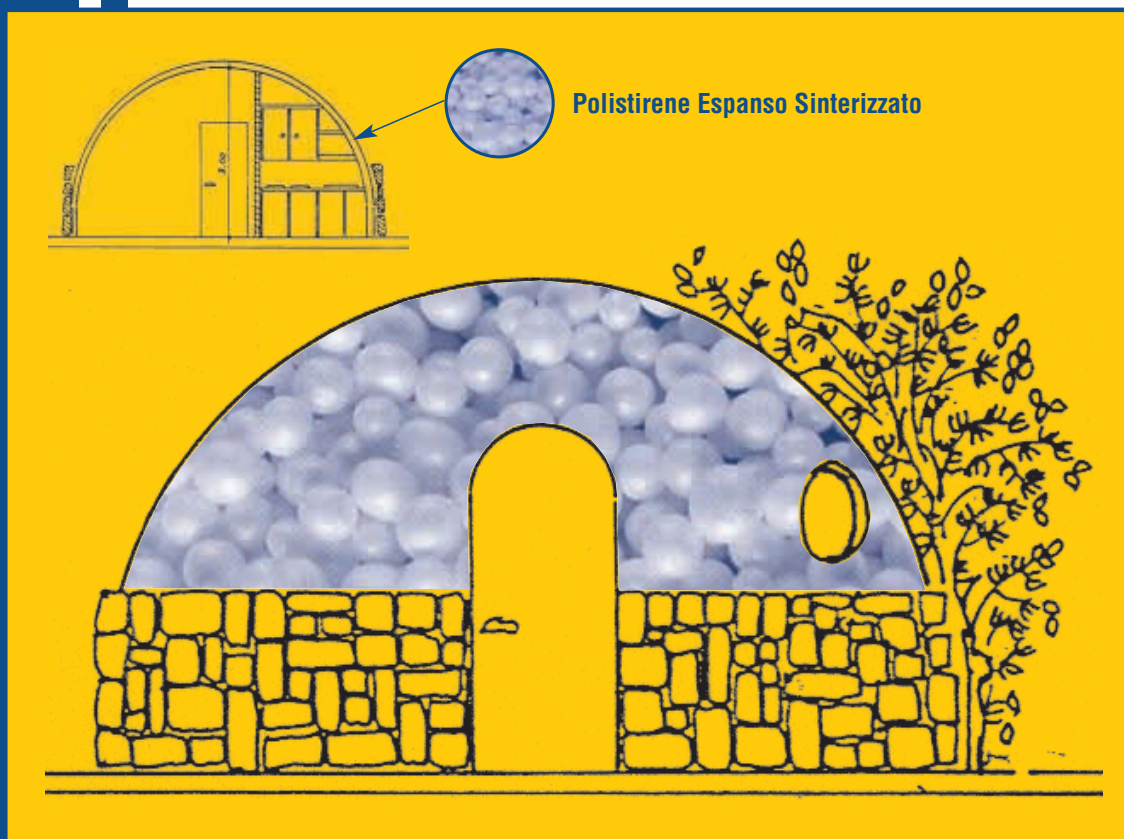


I LIBRI DI
AIPE



Polistirene Espanso Sinterizzato

SISTEMI INNOVATIVI IN EPS

Polistirene Espanso Sinterizzato



BE-MA editrice

SISTEMI INNOVATIVI IN EPS

Polistirene Espanso Sinterizzato

serie: I libri di Aipe

1° titolo: Le condense interne e superficiali

2° titolo: Isolare le fondazioni con l'EPS

3° titolo: Sistemi innovativi in EPS

Coordinamento del libro:

Marco Piana

BE-MA editrice
via Teocrito, 50 - 20128 Milano
tel 02 2552451
fax 02 27000692

Grafica e impaginazione: Gabriella Ornaghi
Fotolito: 3F - Milano
Stampa e confezione: A.G. Bellavite - Missaglia (LC)

© **1998 BE-MA editrice - Milano**
BE-MA editrice - Milano

Tutti i diritti sono riservati, anche di riproduzione parziale,
a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

ISBN 88-7143-199-5

Sommario

Introduzione	7
Qualificare l'abitazione	9
Corrado Venosta - Istituto Italiano dei Plastici	
L'evoluzione dell'edificio tra forme e prestazioni	13
Emilio Pizzi - Politecnico di Milano	
La casa del futuro	25
Benvenuto Nania - Termocasa impianti	
I sistemi costruttivi: innovazione e compatibilità ambientale	29
Marco Piana - AIPE	

Consapevolezza energetica in evoluzione

La cosiddetta “consapevolezza energetica” ha avuto negli ultimi anni una notevole evoluzione. Agli inizi, sotto il forte impatto della prima crisi energetica, il problema dell’isolamento termico dell’edificio si pose essenzialmente in termini quantitativi anche se, a suo modo, la famosa “373” impostasse il calcolo delle dispersioni, o meglio la stessa “filosofia” energetica dell’edificio in maniera, per quei tempi, abbastanza raffinata, con il concetto di consumo dell’edificio, con il calcolo dei ponti termici etc.

Successivamente si è affermata una concezione dell’isolamento più evoluta nel senso della qualità, in termini di progetto e di produzione.

Hanno giocato in questo diversi fattori: da un lato la presenza e spesso l’eccesso di isolanti portava a disordini e patologie, come per esempio quelle da condensa, da ponte termico non controllato etc.; si poneva poi il problema della coesistenza di vari materiali con caratteristiche e prestazioni differenti: pensiamo solo alla lunga messa a punto del pacchetto di impermeabilizzazione delle coperture piane, in cui la massiccia presenza dell’isolante aveva esaltato tutte le patologie da stress termico sulle membrane. Si poneva il problema della discontinuità termica, molto altro ancora.

Si poneva poi il fondamentale problema della qualità del materiale; di qui tutto il lavoro di prova e sperimentazione, la messa a punto di un vasto corpus normativo etc. Voglio sottolineare, tra l’altro, come questa lunga e laboriosa fase sia stata puntualmente documentata da “Modulo”.

Possiamo quindi dire che oggi siamo in una fase matura, in cui, superato il primo shock emozionale, dopo una inevitabile fase di sperimentazione, si sono messi a punto strumenti, tecniche, norme, controlli, leggi, che permettono di affrontare con una certa ampiezza le complesse tematiche non solo dell’isolamento, che non è che una parte del problema, ma di tutta la concezione energetica dell’edificio.

Il lavoro dell’AIPE, nei confronti dei sistemi innovativi, segue questa logica evolutiva, con la consueta ampiezza di temi e ricchezza di contenuti.

Giuseppe Biondo
direttore di Modulo

Corrado Venosta
Istituto Italiano dei Plastici

Qualificare l'abitazione

Non è mia intenzione entrare nel merito della qualificazione architettonica, tecnologica e di abitabilità: le relazioni che seguiranno tratteranno questo aspetto.

Desidero solo premettere agli interventi previsti alcune considerazioni sulla bio ed ecocompatibilità dei materiali. La casa del futuro sicuramente dovrà tenere conto della necessità di rispettare l'ambiente e della idoneità dei materiali impiegati non solo per le prestazioni tecnologiche, ma anche per la salubrità dell'ambiente abitativo.

Quali materiali usare per una architettura biocompatibile

La storia e l'evoluzione della società umana è stata spesso determinata dalla scoperta, dalla creazione e dall'utilizzo di materiali nuovi; le età dell'evoluzione sono, proprio per tale fatto, definite dai materiali (pietra, ferro). Il ritmo evolutivo segnato dalla creazione di nuovi materiali è stato tuttavia assai lento e quindi non avvertibile da parte di intere generazioni sino all'inizio del nostro secolo, quando la ricerca scientifica e tecnologica e l'industrializzazione hanno consentito di accelerare l'evoluzione e di mettere a disposizione dell'uomo nuovi materiali che si sono affermati in sostituzione di materiali tradizionali per la capacità di offrire vantaggi di varia natura. Tuttavia in tempi recenti sono sorti dubbi sulla loro compatibilità con l'uomo e con l'ambiente a differenza dei materiali tradizionali che sono ritenuti sicuri perché sempre usati.

Il concetto di "tradizionale" viene facilmente abbinato al concetto di "naturale" e quello di nuovo ad artificiale o sintetico; fino ad arrivare ad una convinzione assai diffusa che identifica con "tradizionale" il concetto di non nocivo, ecocompatibile e con sintetico il concetto di nocivo o "potenzialmente nocivo e nemico dell'ambiente".

Occorre anzitutto considerare che la distinzione fra materiali naturali e materiali fatti dall'uomo è chiara solo se per materiali naturali intendiamo quelli che vengono impiegati così come si trovano in natura (es. pietra, tufo, legno e sughero non trattati ecc...); a parte questi pochi esempi la stragrande maggioranza dei materiali tradizionali è ottenuta mediante trattamenti fisici (es. cottura ad alta temperatura), e/o per via chimica (metalli, vetro, carta). Non è inoltre sostenibile che l'industria per l'estrazione di metalli dai minerali di partenza e l'industria siderurgica o quella del vetro siano di per sé meno inquinanti dell'industria per produrre materiali complessi (es. polimeri) partendo da molecole semplici esistenti in natura (idrocarburi, metano, cloruro di sodio, ecc...). La convinzione diffusa poi che un materiale oggi prodotto in grandi quantità non possa esistere anche in natura è facilmente demolibile con numerosi esempi.

Le conoscenze scientifiche acquisite e la consapevolezza degli effetti, una volta ignoti, di talune proprietà ci devono portare a considerare nella scelta dei materiali anche due aspetti di notevole rilevanza: la nocività e la eco-compatibilità.

La nocività di una sostanza è legata certamente alla quantità (concentrazione, esposizione prolungata...).

Vi sono prodotti naturali nocivi (talvolta fortemente nocivi) e vi sono prodotti artificiali o di sintesi di normale impiego non nocivi: per es. il radon è un prodotto naturale ed è presente nel tufo vulcanico e in alcuni giacimenti di argilla, così come anche l'amianto è un prodotto naturale di cui solo in tempi recenti è stata dimostrata la cancerogenicità. Sotto l'aspetto della nocività sono molto più conosciute le sostanze sintetiche di quelle naturali perché la indagine scientifica si è occupata di esse in larga misura e molto meno delle sostanze esistenti in natura. Occorre poi distinguere fra nocività durante l'impiego di un materiale, quella durante la messa in opera, la nocività durante il processo di produzione e quella eventualmente derivante dai processi di smaltimento: tutte sono importanti, ma non si può indurre l'utente a pensare che i problemi che si possono creare durante la produzione di un materiale e di un manufatto siano trasferibili all'impiego del manufatto stesso. Il prodotto finito va esaminato nell'ambito e nelle condizioni applicative di impiego e di durata nel tempo. I problemi di produzione, di messa in opera e di smaltimento devono essere risolti in ogni singola fase. Oggi le leggi dei vari stati industrializzati tutelano severamente l'igiene ambientale fornendo elevate garanzie, almeno nei casi in cui le conoscenze acquisite lo consentono.

Una scelta consapevole fra materiali deve poi tenere in conto i problemi ambientali di ciascuno di essi: la determinazione comparata dell'impatto ambientale globale "dalla culla alla morte" cioè dall'estrazione del prodotto di partenza esistente in natura, alla produzione, all'impiego e all'eliminazione, a fine uso, dei vari materiali è tutt'altro che semplice nella maggioranza dei casi, coinvolgendo processi produttivi talvolta diversi per uno stesso materiale, impiego di ma-

terie prime diverse, situazioni differenti di utilizzo, condizioni di smaltimento variabili da zona a zona, da paese a paese.

È evidente che oggi la scelta dei materiali, per le persone che intendono fare scelte consapevoli, non è semplice in quanto richiede conoscenze approfondite e basate su fonti serie delle loro proprietà e caratteristiche, nonché la possibilità di fare confronti equi e di valutare le implicazioni dell'uso nell'ambito delle condizioni di impiego. Tutto ciò nei riguardi delle prestazioni richieste, della compatibilità economica e di quella ambientale.

Occorre conoscere quali garanzie chiedere perché il prodotto prescelto dia effettivamente le prestazioni richieste e risponda alle aspettative di sicurezza: occorre quindi indicare chiaramente nei capitolati e negli ordini caratteristiche e prestazioni, e preoccuparsi che i materiali consegnati rispondano effettivamente a quanto richiesto. Le norme tecniche aiutano a definire in modo chiaro e univoco quanto si intende richiedere. La certificazione di parte terza e l'analisi del prodotto fornito sono gli strumenti per accertarsi della rispondenza del prodotto consegnato a quanto richiesto.

Occorre inoltre conoscere il modo corretto di impiego dei materiali, la messa in opera e le prestazioni in opera nel tempo.

Le materie plastiche richiedono una citazione particolare non solo per l'ampia diffusione che hanno raggiunto in molti settori applicativi, tra cui le costruzioni, ma perché costituiscono una vasta famiglia di materiali che ha subito una rapidissima evoluzione ed ha ancora enormi possibilità di sviluppo. Per questi motivi sono anche i materiali meglio conosciuti (comprendendo nella conoscenza tutti gli aspetti, dai monomeri di partenza alla produzione, alle caratteristiche e prestazioni dei prodotti finiti, alla loro resistenza ai fattori ambientali e all'impatto con l'ambiente).

Non solo la ricerca dei gruppi industriali, ma in larga misura anche quella universitaria e dei centri di ricerca pubblici hanno contribuito al risultato di conoscenza che ha consentito anche di superare alcuni aspetti di rischio, appartenenti ormai alla storia.

Gli interventi decisi o allo studio della Comunità Europea per la tutela dell'ambiente e della salute e sicurezza dei cittadini sono numerosi. Per restare nel campo specifico dei materiali da costruzione ricordiamo che l'aspetto tossicità e sicurezza è stato preso in esame dalla direttiva materiali da costruzione (89/106) che tra i requisiti essenziali che devono essere rispettati per legge contempla i seguenti:

Igiene, salute e ambiente

L'opera deve essere concepita e costruita in modo da non compromettere l'igiene o la salute degli occupanti o dei vicini e in particolare in modo da non provocare:

- sviluppo di gas tossici;
- presenza nell'aria di particelle o di gas pericolosi;
- emissione di radiazioni pericolose;
- inquinamento o tossicità dell'acqua o del suolo;
- difetti nell'eliminazione delle acque di scarico, dei fiumi e dei rifiuti solidi o liquidi;
- formazione di umidità su parti o pareti dell'opera.

Sicurezza nell'impiego

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che la sua utilizzazione non comporti rischi di incidenti inammissibili, quali scivolate, cadute, collisioni, bruciature, folgorazioni, ferimenti a seguito di esplosioni.

Protezione contro il rumore

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che il rumore cui sono sottoposti gli occupanti e le persone situate in prossimità si mantenga a livelli che non nuocciano alla loro salute e tali da consentire soddisfacenti condizioni di sonno, di riposo e di lavoro.

Risparmio energetico e ritenzione di calore

L'opera ed i relativi impianti di riscaldamento, raffreddamento ed aerazione devono essere concepiti e costruiti in modo che il consumo di energia durante l'utilizzazione dell'opera sia moderato, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo, senza che ciò pregiudichi il benessere termico degli occupanti.

La comunità europea ha inoltre istituito con la direttiva 880/92 la "ecolabel" (etichetta ambientale) volta a sviluppare una concorrenza basata anche sul livello di impatto ambientale dei vari prodotti destinati ad una stessa applicazione. Su commessa CE è stato effettuato uno studio per applicare l' "ecolabel" agli isolanti termici usati nelle costruzioni: il documento non è stato ancora approvato. L'aspetto importante dei materiali di rifiuto prodotti dall'attività di costruzione e demolizione è stato affrontato dalla proposta per una direttiva "construction and demolition waste" per la quale sono stati approntati alcuni documenti di base. Anche se l'iter per questa direttiva è al momento ad un punto morto, il problema affrontato ha tuttavia stimolato iniziative in vari paesi europei, in alcuni dei quali vi sono già leggi che regolano la discarica dei materiali di scarto delle costruzioni. In Italia si è costituito presso UNI, nell'ambito della commissione per il coordinamento delle attività legate alle costruzioni il gruppo di lavoro che ha già elaborato in forma di bozza i seguenti documenti:

"Raccomandazione quadro per una progettazione mirata alla minimizzazione e/o valorizzazione dei rifiuti di costruzione e demolizione" e "Raccomandazioni per la stesura di capitolati speciali per lavori edilizi".

Emilio Pizzi
Politecnico di Milano

L'evoluzione dell'edificio tra forme e prestazioni

Il tema della evoluzione dell'edificio e delle trasformazioni profonde delle scelte tecnologiche che ne sono all'origine pone inevitabilmente interrogativi sui destini dell'architettura.

Si tratta per molti versi di un tema che viene sempre più dibattuto di recente (sono infatti reduce da un convegno internazionale che si è tenuto a Napoli lo scorso sabato avente per tema "La residenza in europa alle soglie del terzo millennio") probabilmente nella speranza che il nuovo secolo riconduca ad una svolta nei modi di affrontare i problemi del costruire riappacificando l'uomo con la tecnologia che questo secolo ha saputo esprimere in modo così violento e scomposto. In questo dibattito di rifondazione degli strumenti del nostro operare nulla sembra salvarsi.

Ogni cosa viene rimessa in discussione di fronte alla perdita di significato di regole che nel passato avevano perpetuato per secoli il corretto equilibrio fra tecniche e funzioni, tra materiali e forme dell'architettura.

Non vi è dunque da stupirsi se riaffiorano le visioni di utopie che hanno segnato ciclicamente periodi di avanguardia e/o regresso nella evoluzione storica.

Dai miti offerti di un ritorno al passato delle architetture tradizionali che il principe Carlo sostiene alle visioni di un ritorno alle condizioni di natura offerte dalla Bioarchitettura, o ancora ai modelli postindustriali delle architetture decostruttiviste.

Spesso infatti si è soliti contrapporre un approccio di tipo convenzionale alla progettazione con le alternative radicali rappresentate da un più stretto rapporto con discipline come l'ecologia, la biologia o ambiti legati al rispetto per l'ambiente e la salute dell'individuo.

L'evoluzione dell'edificio tra forme e prestazioni

In particolare ritengo infatti che la progressiva perdita di contatto della concezione della costruzione attuale con le effettive esigenze dell'uomo non sia per sé sufficiente a motivare questa aspirazione ad una alternativa riconoscibile e “diversa” nei suoi connotati espressivi.

Credo viceversa che ancora una volta queste attenzioni e questi atteggiamenti più consapevoli debbono rientrare nel nostro modo di operare attribuendo una più marcata rilevanza a elementi che già fanno parte a pieno titolo della nostra cultura architettonica.

Da questo punto di vista io sono propenso sempre più a credere che una “casa ecologica” non diverga in modo sostanziale da quanto la tradizione architettonica ci ha tramandato in quanto in ultima istanza proprio all'architettura è affidata la responsabilità di dare risposte in modo compiuto ai bisogni dell'uomo.

Se dunque il punto di partenza è lo stesso, dove in particolare i percorsi metodologici divergono è proprio nella scarsa fiducia che deve essere accordata ai principi progettuali che da sempre hanno governato l'approccio alla definizione dell'habitat dell'uomo, ritenendoli per sé insufficienti a soddisfare tale precisa domanda.

Molti degli errori commessi ed il basso profilo qualitativo della architettura attuale sono solo un fatto recente e fortemente connesso al venire meno di regole un tempo largamente sedimentate e acquisite che stentano ora ad essere riformulate ed assunte con altrettanto rigore quanto nel passato.

Altrettanta rigidità è peraltro ascrivibile alla difficoltà con cui nuove acquisizioni scientifiche possono trovare accoglimento nel quadro delle scelte progettuali attuali.

Voglio ricordare come il movimento moderno in architettura abbia fatto proprio al di là delle trasformazioni profonde dell'organismo edilizio una concezione innovativa della costruzione dell'organismo architettonico fondata sull'uso della luce naturale, sul corretto soleggiamento e soprattutto su differenti rapporti tra esterno ed interno.

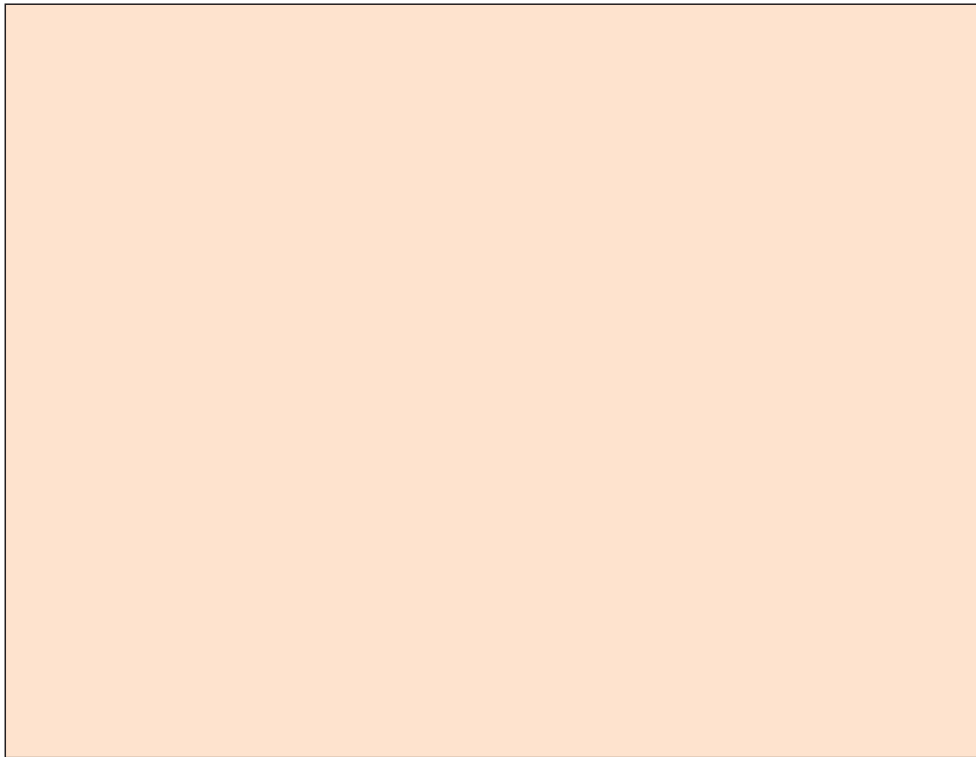
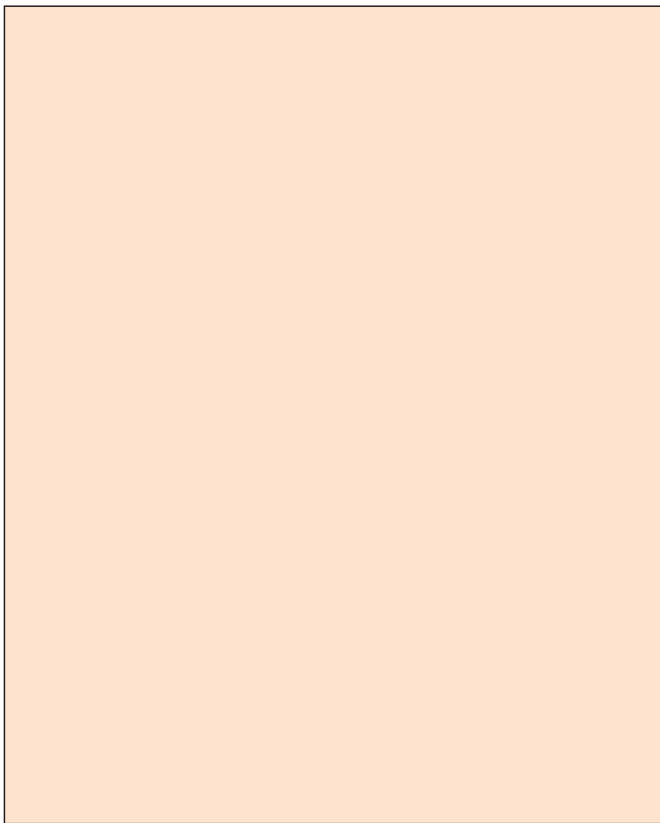


Figura 1



Gli studi di Klein, ed in Italia Marescotti e Griffini dimostrano quanto viva fosse l'attenzione per i principi ispiratori di una architettura che fosse in sintonia con le reali esigenze dell'uomo.

Figure come Aalto, o Wright ne hanno fatto un cardine essenziale della propria architettura.

Cosa dunque ha condotto alla fatale inversione di tendenza che abbiamo sotto gli occhi ogni giorno e ci porta oggi ad aspirare a nuove formule e nuovi principi ordinatori.

Percorrendo la ferrovia che da Milano conduce a Bologna non è ormai più possibile individuare alcuna costruzione, se si eccettuano le poche strutture rurali ancora esistenti, che abbia rispettato un rapporto corretto con il soleggiamento, in cui vi sia una differenziazione dei fronti in relazione all'orientamento, che abbia in qualche modo interpretato i vincoli posti dalla particolare condizione insediativa.

Si può dunque affermare che qualcosa di importante si è rotto nei meccanismi di evoluzione dell'architettura, per lo meno come li abbiamo conosciuti nel passato.

Evoluzione contraddistinta da un rapporto positivo con le risorse materiali e tecniche disponibili e rivolta costantemente a migliorare la qualità abitativa.

Soprattutto non si deve dimenticare come a condizionare i fattori evolutivi siano state per molti versi le condizioni ambientali e localizzative. In ciò a sancire i legami profondi che ogni architettura instaura con il luogo.

Il tema che intendo affrontare si incentra sul rapporto tra le forme e le prestazioni dell'edificio.

Figura 2

Esiste un rapporto biunivoco che lega questi due aspetti in ogni costruzione ?

Quali aspetti sono da ritenersi oggi alla base di ogni concezione formale dell'architettura?

E soprattutto esiste una evoluzione del quadro delle prestazioni?

Si tratta di interrogativi di non facile soluzione cui tuttavia cercherò di offrire alcune risposte e spunti di riflessione.

Una prima considerazione riguarda la concezione formale dell'edificio. Ritengo infatti che non si possa pienamente ed esclusivamente parlare di forme senza che nel contempo si parli di spazi. Gli spazi sono in realtà l'essenza stessa dell'architettura in quanto luoghi all'interno dei quali possono essere svolte più o meno efficacemente le funzioni che ogni costruzione sottende.

La qualità dell'architettura è direttamente proporzionale alla qualità degli spazi presenti in essa. La forma di un edificio è lo strumento che ci comunica o meno la sua realtà spaziale i suoi criteri organizzativi in modo da arricchire di nuovi significati l'habitat.

L'evoluzione delle forme contiene in sé dunque la storia delle innumerevoli invenzioni spaziali che via via hanno modificato le differenti tipologie funzionali.

Le tecniche costruttive per molti versi accompagnano questo cammino di trasformazione consentendo di introdurre nuove variabili dimensionali alla configurazione geometrica degli spazi in accordo a modelli di comportamento anch'essi in continua revisione.

Il fatto che in molti casi si finisca per aspirare ai modelli delle architetture del passato in alternativa alla povertà di linguaggi e alla mediocrità delle costruzioni odierne costituisce un segnale di un disagio ormai diffuso per una architettura che non sembra in grado di rispondere efficacemente ai bisogni dell'uomo di oggi.

Il recupero dei caratteri vernacolari in architettura non solo incarna il bisogno di ricondursi ad una dimensione temporale perduta ma anche rappresenta l'aspirazione ad una ricchezza spaziale ormai non più rinvenibile nelle dimore del presente. Anche le abitazioni più povere del passato

paradossalmente sono più ricche nella loro semplicità di molte delle abitazioni odierne.

La casa del futuro è dunque la casa del passato? Al di là del paradosso vi è qualcosa di vero in questo.

Ad esempio l'uso dei materiali ci appare più vero e sincero nelle tecnologie del passato nelle quali la regola costruttiva si legava stabilmente al dimensionamento degli ambienti.

Spessori e tessiture parlavano della solidità della costruzione, della sua essenza, della sua stabilità.

I materiali danno corpo all'edificio e ne caratterizzano profondamente l'immagine.

Per questo motivo materiali e tecnologie non sono solo i mezzi per la realizzazione di un'opera architettonica ma assumono significati profondi e diversi in relazione alla loro natura alla loro storia più o meno recente.

Sono solito considerare il singolo elemento costruttivo come l'elemento da cui si origina la lettura di ogni edificio: un elemento capace di svelarci le regole costitutive, e in ultima sintesi la capacità del manufatto di rispondere ai bisogni dell'uomo.

Quali bisogni e soprattutto quali esigenze possiamo porre all'origine della evoluzione della dimora in modo da segnare le sorti future?

Su questo argomento ritengo si sia fatta una notevole confusione in questi anni alla luce di un quadro normativo che vorrebbe tutelare la qualità della costruzione e che per molti versi finisce per perdere di vista obiettivi essenziali.

La direttiva CEE sui requisiti essenziali riferendosi a stabilità, sicurezza, benessere sembra limitarsi alla individuazione di requisiti ambientali di tipo statico e fisico tecnico suggerendo al progettista solo verifiche in tal senso.

In realtà sappiamo come l'impoverimento della qualità della costruzione sia per molti versi dovuto alla perdita di valori, altrettanto importanti e fondamentali quanto le stesse prestazioni di comfort e sicurezza.

Quando si parla dunque di evoluzione delle prestazioni ritengo sia fondamentale rivedere ogni nostro criterio progettuale antepo-
nendo innanzitutto i valori culturali che la casa esprime. Il suo essere testimonianza dei valori della nostra epoca.

Il senso di protezione e rifugio così come il senso perduto della pace e della serenità.

La definizione di un nuovo ordine progettuale discende da queste premesse fondamentali e la scelta delle tecnologie appropriate deve essere correlata a queste aspettative.

La grande disponibilità ed opulenza delle risorse tecnologiche per la realizzazione degli edifici impone peraltro da parte dei progettisti una doverosa riflessione nella scelta delle soluzioni più appropriate a contesti e a programmi architettonici.

Come sarà dunque la casa del futuro in questo quadro.

Certamente una casa che sia attenta all'intorno insediativo e partecipi alle relazioni con il resto dell'ambiente naturale ed artificiale.

In sintesi una casa che ponga alla base della sua essenzialità il bisogno anche di una diversa idea di città.

Una casa che sia inoltre rispettosa dei principi del soleggiamento e della illuminazione naturale in modo da valorizzare non solo sul piano energetico questi apporti.

Una casa che sia capace di suggerire una nuova spazialità all'interno e all'esterno con l'aggiunta di soluzioni di cui la casa sembra essere stata sempre più privata negli anni recenti.

Una casa capace nuovamente di evocare il carattere di solidità della costruzione.

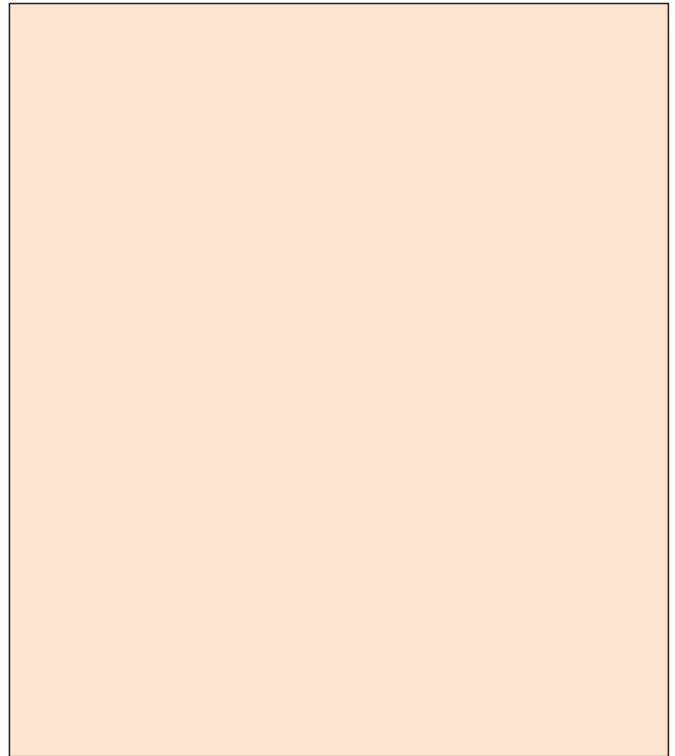


Figura 3

Una casa capace di essere adattata a soluzioni innovative dovute a trasformazioni profonde dell'organismo che investono oggi le condizioni dell'abitare: il lavoro, lo studio, le attività ricreative, il fitness, le attività creative, le occasioni di vita associata.

Una casa che sappia sfidare il tempo.

Anche le prestazioni energetiche rappresentano un 'aspetto rilevante di questa nuovo modello di abitazione.

Tra queste occorre privilegiare in primo luogo l'inerzia termica e con essa una diversa concezione dell'isolamento dell'edificio che renda efficace l'accumulo termico delle masse murarie.

Inoltre nelle soluzioni maggiormente isolate occorre operare in direzione di una riduzione dei fattori di eterogeneità termica e conseguentemente anche di quelli legati alla eterogeneità dei materiali.

Altrettanto importante risulta essere il perseguimento di una riduzione dei fattori di rischio di degrado nei sistemi di involucro esterno.

Infine la ricerca di scelte tipologiche e distributive che sappiano tenere conto dei fattori di esposizione e soleggiamento e della protezione rispetto agli agenti esterni.

Si tratta di linee essenziali ed imprescindibili che sempre più in futuro costituiranno il principio costruttivo di ogni nuova architettura.

Alcuni esempi potranno meglio illustrare la realtà di questi cambiamenti già rinvenibili nel panorama della architettura contemporanea.

Un primo caso è dato da questa abitazione a Daro dell'arch. Botta.

A proposito di questa abitazione sopra Bellinzona così si esprime Mario Botta:

“Ritengo ad esempio importante che la casa debba recuperare il suo significato primordiale: torni cioè a riproporsi come la casa di Adamo, torni a parlare intensamente del bisogno di “protezione”. La casa è quindi rimasta nel subconscio il luogo dove l'uomo può rigenerarsi, può ritrovare se stesso, può recuperare la sua storia, la memoria, può fantasticare; il luogo dove l'uomo può idealmente ricongiungersi con la collettività, dove può sentirsi parte di un disegno comune.”

Sono molti gli elementi ispiratori di questa dimora. Essi fanno parte di una poetica che si è rafforzata negli anni.

In particolare vorrei sottolineare il forte bisogno di radicamento nel luogo (in questo caso una collina scoscesa) quasi a significare una presa di possesso dell'uomo su di un ambiente naturale poco ospitale.

Radicamento non solo testimoniato dall'attacco a terra ma dalla stessa configurazione planimetrica che si sviluppa nella parte posteriore a cuneo con una cuspide che penetra nel cuore della montagna.

Di questa condizione divengono partecipi gli spazi interni che vivono la rastremazione del corpo edilizio attraverso la collocazione della cavità della scala in quel punto dove si annulla lo spessore dell'edificio.

Ma vi è un altro importante elemento di riflessione che è dato dal riassunto del programma funzionale dell'edificio nell'unico fronte rivolto a sud.

Il percorso di accesso e avvicinamento a questo fronte favorisce questa lettura a partire dalla cavità che si apre alla base a segnare l'ingresso e la scoperta magica, una volta penetrati nell'interno, del pozzo luminoso

delle scale illuminato dalla luce naturale.

Il vuoto della scala ricollega ambienti della zona notte più prossimi al terreno a quelli di soggiorno che si prolungano all'aperto nella grande terrazza coperta a evocare gli spazi porticati delle architetture rurali.

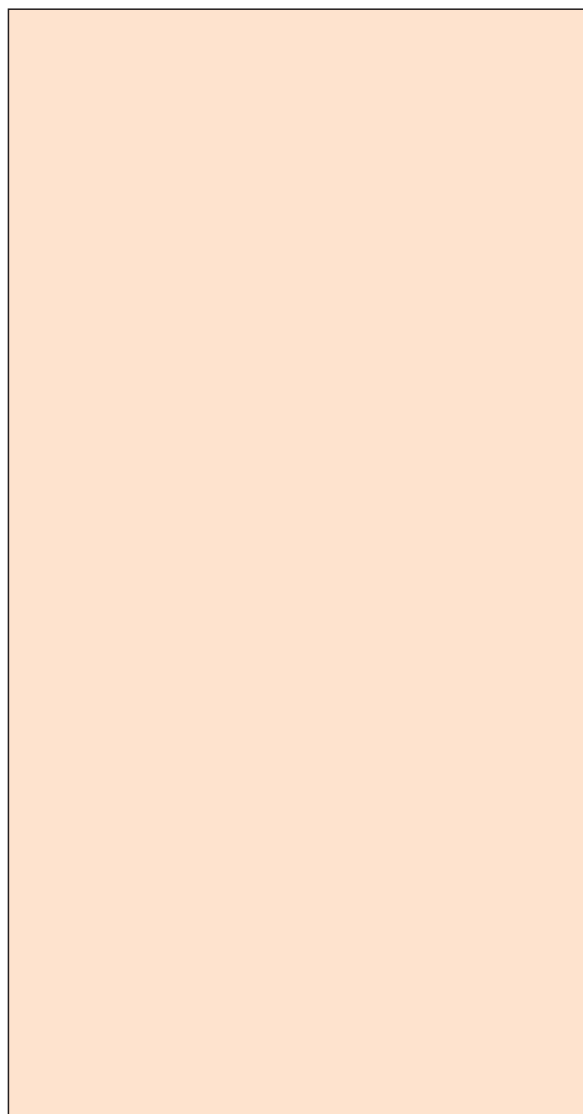


Figura 4

L'abitazione si caratterizza proprio in virtù di questi spazi aperti che si perdono verso l'alto a sottolineare il bisogno di integrare i poveri spazi dell'abitare di oggi con ambienti sottratti al paesaggio naturale. Ed è proprio il paesaggio naturale che si affaccia all'interno catturato dalla due quinte murarie laterali che ne ritagliano una porzione architettonica. La copertura a vetri è il sigillo di questa scomposizione in cui tuttavia sembrano prendere nuovo vigore memorie antiche e mai sopite.

Una riflessione su di una architettura più attenta ai problemi del sito e della città può essere colta in questo progetto sviluppato con Sergio Croce per la città di Atene.

Si tratta di uno studio rivolto ad ottimizzare nella progettazione di un centro integrato di spazi destinati al commercio agli uffici ed alla residenza, l'utilizzo del raffrescamento naturale.

Nella configurazione planimetrica dell'edificio in cui due corpi di fabbrica lineari racchiudono uno spazio protetto al centro sono stati attentamente valutati gli apporti delle ombre portate e le situazioni di esposizione al soleggiamento diretto.

Sistemi di schermatura realizzati da doppie facciate nella parte esterna attenuano il carico del soleggiamento diretto mentre la circolazione d'aria è favorita dagli spazi porticati alla base e da un bacino d'acqua posto al centro dello spazio commerciale.

Lo spazio centrale viene anch'esso schermato superiormente da un sistema di lucernari apribili schermati verso sud che nel periodo invernale attraverso la chiusura e la rotazione contribuiscono alla formazione di uno spazio serra.

Nelle abitazioni in duplex cavedi aperti superiormente scambiano con il cielo il calore accumulato mentre un sistema di solai doppi favorisce l'abbassamento delle temperature nelle superfici di calpestio.

A questo processo di revisione non si sottrae anche la modalità con cui sempre più si metterà mano al patrimonio edilizio esistente.

Il giudizio sulle modalità di crescita e sviluppo della città contemporanea tende infatti ad aggravarsi fatalmente se oltre agli aspetti di rapida obsolescenza funzionale dei nuovi tessuti e di scarsa qualità tipologica del patrimonio edilizio realizzato si mettono in conto le scelte tecnologiche operate ed i fatali errori commessi nell'impiego dei materiali nella costruzione.

Da questo ultimo punto di vista si può infatti convenire che mai come ora lo scollamento fra architettura e mezzi per realizzarla sia stato così marcato.

Le scelte delle tecnologie per la edificazione di un nuovo insediamento discendono molto spesso da consuetudini di convenienza più che da regole certe di una prassi del costruire adattata ai luoghi e al clima; consuetudini che quasi mai si rapportano alle prevedibili condizioni di esercizio del manufatto ma unicamente a semplificazioni rivolte a risolverne la geometria elementare.

I materiali non rappresentano più l'intima anima della costruzione né peraltro costituiscono la sua essenza di spessori, tessiture, ingombri capaci di evocare ora la statica, ora gli aspetti di protezione agli eventi atmosferici esterni, ora ancora il senso di perennità cui aspirano le costruzioni dell'uomo.

Tutto si risolve il più delle volte ad un guscio che si rivela tanto più fragile al comparire dei primi sintomi di degrado ed invecchiamento.

La frequenza con cui oggi si ricorre ad interventi manutentivi su gran parte del patrimonio edili-

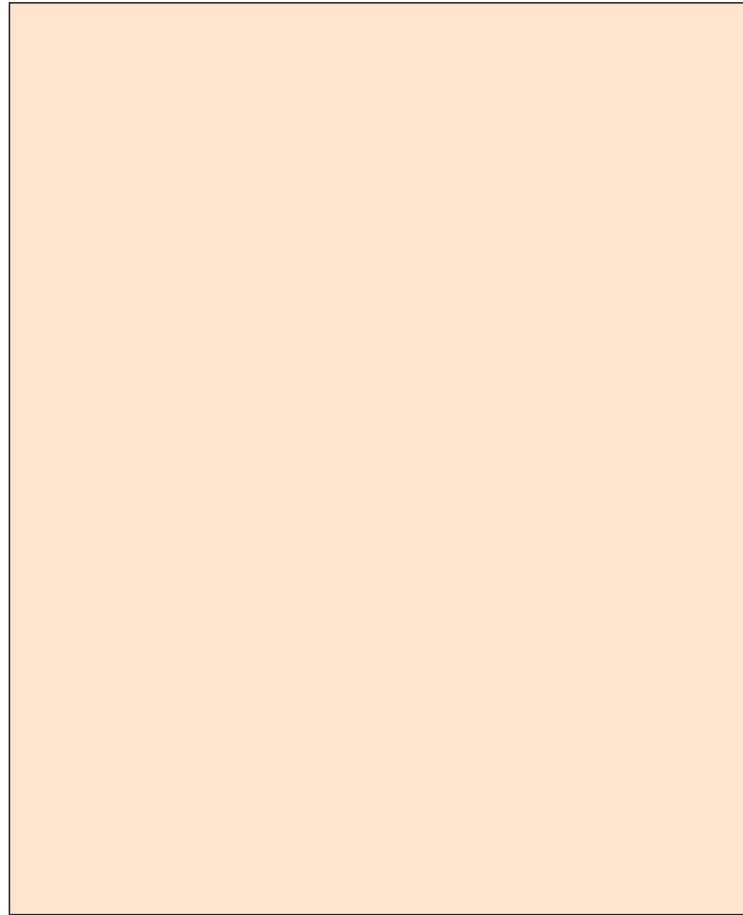


Figura 5

zio delle nostre città è indice di una situazione di totale incertezza decisionale riguardo alle tecnologie costruttive e della modesta affidabilità di molte parti della costruzione.

Tra questi interventi peraltro finiscono così per prevalere quelli rivolti ad introdurre diverse condizioni di durabilità o migliorie sul piano delle prestazioni attese con l'aggiunta di stratificazioni di finitura, isolanti, idrofobizzanti ecc.

Se da un lato dunque è ravvisabile un bisogno di preservare il patrimonio esistente pur con tutti i limiti in esso contenuti per altri versi è altrettanto forte la necessità di introdurre non solo correttivi ma anche adeguamenti rispetto ad un mutato quadro di esigenze di vita che la città attuale sempre più sottende. Vi è un bisogno di radicamento diverso e soprattutto di nuova qualità di spazi residenziali in rapporto a regole di dimensionamento certamente oggi obsolete.

In questa situazione si è proceduto sino ad ora con interventi sulle costruzioni unicamente rivolti a recuperare gli spazi interni ad una nuova funzionalità domestica compatibilmente alle risorse della specifica tecnologia originaria.

La maggior parte dei centri storici attuali è stata progressivamente interessata da questo processo di trasformazione che ha messo in evidenza anche i limiti di una prassi totalmente priva di obiettivi e capace solo di produrre alterazioni gravi che pesano in modo reversibile sulla durabilità dell'edificio.

La consuetudine ad intervenire con demolizioni e ricostruzioni anche di parti della struttura portante alla ricerca di una flessibilità distributiva di cui l'edificio era privo all'origine, se attuata per parti, come molto spesso avviene porta fatalmente alla impossibilità di un controllo consapevole sull'organismo nel suo complesso.

Le tipologie edilizie con struttura muraria portante con orizzontamenti in legno che costituiscono la parte più rilevante del costruito dei nostri centri storici, se da un lato mostrano una certa disponibilità a modificazioni di ordine distributivo (una volta risolte con opportuni rinforzi le limitazioni strutturali degli impalcati) risultano particolarmente refrattarie ad addizioni impiantistiche rispetto alla situazione originaria ed ogni intervento attuato in questo senso con apertura di tracce nelle sezioni murarie già indebolite dalla presenza di canne fumarie ed altre superfetazioni intervenute nel tempo rischia di compromettere irreversibilmente l'assetto statico complessivo della costruzione.

Certamente più semplice e decisivo per le sorti della città contemporanea risulta essere l'intervento sul patrimonio edilizio realizzato a partire dal secondo dopoguerra sia per la dimensione dello stock abitativo sia per la modificazione delle scelte tecnologiche operata prevalentemente in direzione delle strutture intelaiate in cemento armato sia per la bassa qualità di quanto costruito, sia infine per rappresentare questa edificazione la parte meno consapevole di una idea di città.

Sotto il profilo tecnologico è importante osservare come questa tipologia costruttiva consenta una maggiore facilità di trasformazione dell'involucro, una maggiore facilità di trasformazione impiantistica, una certa duttilità in ordine a modificazioni strutturali anche complesse con l'uso di tecnologie diverse.

Le regole di conservazione della città che si esprimono attraverso le norme di piano ed i regolamenti edilizi, preoccupate esclusivamente delle alterazioni volumetriche e di sagoma degli edifici, di fatto perpetuano la visione miope di una città che invecchia su se stessa anche a costo di preservare errori e inadeguatezze funzionali.

Occorre come avvenuto in altri periodi storici, ma anche recentemente rivedere il nostro atteggiamento superando ogni rigidità normativa nella prospettiva della ricerca di una nuova qualità abitativa.

Le concessioni alla sopraelevazione del dopoguerra così come ora l'utilizzo a fini abitativi di pertinenze come i sottotetti sono i sintomi del bisogno non tanto di una maggiore densità insediativa quanto della acquisizione alla città di nuovi spazi diversamente connotati rispetto al passato in grado di arricchire lo spazio residenziale.

Un cambiamento di atteggiamento che peraltro versi non si discosta da quanto perpetuatosi nei

secoli nella città storica, assai più capace di trasformarsi e rigenerarsi al suo interno.

Una città capace di riciclare gli edifici e modificarli senza preoccuparsi troppo di ricucire le ferite di ogni trasformazione che appaiono ancora visibili nelle ossature murarie che si sono tramandate sino a noi.

Il bisogno oggi ricorrente di ricondursi anche negli interventi manutentivi più modesti alla condizione originaria dell'edificio, come fosse appena ultimato, appartengono ad una visione salutare e di cosmesi dell'organismo edilizio che nulla ha a vedere con i caratteri di permanenza nel tempo di una architettura. Ben altre sotto il profilo del linguaggio espressivo dovrebbero essere le regole del cambiamento di immagine dell'edificio.

L'apertura di porte o la chiusura di finestre, la loro alterazione geometrica, l'inserimento di sporti o balconi paradossalmente era più frequente nel passato su tecnologie poco duttili alla manipolazione di quanto non lo sia oggi con tecnologie che si prestano a molteplici alterazioni sul piano geometrico e funzionale.

In questa ottica si aprono dunque nuovi scenari sia per la ricerca tipologica di innovazione e trasformazione delle tipologie esistenti sia per una ricerca tecnologica meno sacrificata e limitata nello studio delle soluzioni di nuovo involucro.

Gli obiettivi da un lato sono rappresentati dalla esigenza di introdurre correttivi su edifici in cui la strutturazione originaria risulta inficiata da particolari carenze in ordine alle problematiche energetiche ma anche di comfort.

In secondo luogo obiettivi di incremento della dotazione impiantistica sia a seguito di nuove norme sia a seguito di esigenze nuove subentrate nel tempo (facilità di accesso alla rete di fornitura a gas per impianti di riscaldamento autonomi, impianti di telecomunicazione e di sicurezza, impianti di messa a terra, impianti di smaltimento dei fumi ecc.)

Infine obiettivi di nuova dotazione di spazi funzionali con l'aggiunta di parti come logge ester-

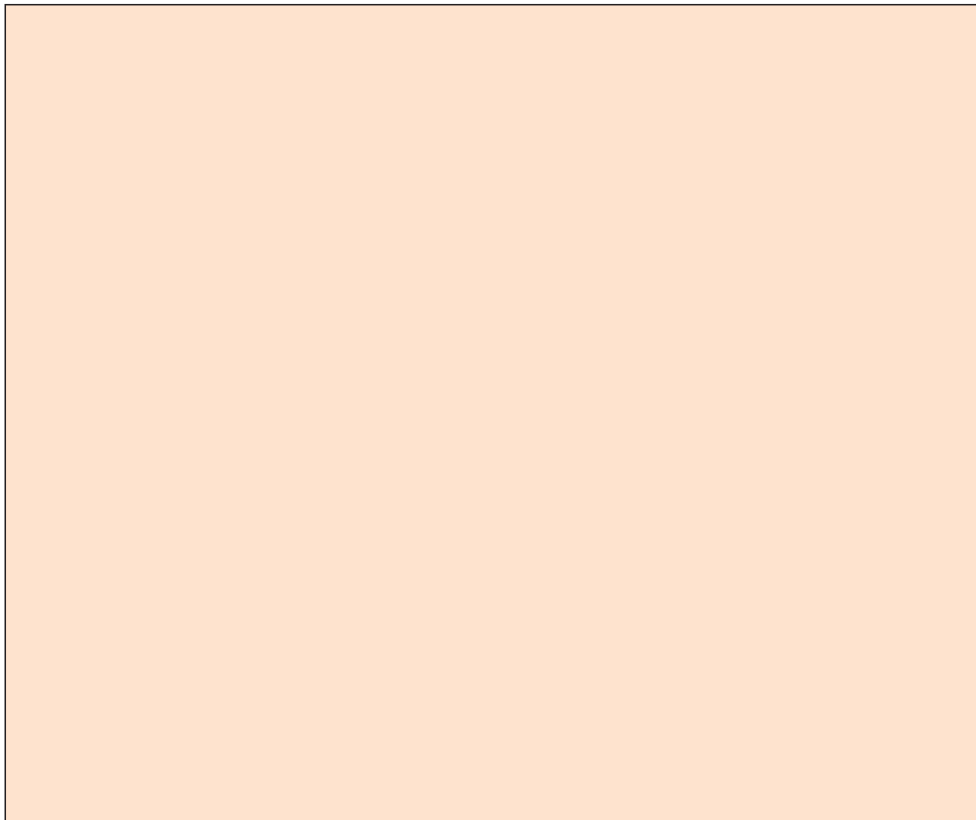


Figura 6

ne, giardini pensili, sistemi di scale per la comunicazione tra due unità sovrapposte, spazi a verde integrati nella abitazione, nuovi percorsi di accesso alle unità abitative, nuova flessibilità di uso degli spazi interni, nuova flessibilità nella composizione dell'involucro esterno con possibilità di incrementare e/o diminuire le superficie finestrate.

In sintesi si riportano due esempi che mostrano atteggiamenti diversi nella ricerca di soluzioni innovative.

Il primo riguarda un quartiere di edilizia residenziale realizzato alla fine degli anni 60 dagli arch. Aymonino e Rossi a Milano in cui l'intervento di ripristino dello stato di pronunciato degrado si associa ad una serie di correttivi del comportamento in esercizio sia sul piano statico, sia sul piano del comfort, sia sul piano dell'immagine finale che pur salvaguardando il progetto iniziale ugualmente introduce nuove valenze di durabilità.

Il secondo riguarda viceversa l'intervento di riqualificazione di grandi manufatti realizzati con le tecniche della prefabbricazione pesante.

Il Quartiere Monte Amiata

La realizzazione del quartiere Monte Amiata al Gallaratese di Milano sul finire degli anni sessanta è stata accolta come noto dalla critica architettonica come un esempio positivo di afferma-

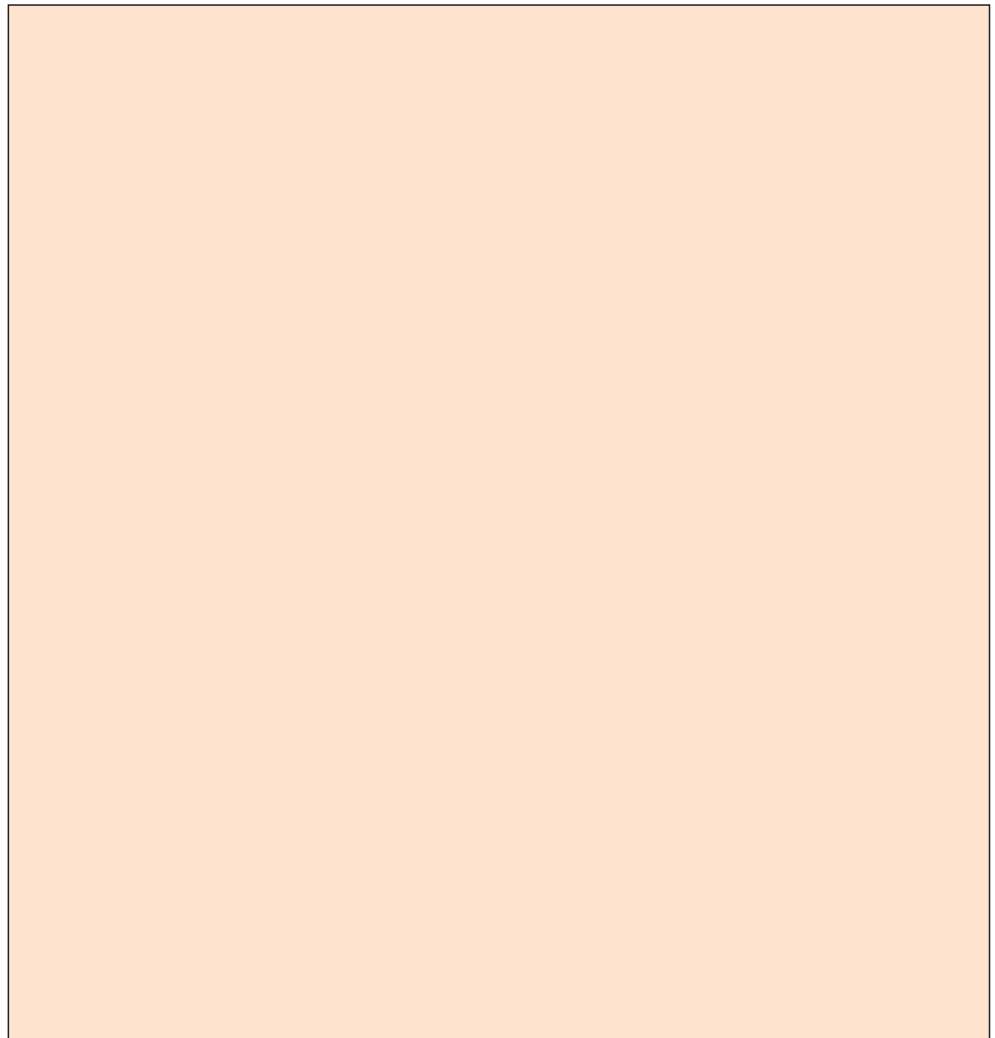


Figura 7

zione di una architettura capace, proprio in virtù della ricchezza e della qualità tipologica introdotta di avviare un processo di nuova riqualificazione delle periferie segnate dal processo scomposto di urbanizzazione degli anni sessanta.

In realtà la storia degli anni successivi oltre a mettere in mostra alcuni limiti della idea di comunità abitativa sottesa, ha evidenziato un processo di obsolescenza dovuto alla compresenza di una serie di errori progettuali e fabbricativi che nel breve volgere di tempo di pochi anni hanno minato la stabilità dei fabbricati e ne hanno favorito il rapido degrado.

Campagne di indagine svolte hanno consentito di verificare tra l'altro la diffusione di fenomeni condensativi nella gran parte delle unità abitative. Ulteriori rilievi mirati hanno messo in luce la difficoltà di poter intervenire con tecniche di ripristino convenzionali di rifacimento delle parti ammalorate.

Il progetto elaborato integra gli aspetti di complessità dovuti alla esigenza di ricondurre il fenomeno di deformazione degli sbalzi presenti a valori accettabili attraverso l'adozione di una struttura di profili integrata nel nuovo sistema di rivestimento litico delle superfici di facciata.

Il nuovo rivestimento viene inoltre dimensionato in modo da accogliere al suo interno una serie di reti impiantistiche che si sono andate nel tempo a sovrapporre alla struttura originaria come la rete di pluviali esterna della struttura gradonata della facciata, le reti di adduzione del gas.

I nuovi spessori murari conseguiti da una addizione anche di stratificazioni isolanti di cui la costruzione (nata prima della normativa sul contenimento dei consumi energetici) era del tutto sprovvista pur avendo una muratura esterna di esiguo spessore, consentono inoltre di integrare i dispositivi di oscuramento esterni e grazie a nuovi profili di cornice a proteggere gli infissi in lamiera posti originariamente a filo ed ora interamente corrosi.

In fine sotto il profilo del risanamento delle parti in cemento armato compromesse la soluzione si presta per una azione di svincolo delle tensioni presenti fra campitura muraria e telai strutturali in modo da disattivare gli effetti delle dilatazioni termiche.

La soluzione progettuale si ricollega inoltre con altri provvedimenti di natura più complessa rivolti a rivalutare molti degli spazi perduti presenti in diversi punti dei fabbricati attraverso nuove opportunità d'uso (con fioriere, invasi d'acqua, quinte trasparenti di separazione).

Nel caso del Quartiere Grattosoglio, anch'esso a Milano, il progetto si colloca nell'ambito del concorso di recente bandito dall'Energy Research Group dell'University College di Dublino ed ha ottenuto una segnalazione da parte della giuria.

In particolare tra gli scopi dichiarati del concorso vi era quello di:

Promuovere l'uso di tecnologie innovative nella conservazione e nella integrazione del riscaldamento, nel raffrescamento passivo, e nelle tecniche di illuminamento come mezzi per raggiungere una più alta efficienza energetica ed un più confortevole micro clima interno.

- Contribuire alla riduzione dei consumi energetici degli edifici e conseguentemente alla riduzione dell'inquinamento ambientale ad esso connesso.

La tecnologia della costruzione a grandi pannelli ha rappresentato in Europa l'avvio su vasta scala di processi di industrializzazione in sostituzione della pratica tutta artigianale del cantiere edilizio ma anche l'affermarsi della consapevolezza che con l'avvio generalizzato di nuove tecniche avrebbero potuto darsi anche condizioni di qualità nuove e soprattutto nuove potenzialità espressive per l'architettura.

Sappiamo come viceversa dalla lezione di questa vicenda che si è protratta per decenni nei paesi dell'est principalmente ma anche nel resto dell'Europa Italia compresa, i risultati conseguiti siano stati di segno opposto con la creazione di edifici tipologicamente rigidi ed immutabili, assolutamente anonimi nel panorama costruito ma quel che è peggio gravemente minati da errori e vizi costruttivi tali da richiedere dopo pochi anni dalla costruzione costosi interventi di rifacimento delle superfici esterne.

Interi quartieri edificati con queste tecnologie segnano l'immagine ormai in negativo delle periferie delle nostre città.

Costruzioni obsolete che tuttavia per essere state realizzate a prova di incendio, esplosione, ter-

remoto, si oppongono ora ad ogni azzeramento, perpetuando una condizione abitativa che si è fatta via via più carente sia per gli scarsi livelli di comfort sia per un dimensionamento degli spazi che non ammette alcuna modificazione.

L'attenzione del concorso per questi edifici ha messo in evidenza attraverso i risultati conseguiti nelle proposte il bisogno di rivedere l'eccesso di fiducia in queste tecnologie attraverso una nuova carica ideativa.

L'occasione di un intervento su questo patrimonio edilizio diviene anche l'occasione per una modificazione della città attraverso i nuovi caratteri che possono assumere queste architetture banali.

In sintesi il concorso chiedeva un nuovo sforzo progettuale che fosse orientato a produrre una nuova qualità architettonica, riducendo al contempo i consumi energetici e migliorando le condizioni di comfort.

L'applicazione di algoritmi di calcolo per la verifica dei risultati acquisiti sotto il profilo del comfort termico, riscaldamento, illuminazione, raffrescamento, risparmio, ha portato in molti progetti ad integrare gli edifici con spazi "buffer" filtro oltre le sagome degli involucri esistenti e inoltre a rivedere le stesse condizioni di comportamento degli edifici rispetto al loro orientamento.

Una delle conseguenze è stata anche il miglioramento della qualità degli spazi di vita grazie al-

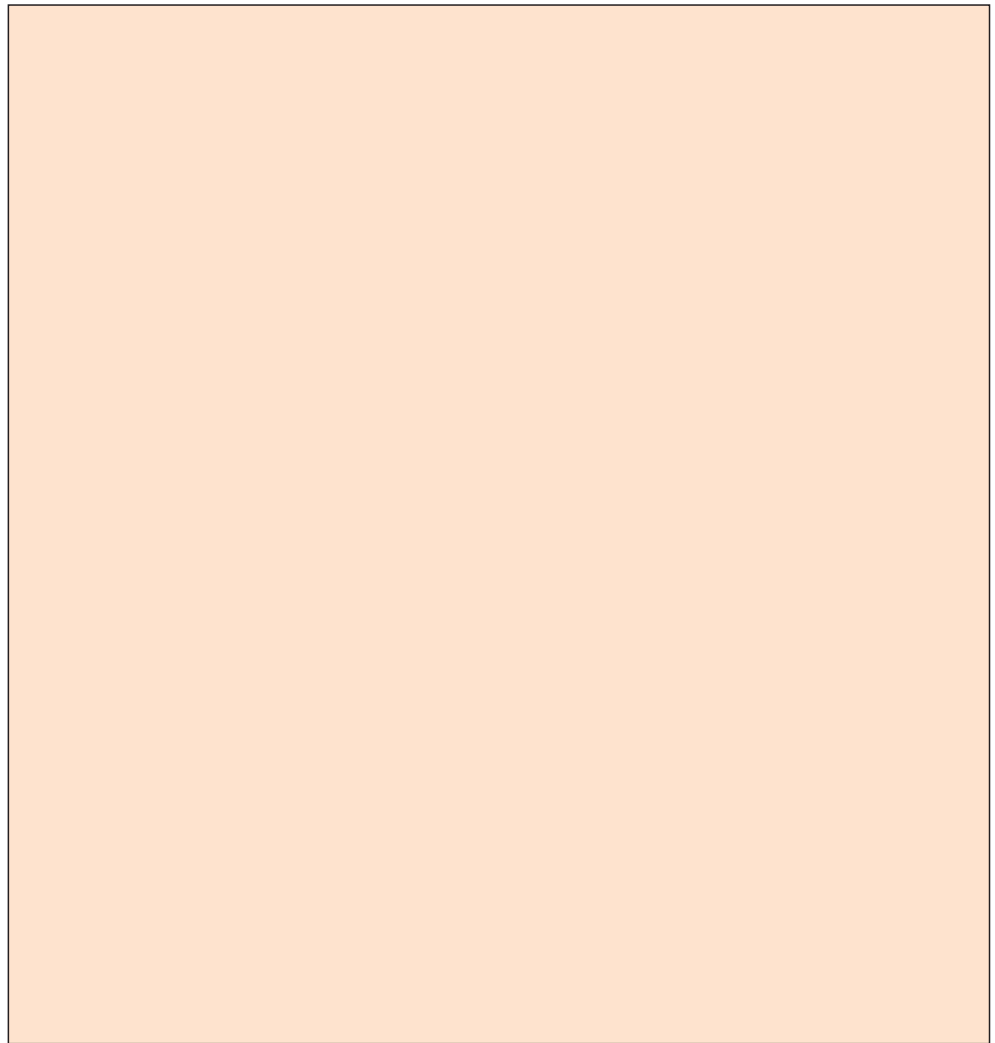


Figura 8

l'aggiunta di logge, giardini pensili o nuovi locali, o ancora spazi che completano alloggi dalle dimensioni spesso minime.

Rimane il dubbio sulla legittimità di questi.

È indubbio che per poter cambiare le nostre città occorre poter cambiare la cattiva qualità delle architetture che le hanno generate ed è altresì chiaro che solo attraverso mutamenti radicali di atteggiamento ciò potrà essere reso possibile.

Occorre creare nuovi stimoli progettuali ed una nuova visione che sappia ancora una volta ricondursi ai bisogni di sempre dell'uomo.

Ricondurre la casa ad essere quella dimora e quel luogo carico di significati di cui abbiamo purtroppo smarrito il senso nelle nostre città.

L'idea di operare su questi edifici per così dire per addizione viene resa possibile dalle concezioni originali dei piani insediativi caratterizzati dalla disposizione di corpi lineari a torre o isolati nella presunzione di un rapporto con il verde circostante.

In realtà sappiamo come il venire meno di una idea di città abbia favorito la creazione di periferie tanto prive di connotati tanto segregate dove il verde è solo uno spazio di nessuno privo di qualità e talvolta pericoloso a frequentarsi.

Dunque il bisogno di riportare ad una dimensione questo spazio verde concependolo come una dotazione indispensabile per ogni singola unità abitativa.

Ritorna prepotentemente l'intuizione originale di Le Corbusier condensata nel grande "Immeuble Villàs" di una aggregazione di ville individuali poste su più piani e tutte dotate di un generoso spazio a verde in doppio volume e di uno spazio ricreativo all'aperto come naturale estensione dello spazio abitativo interno. A questa idea si sono andate sommando altre idee di flessibilità e di utilizzo degli spazi esterni nelle stagioni invernali con la creazione di serre o schermature rivolte ad attenuare il carico di irraggiamento estivo.

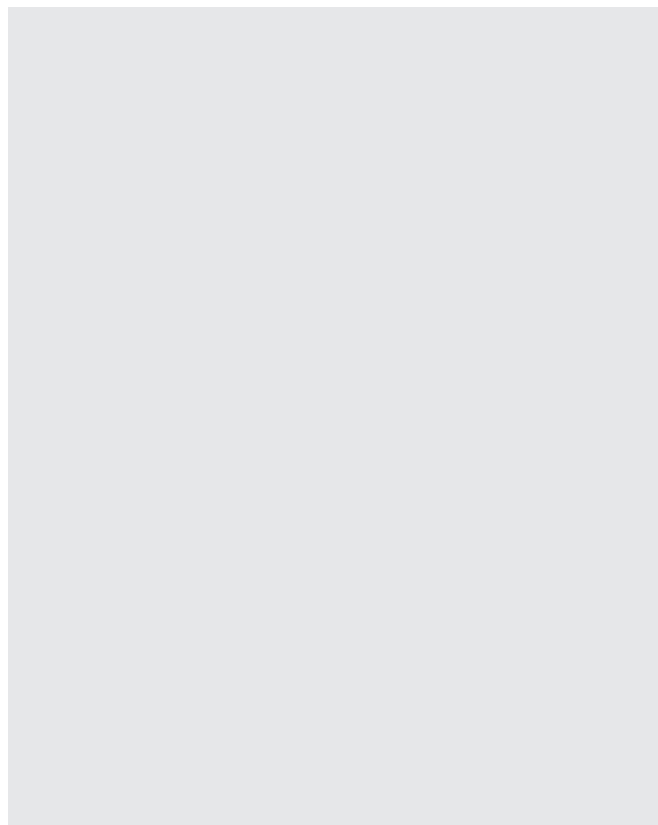
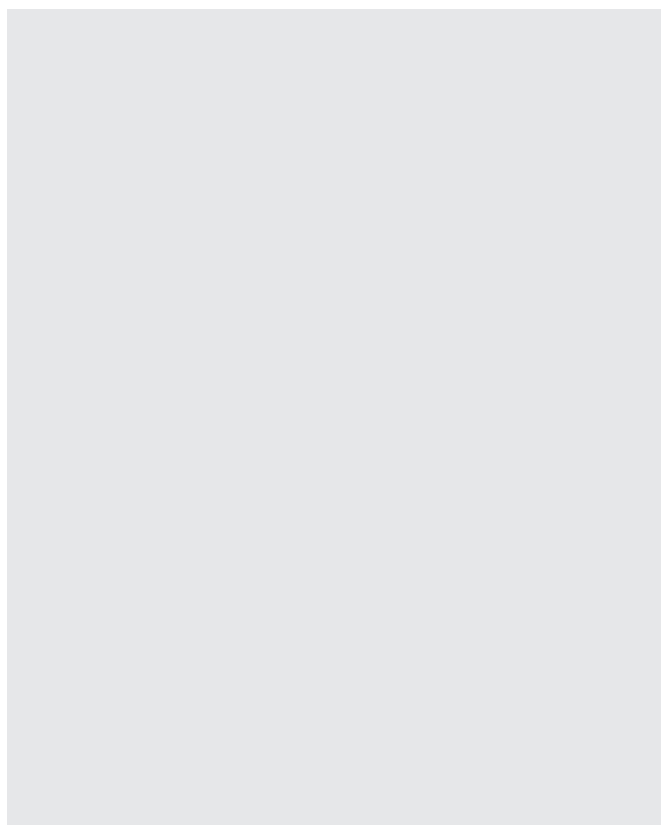
Si tratta in sintesi di proposte nella loro generalità molto concrete che mostrano come questa strada di ricerca dei caratteri di nuova architettura si attagli assai bene anche ad esigenze tecnologiche molto concrete sulla strada del destino di profondo rinnovamento cui sta andando incontro la città contemporanea.

La casa del futuro

Quando sono stato interpellato per partecipare a questa conferenza sul tema "La casa del futuro" ho accettato con grande piacere; penso, infatti, che il significato dell'incontro di oggi stia nel partecipare alla costituzione in edilizia dell'anello che congiunge lo stadio del 2° millennio fatto di blocchi di pietra, al 3° millennio che si apre oggi 16 Ottobre alle nuove tecnologie costruttive fatte di EPS, ferro, resine, ecc. Non sono un ingegnere, né un architetto; sono soltanto un industriale che si è votato all'edilizia per propria passione e si è specializzato sulle costruzioni leggere, semplici ed economiche. Ho girato il mondo per motivi di lavoro ed in 35 anni di attività, il settore casa, per i meno abbienti, ha sempre presentato uno scenario squallido fatto di arrangiamenti e di povertà. Al Cairo ho visto gente rifugiarsi nel cimitero monumentale per passare una notte al riparo, in Russia ho visto famiglie coabitare in costruzioni fatiscenti, in San Salvatore ed in Colombia ho visto famiglie ripararsi in capanne fatte di foglie di banano con il suolo ancora rigato dall'ultima alluvione, in Brasile le favellas mi hanno addolorato come nessun altro spettacolo al mondo ... e potrei parlare ancora a lungo...!

Figura 1. Componenti principali della struttura.

Figura 2. Possibile soluzione per la suddivisione dello spazio interno.



L'edilizia per l'uomo rimane il primo segmento del vivere civile non si può parlare di civiltà fin quando una sola famiglia vive in uno stato di indigenza estrema e non si può proteggere dall'acqua, dal freddo e dal caldo. E non si potrà mai dare a questa gente un rifugio fin quando il concetto della casa sarà legato alla pietra e al cemento armato. Da statistiche effettuate il 70% dell'umanità è priva di una casa che possa chiamarsi tale.

Il 70% dell'umanità vive ai margini del viver civile, perchè priva di un tetto, di un bagno, di una camera! Un giorno in Spagna guardando un ponte romano ancora efficiente, lessi alla base una incisione scolpita nel marmo: Io, Valerio..... ho costruito questo ponte **per sempre**.....!

E aveva quasi ragione. Se oggi ai quasi 3 miliardi di essere umani bisognosi di una casa, noi perseguendo il concetto di Valerio, pensassimo di costruire queste case con mattoni e cemento, la possibilità di realizzazione e la necessità, si allontanerebbe sempre più fra loro creando uno scompensato insanabile. Se vogliamo risolvere soltanto una parte di questo problema dobbiamo affidarci, oggi per domani, a nuove tecnologie, a componenti abitativi nuovi nella loro concezione: a materiali che non siano pietra e cemento, che non siano blocchi di marmo, ma componenti industriali fatti dall'uomo a questo fine, dove sia una macchina ad approntarli, dove la materia prima sia un prodotto rigenerabile e ricostituibile, dove non sia la fatica dell'uomo a sovrapporre la pietra sulla pietra.

Dicevo all'inizio che non sono un ingegnere e quindi mi ha molto sorpreso lo scoprire come la forma è un grande indice di economia costruttiva. Mi sono accorto che prendendo 8 elementi prefabbricati e disponendoli a formare un rettangolo coprivano una superficie di 18 mq., disponendoli a formare un quadrato coprivano 25 mq. e disponendoli a formare un cerchio coprivano quasi 30 mq. Per un industriale ignorante di geometria è stata una grande scoperta, ed è stata la ragione che mi ha spinto nella mia attività di costruttore a guardare molto la forma nelle mie costruzioni.

Il primo frutto di questa esperienza è il Termigloo in EPS: una casa estremamente economica di forma circolare che sfrutta i parametri della sfera per le proprie resistenze meccaniche e per la sua semplicità costruttiva. Nasce la nostra prima casa a valenze multiple: massima semplicità nei montaggi (3 operai possono montarne 5 al giorno), possibilità di grandi produzioni (il termigloo è ottenuto da 8 spicchi stampati a macchina), perfetta coibenza (il termigloo è ottenuto per stampaggio di polistirene espanso con 12/15 cm di spessore).

Questa costruzione viene rifinita esternamente con una leggerissima rete elettrosaldata di cm 3x3 e diametro 4 mm ricoperta da 2 cm di intonaco cementizio.

La calotta formata irrigidisce eccezionalmente la costruzione rendendola estremamente compatta e di grande resistenza agli urti, ai venti, al terremoto, ecc.

Guardiamo la semplicità del suo montaggio:

- 1 lo spicchio della costruzione con le sue caratteristiche.
- 2 l'assemblamento degli spicchi seguendo il cerchio iniziale tracciato su un qualsiasi terreno;
- 3 composizione della semisfera a raggi decrescenti (per consentire una prima parte perfettamente cilindrica e perpendicolare al pavimento)
- 4 sovrapposizione sulla superficie esterna di una maglia leggerissima di ferro, con la funzione di portaintonaco. Copertura di 2 cm di cemento spruzzato con la macchina (o a mano per poco lavoro);
- 5 gettata di una platea con cemento e maglia elettrosaldata 20x20 e diametro 6 mm per uno spessore di 10 cm.

La costruzione ha i suoi alloggiamenti pronti per posizionare le porte e le finestre a costruzione

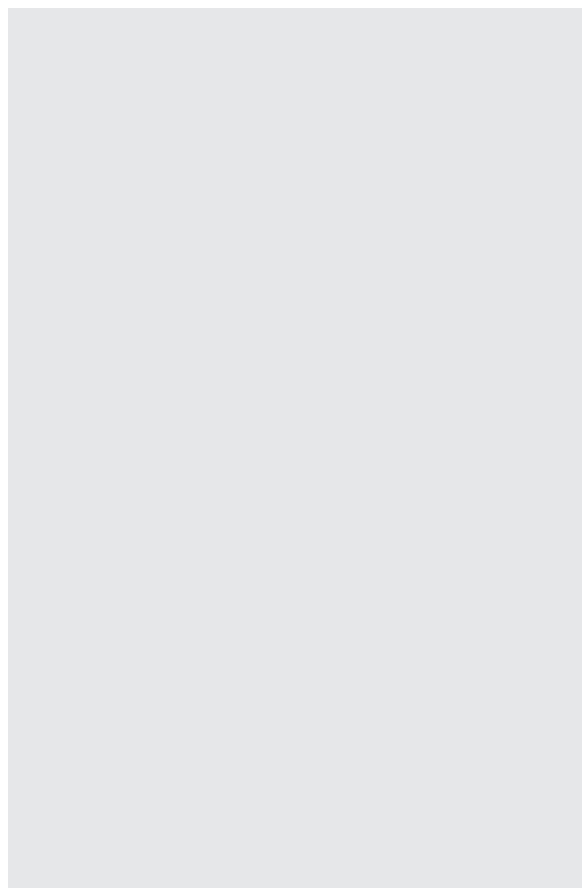


Figura 3. Dimensioni principali per termigloo.

finita. Non è certo una casa "per sempre" ma è una costruzione che assolverà ai suoi principi per almeno 200 anni e questo basta alla vita di un uomo costretto a vivere mediamente soltanto 80 anni! Come dura 200 anni? Il polistirene espanso non è materiale degradabile (con le esperienze della sua vita di 60 anni ci dimostra di potere vivere almeno quanto il ponte di Valerio!).

Il polistirene non è putrescibile, non viene attaccato da agenti esterni se non spruzzandolo con solventi di petrolio; non infiamma perchè prodotto con EPS ininfiammabile.

Ma penso che di tutte le caratteristiche di questo prodotto Vi abbia già parlato l'Ing. Piana.

Ecco una possibile casa del futuro. Noi non abbiamo inventato nulla, abbiamo solo preso una forma abitativa esistente da migliaia di anni e l'abbiamo realizzata con i componenti del futuro.

Abbiamo ridotto, con la forma, il massimo dell'intervento dell'uomo sul prodotto finito riducendo, di conseguenza, al minimo i costi.

Abbiamo riinventato il concetto della resistenza per leggerezza, cercando di evitare il principio della durabilità del peso.

Abbiamo cercato di dimostrare il principio cinese millenario della resistenza legata alla flessibilità.

Il cemento, negli ultimi decenni, ci ha allontanati da questi principi. Potete pensare che io veda un futuro abitativo di Papalla? Di città formate da elementi sferici in litanie sterminate?

No, io vedo un futuro possibile di elementi abitativi diversi dai blocchi di pietra. Vedo componentistica moderna, legata fermamente alla evoluzione tecnologica che noi stessi viviamo.

Vedo l'abbandono di esperienze millenarie a favore delle moderne esperienze nel campo dell'edilizia.

Ma io e la mia equipe noi non ci siamo fermati alla sfera, abbiamo camminato...

Con lo stesso principio abbiamo realizzato case di stile tradizionale, scuole, ospedali. Il sistema è uguale: elementi stampati a macchina in EPS, ma cambiamo le forme e con il cantiere delle forme è nata la necessità di dare alle costruzioni un'anima d'acciaio.

La fig. 3, mostra una unità abitativa è realizzata con 12 moduli parete e 12 moduli tetto interamente stampati a macchina; ogni modulo (di 3 metri) ha il vuoto necessario a ricevere un tubo di acciaio che collegandosi con il cordolo di base e del tetto, formano l'ossatura necessaria alla staticità della casa.

Il calcestruzzo e una maglia elettrosaldata 15x15 e diametro 6 mm sul tetto e sulla base rendono la costruzione monolitica 15x15 e diametro 6 mm sul tetto e sulla base rendono la costruzione monolitica, conservando i grandi vantaggi dell'antiumidità, dell'antisismicità, della coibenza e della resistenza; che tradotti in valori economici si-

gnificano estremi risparmi ed estrema praticità.

Basti pensare che saranno le macchine a costruire le case e non più l'uomo.

E per costruire a più piani?

Le nostre esperienze hanno allontanato i confini della tecnologia. Ci siamo accorti che in un solaio tradizionale era il ferro a mostrare le capacità su cui basare i calcoli relativi.

Abbiamo provato a sinterizzare il ferro con dell'EPS dentro una macchina, e abbiamo potuto constatare che le resistenze del ferro non solo migliorano, ma venendo affogato nella massa espansa, quindi lontano dall'umido, il ferro può durare enormemente più a lungo che non dentro il conglomerato cementizio poroso e degradabile.

Nasce il solaio "speedy" autoportante.

Un solaio già pronto, leggerissimo (circa 8 kg/mq) che non richiede impalcature di legno e spal-

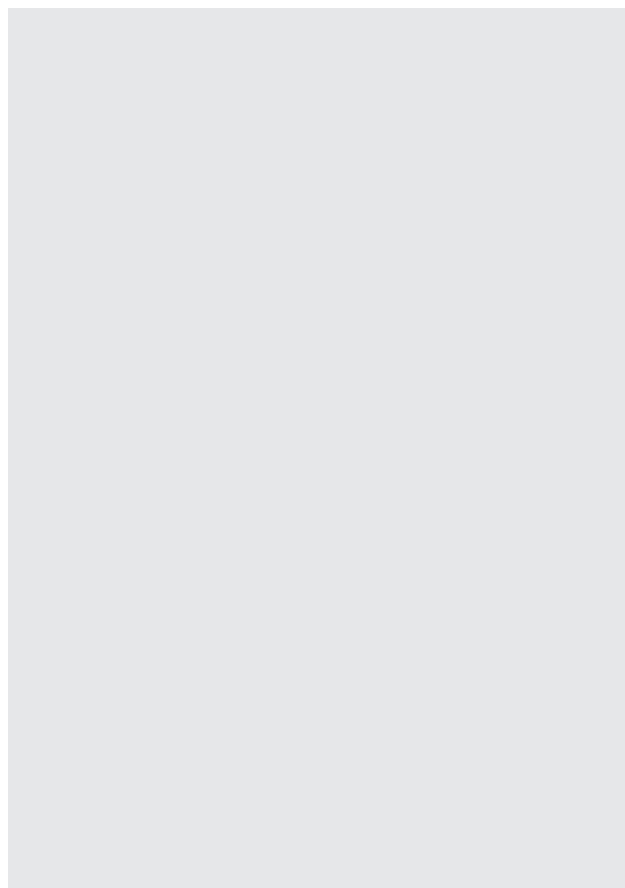


Figura 4. Elemento base per la costruzione dell'unità abitativa.

cature, che per il suo peso limitatissimo riduce enormemente i carichi totali, un solaio coibente e fonoassorbente.

L'Università di Palermo, Scienze delle Costruzioni, ci ha dato il carico di 475 kg/mq solo EPS e ferro.

Questo ultimo nostro figlio sta entrando con diritto nel 3° millennio.

In Argentina, a La Plata, stiamo costruendo 12.000 nuove abitazioni per iniziare a spazzare le bidonville e dare una casa decente a quella gente, lo stesso stiamo facendo in Centro America.

Le case ottenute per stampaggio possono risolvere il problema dei grandi numeri, e possono risolvere il problema dell'alta qualità e del massimo comfort.

A La Pio, nell'avellinese, una nostra costruzione di 2.000 mq, adibita ad ospedale, da 15 anni assolve ai suoi compiti in maniera egregia.

La costruzione è come nuova, conservando la sua coibenza e la sua indegradabilità.

Decine e decine di villaggi sparsi nell'Italia meridionale ci confermano queste virtù.

Se noi fermiamo la catena delle esperienze passate e proseguiamo insieme con una corda più fine, meno pesante, realizzata con nuove tecnologie, possiamo acquistare il diritto di entrare insieme nel 3° millennio, con i giovani che prenderanno il nostro posto.

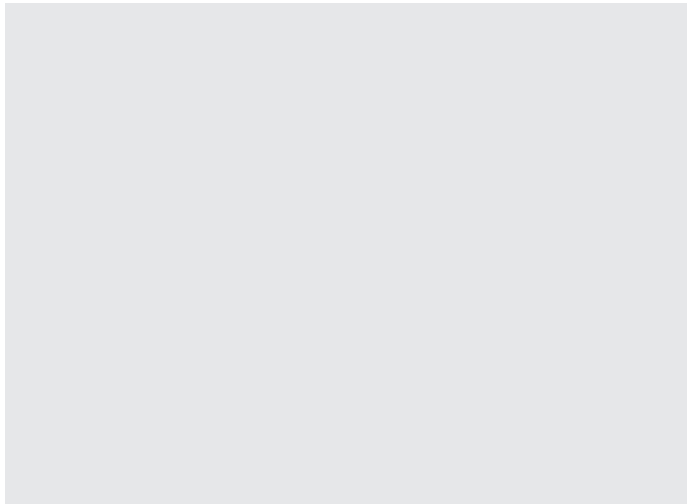


Figura 5. Preparazione del terreno con solette in cemento armato.

Figura 6. Rivestimento della struttura con intonaco e rete metallica.

Figura 7. Finitura dell'unità con fori finestra e porta di ingresso.

Marco Piana
Associazione italiana polistirolo espanso

I sistemi costruttivi: innovazione e compatibilità ambientale

Costruire è sicuramente una azione fra le più creative e stimolanti. Introdurre il tema relativo alla casa del futuro può avere due aspetti differenti: da una parte la realistica considerazione che l'edilizia non cambierà molto facilmente, dall'altra la constatazione di molti indicatori che preludono ad un cambiamento di rotta.

Le esperienze condotte per anni hanno permesso di raccogliere i frutti di innumerevoli casi, aspetti con situazioni a volte positive, a volte migliorabili.

Ma questo processo è intrinseco all'evoluzione che è legata a doppio effetto con l'esperienza.

Al processo del costruire, per essere ancora più interessante, oggi vengono innestati due concetti nuovi: innovazione ed ambiente.

Parlare solo di ambiente è relativamente facile, infatti stiamo assistendo ad un evidente regresso nella scelta dei materiali e dei processi costruttivi in nome di un ipotetico rispetto per l'ambiente di vita: quanto sarà funzionale e quanto costerà una copertura in torba?

Ed è per tale motivazione che il gioco si rende più interessante, se al rispetto dell'ambiente si deve coniugare anche l'innovazione, permettendo così alle aziende di crescere, di ricercare e di edificare in modo e con costi differenti.

Vengono quindi riportati gli esempi più significativi di come il mercato dell'edilizia per componenti prefabbricati e non, si stia muovendo cercando di realizzare sistemi innovativi senza dimenticare gli aspetti ambientali, l'inquinamento, i consumi energetici, gli spazi abitativi, il microclima, il recupero ed il riciclo dopo l'utilizzo.

Un ultimo aspetto deve essere sottolineato, inerente al contenuto del materiale informativo che circola fra gli addetti ai lavori.

Si deve evidenziare l'estrema leggerezza con cui alcuni dati vengono riportati sia sulle notizie delle aziende sia su testi di settore in cui sembra esista una sola disciplina: acquisizione di notizie da fonti non certe innescando un processo di divulgazione perverso e basato sul nulla.

1 - I materiali, i processi, le soluzioni conformi tradizionali

L'analisi delle metodologie adottate per l'edificazione riconduce alle tradizioni iniziali del processo in cui materiali, sistemi, e processi fondavano le radici.

Ogni regione presenta nel nostro paese aspetti peculiari così forti ed importanti che anche oggi si affermano quei caratteri che hanno tracciato la storia degli edifici con il trascorrere del tempo. Anche quando elementi ad elevata tecnologia vengono introdotti ed adottati, rimangono gli aspetti secondari e di connessione con la struttura che permettono di leggere l'esperienza passata. A tale situazione di materiali e metodi deve essere sovrapposta la cultura e le usanze edificatorie degli uomini che la producono e la realizzano.

Uomini che apprendono, lavorano, confrontano metodi differenti, si spostano; effettuano esperienze anche all'estero giungendo ad un mix di dati decisamente interessante.

Se da un lato le pratiche vengono decantate dall'esperienza con l'evidenziazione ed il mantenimento degli aspetti che garantiscono prestazioni migliori, dall'altro le tecniche tradizionaliste impediscono la crescita delle nuove tecnologie e creano improvvisazioni a volte dannose e pericolose per gli effetti producibili.

I materiali ad oggi utilizzati nella grande maggioranza dei casi possono essere sintetizzati in 3 famiglie: cementi, laterizi, legni.

I processi costruttivi sono ancora più semplici da esemplificare: struttura in cemento armato con elementi di chiusura orizzontale e verticale in laterizio.

Questa estrema visione porta quindi a 3 materiali e 1 sistema.

Certamente limitativa ne è la conseguente lettura della situazione, ma provocatoria la proposta seguente: i progettisti italiani sarebbero in grado di edificare senza i materiali ed il sistema ricordati? Preparazione, formazione, aggiornamento, sono sufficienti a sostenere una valida alternativa ai metodi tradizionali?

Le esperienze che vengono riportate qui di seguito hanno lo scopo di stimolare l'interesse a nuove soluzioni e creare le basi per uno sviluppo dell'edilizia che in altri paesi, a noi vicini, stanno sperimentando ormai da molti anni.

2 - Prestazioni e certificazioni

L'aumento della complessità del ciclo produttivo-costruttivo e del numero degli operatori in esso coinvolti (progettisti, costruttori, produttori di componenti, operatori economici, amministratori pubblici ecc.) ha rafforzato la necessità di disporre di tante "notizie" utili al fine di poter svolgere bene le varie attività del processo edilizio. In realtà, la qualità delle informazioni tecniche, attualmente disponibili per i vari prodotti, raramente è rispondente agli effettivi bisogni; più frequentemente l'informazione è parziale e tende alla sola pubblicizzazione degli oggetti a cui è riferita. Risulta, quindi, difficile poter confrontare la qualità e le prestazioni dei vari prodotti presenti sul mercato e quindi tante volte diventa arduo per il progettista effettuare delle scelte ottimali in funzione delle proprie esigenze.

Se la normativa tecnica è concepita come strumento di guida e di controllo della qualità in edilizia, l'informazione tecnica deve risultare la "carta d'identità" della qualità connotata diversamente ai vari livelli. La scheda tecnica, la vera carta di identità, è definita come "insieme coordinato di informazioni tecniche redatte in un ordine prestabilito secondo certe modalità e per determinati scopi" (norma UNI 8690/1).

L'insieme di più schede tecniche, organizzato secondo un sistema di classificazione e che utilizzi codici di classificazione convenzionali, può costituire un catalogo o uno schedario in funzione dei livelli di completezza dell'informazione e delle modalità di gestione e di utilizzazione.

La scheda tecnica dei prodotti è riferita a materiali, semilavorati, elementi, componenti e sistemi edilizi fisicamente disponibili sul mercato e può essere così conformata:

1 Intestazione

2 Informazioni sull'origine del prodotto

- a) Informazioni anagrafiche sulla ditta fornitrice/produttrice
- b) Informazioni di interesse generale
- c) Informazioni accessorie

3 Informazioni tecniche descrittive del prodotto

- a) Identificazione fisica del prodotto
- b) Ciclo di produzione
- c) Identificazione tecnologica del prodotto
- d) Confezioni

4 Informazioni tecniche sulle prestazioni del prodotto

- a) Identificazione funzionale del prodotto
- b) Fasi produttive e loro controlli

5 Informazioni per il corretto uso del prodotto

6 Informazioni descrittive su avvenuti impieghi del prodotto

7 Informazioni sugli aspetti economico-commerciali del prodotto

- a) Informazioni commerciali
- b) Informazioni economiche
- c) Organizzazione commerciale

Possono essere analizzate le singole voci, ritenute più significative, alla comprensione dei livelli prestazionali riportati sul materiale utilizzato per la divulgazione.

La normativa tecnica

La normativa edilizia disciplina l'attività del costruire, la qualità dei componenti e dei manufatti. La normativa tecnica si riferisce alle caratteristiche fisiche di un oggetto e ai suoi comportamenti in rapporto ad altri oggetti; essa tratta principalmente due tipi di argomenti: quelli legati alle caratteristiche degli spazi degli organismi edilizi che costituiscono l'ambiente costruito (normativa ambientale) e quelli legati alle caratteristiche degli elementi fisici che delimitano e conformano gli spazi suddetti (normativa tecnologica).

La normativa qualitativa alla quale ci si riferisce è la cosiddetta normativa esigenziale-prestazionale; essa si propone di definire e controllare la qualità edilizia, stabilendo uno stretto rapporto tra le prestazioni di un bene edilizio e le esigenze della utenza alla quale il bene è destinato.

Il principio sul quale si fonda la normativa prestazionale sta nel definire la qualità, prescindendo da come tale qualità viene ottenuta con le diverse tipologie ambientali e tecnologiche possibili.

Essa determina la qualità edilizia attraverso la definizione del comportamento, cioè stabilisce cosa si vuole dall'oggetto edilizio e non come lo si realizza.

La normativa prestazionale rappresenta un'evoluzione rispetto alla normativa descrittiva o oggettuale; quest'ultima stabilisce sia come deve essere l'oggetto richiesto, sia le sue variabili oggettuali (fisiche, chimiche, tecnologiche, morfologiche, dimensionali ecc.), e quindi dipende dalla tecnologia adottata.

La normativa esigenziale-prestazionale stabilisce, invece, come deve comportarsi l'oggetto edilizio richiesto attraverso le prestazioni di sicurezza, benessere, fruizione, gestione ecc.

La normativa tecnologica pone le condizioni che devono essere realizzate dagli elementi che delimitano e conformano i singoli spazi del sistema edilizio.

Ciò avviene attraverso la determinazione di specificazioni di prestazione tecnologica che definiscono per ciascun requisito di comportamento dei valori, oppure delle fasce di valori, entro i quali le corrispondenti prestazioni delle unità tecnologiche individuate dovranno essere contenute.

Esigenze dell'utenza finale

Le esigenze sono viste come esplicitazione di bisogni dell'utenza finale (utilizzatore del bene edilizio), tenendo conto dei vincoli e dei condizionamenti che l'ambiente naturale pone all'ambiente costruito.

La loro individuazione avviene attraverso l'analisi dei bisogni da soddisfare, confrontati con fattori di tipo ambientale, culturale ed economico.

I vari tipi di esigenza sono classificabili in diverse categorie.

La norma UNI 8289 propone le seguenti classi di esigenza:

- sicurezza
- fruibilità
- gestione
- salvaguardia dell'ambiente
- benessere
- aspetto
- integrabilità

Analisi dei requisiti tecnologici

I requisiti sono considerati come trasposizione a livello tecnico delle esigenze.

La loro individuazione passa attraverso l'analisi delle esigenze, confrontate con i sistemi di agenti, ovvero dell'insieme dei fattori ambientali ed edilizi.

La norma UNI 8290 Parte II riporta una lista di requisiti tecnologici; la lista, che è abbastanza ampia e contiene i principali requisiti tecnologici, è da considerare comunque suscettibile di espansione o variazione nel tempo.

• Affidabilità	• Anigroscopicità
• Asetticità	• Assenza di emissione di odori sgradevoli
• Assenza di emissione di sostanze nocive	• Assorbimento acustico
• Assorbimento luminoso	• Attitudine all'integrazione impiantistica
• Attrezzabilità	• Comprensibilità delle manovre
• Controllo del contenuto energetico intrinseco	• Controllo del fattore solare
• Controllo del flusso luminoso	• Controllo del rumore prodotto
• Controllo dell'aggressività dei fluidi	• Controllo della combustione
• Controllo della condensazione interstiziale	• Controllo della condensazione superficiale
• Controllo dell'inerzia termica	• Controllo della portata
• Controllo della pressione di erogazione	• Controllo della scabrosità
• Controllo della temperatura dei fluidi	• Controllo della temperatura di uscita dei fumi
• Controllo delle dispersioni (fluidi, gas, elettricità)	• Controllo delle dispersioni di calore per rinnovo d'aria
• Controllo delle dispersioni di calore per trasmissione	• Controllo delle tolleranze
• Degradazione biologica dei liquami	• Efficienza
• Facilità di intervento	• Idrorepellenza
• Impermeabilità ai fluidi aeriformi	• Impermeabilità ai liquidi
• Integrazione	• Isolamento acustico
• Isolamento elettrico	• Isolamento termico
• Limitazione dei rischi di esplosione	• Manutenibilità
• Pulibilità	• Reazione al fuoco
• Recuperabilità	• Regolabilità
• Resistenza agli agenti aggressivi	• Resistenza agli attacchi biologici
• Resistenza al fuoco	• Resistenza al gelo
• Resistenza alle intrusioni	• Resistenza all'irraggiamento
• Resistenza meccanica	• Riparabilità
• Smaltimento dei gas nocivi	• Sostituibilità
• Stabilità chimico-reattiva	• Stabilità morfologica
• Tenuta agli aeriformi	• Tenuta all'acqua
• Tenuta alla grandine	• Tenuta alla neve
• Tenuta alle polveri	• Ventilazione

Analisi degli agenti

Gli agenti sono considerati come esplicitazioni a livello tecnico dei sistemi di sollecitazioni esercitate sugli oggetti edilizi dalle condizioni ambientali, dalle scelte progettuali e dalle attività degli utenti.

Gli agenti, intesi come entità che provocano un determinato effetto mediante la propria azione, vengono considerati secondo le seguenti categorie (norma UNI 8290, Parte III).

■ *Agente naturale*

Agente dovuto alle condizioni ambientali esterne al sistema edilizio non legate all'intervento dell'uomo.

■ *Agente artificiale*

Agente dovuto alle condizioni ambientali esterne al sistema edilizio modificate dall'intervento dell'uomo.

■ *Agente dovuto alla concezione degli edifici*

Agente indotto da scelte progettuali tipologiche e/o tecnologiche operate per ottenere determinati comportamenti di ambienti e oggetti edilizi.

■ *Agente dovuto alla utilizzazione degli edifici*

Agente indotto dalle attività svolte dagli utenti nell'ambito degli organismi edilizi.

Verifiche di qualità

Con riferimento alla teoria delle prestazioni che è alla base della normativa qualitativa, la qualità in edilizia può essere definita come l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite, ossia, la misura del grado di rispondenza delle prestazioni degli oggetti edilizi ai requisiti che ne hanno guidato la concezione, la progettazione, la produzione e la posa in opera.

Dalla definizione della prestazione, intesa come comportamento di un prodotto in servizio e cioè in determinate condizioni di uso e di sollecitazione, deriva che le prestazioni non sono determinabili in assoluto. La necessità di determinare sia qualitativamente che quantitativamente le condizioni di uso e di sollecitazione introduce un'assoluta relatività nella definizione delle prestazioni che dipendono, volta per volta, da contesti specifici di impiego e dagli effetti delle azioni esterne. La qualità, quindi, non è valutabile in assoluto, ma solo in relazione ai parametri che la determinano e agli obiettivi per cui è stato progettato e realizzato il bene edilizio.

L'obiettivo principale del controllo della qualità è quello di assicurare e garantire la stessa.

Il controllo può essere definito come "le tecniche e le attività a carattere operativo messe in atto per soddisfare i requisiti di qualità" (norma UNI-ISO 8402).

Metodi di controllo

Verifiche progettuali

Sono metodi di controllo degli elaborati progettuali. Essi si basano su una serie di criteri di valutazione che in generale si riconducono all'applicazione di indici di qualità articolati per variabili o per attributi, attraverso i quali si perviene all'attribuzione di un valore di qualità.

Verifiche in laboratorio

Sono metodi di controllo riferiti a prodotti edilizi intermedi (sistemi di componenti, componenti, elementi semplici, semilavorati e materiali). Essi si basano su verifiche su una serie di prove sperimentali naturali o non, distruttive o non, condotte su assemblaggi reali, ovvero simulati, ovvero su campionature rappresentative degli oggetti sotto prova.

Verifiche in opera

Sono metodi di controllo dei prodotti edilizi finali (organismi edilizi) per verificare a livello di organismo edilizio i vari aspetti della qualità: ambientale, tecnologica, funzionale-spaziale e tecnica. Le prove prestazionali tecnologiche vengono condotte su assemblaggi reali e sono di natura non distruttiva.

Requisiti e metodi di verifica

Ogni subsistema tecnologico è caratterizzato da un insieme di requisiti che lo connotano e che devono guidare la progettazione delle varie soluzioni tecniche del contesto specifico di intervento. Oltre a questi requisiti, ogni subsistema tecnologico deve rispondere, ovviamente, anche ad altri aspetti di qualità, che possono essere comuni a più parti dell'organismo edilizio.

Vengono riportati in seguito, per i vari subsistemi tecnologici, pacchetti di requisiti connotanti, metodi di prova, in laboratorio e/o in opera, relativi ad alcuni requisiti:

Pareti perimetrali verticali non portanti:

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento termico
- non rumorosità
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza al vento
- resistenza meccanica ai carichi sospesi
- tenuta all'acqua
- tenuta all'aria.

Pareti perimetrali verticali portanti:

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento termico
- non rumorosità
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza al vento
- resistenza meccanica
- resistenza meccanica ai carichi sospesi
- tenuta all'acqua
- tenuta all'aria.

Infissi esterni verticali:

- controllo della reazione al fuoco
- difesa dall'irraggiamento termico solare
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento termico
- non rumorosità
- passaggio del flusso luminoso
- regolabilità del flusso luminoso
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza alle sollecitazioni da false manovre
- resistenza al vento
- tenuta all'acqua
- tenuta all'aria.

Solai a terra:

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- isolamento termico
- resistenza agli aggressivi chimici
- resistenza agli urti
- resistenza al calpestio
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza al punzonamento
- resistenza meccanica
- tenuta all'acqua.

Solai su spazi aperti:

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento termico
- non rumorosità
- resistenza agli aggressivi chimici
- resistenza agli urti
- resistenza al calpestio
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza al punzonamento
- resistenza meccanica
- tenuta all'acqua
- tenuta all'aria

Coperture discontinue:

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento acustico ai rumori impattivi
- isolamento termico
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza al vento
- resistenza meccanica
- tenuta all'acqua
- tenuta all'aria.

Coperture continue non praticabili

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento acustico ai rumori impattivi
- isolamento termico
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza al vento
- resistenza meccanica
- tenuta all'acqua
- tenuta all'aria

Coperture continue praticabili

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento acustico ai rumori impattivi
- isolamento termico
- resistenza agli urti
- resistenza al calpestio
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza al punzonamento

Pareti interne verticali:

- controllo della condensazione interstiziale
- controllo della condensazione superficiale
- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento termico
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza meccanica ai carichi sospesi

Infissi interni verticali-interno alloggio:

- controllo della reazione al fuoco
- indeformabilità alle sollecitazioni igrotermiche
- isolamento acustico ai rumori aerei
- manovrabilità
- resistenza agli urti
- resistenza all'acqua
- resistenza alle sollecitazioni da false manovre

Infissi interni verticali-alloggio/altri spazi:

- controllo della reazione al fuoco
- indeformabilità alle sollecitazioni igrotermiche
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento termico
- manovrabilità
- resistenza agli urti
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza alle sollecitazioni da false manovre
- resistenza meccanica.

Solai:

- controllo della reazione al fuoco
- controllo dell'inerzia termica estiva
- controllo dell'inerzia termica invernale
- isolamento acustico ai rumori aerei
- isolamento acustico ai rumori impattivi
- isolamento termico
- resistenza agli aggressivi chimici
- resistenza agli urti
- resistenza al calpestio
- resistenza al fuoco
- resistenza all'acqua
- resistenza al punzonamento
- resistenza meccanica
- tenuta all'acqua.

Gli isolanti

Sono definiti isolanti quei materiali che hanno la proprietà di opporre notevole resistenza al passaggio del calore o del suono.

Dal punto di vista del calore, per convenzione si considerano isolanti i materiali che hanno una conduttività termica $< 0,14 \text{ W/m} \cdot \text{K}$.

Un materiale è quindi tanto più isolante termicamente quanto minore è la sua conduttività termica.

Nei corpi solidi normalmente utilizzati nel campo delle costruzioni, la trasmissione del calore avviene unicamente per conduzione, in relazione a diversi fattori, tra cui la natura chimica e la purezza della struttura molecolare del corpo stesso.

Alcuni materiali, in particolare quelli a struttura fibrosa o alveolare, in cui è racchiusa aria incapace di produrre moti convettivi date le piccole dimensioni delle celle che la contengono, sono caratterizzati da un basso valore di conduttività termica.

Per quanto riguarda il comportamento acustico, i materiali in genere si distinguono in isolanti e in assorbenti.

I primi servono per impedire o attenuare il passaggio delle onde sonore, per via aerea o per via solida, da un ambiente a un altro, dall'esterno ad ambienti interni, oppure, tra due ambienti interni aventi differenti livelli di pressione sonora.

I secondi, invece, vengono utilizzati nei casi in cui, o si vuol assorbire la minor quantità di energia sonora (per esempio utilizzando materiali riflettenti) oppure si vuol migliorare il comportamento acustico all'interno di ambienti attraverso l'adozione di materiali da rivestimento con alto coefficiente di assorbimento acustico.

I materiali rigidi, compatti e a superficie liscia (marmo, metalli, vetro ecc.) sono fortemente riflettenti.

Al contrario, i materiali porosi (fibrosi o a porosità aperte) sono caratterizzati dal fatto di assorbire un'alta percentuale dell'energia sonora che li colpisce e di rifletterne una percentuale minima.

Poiché un determinato materiale non assorbe nello stesso modo i suoni gravi, medi e acuti, è necessario valutare il coefficiente di assorbimento in funzione della frequenza.

Isolanti minerali

Caratteristiche di materiali isolanti di origine minerale

Materiale isolante	Densità (Kg/mc)	Conduttività termica (W/m xC)	Temperatura max d'impiego (°C)	Permeabilità al vapore acqueo (g/mhPa)	Resistenza compressione (Kg/m²)	Classe di reazione al fuoco (2)
Fibra di vetro: • feltro e pannello	20 ÷ 200	0.035 ÷ 0.05	150 ÷ 450	5,3 . 10 -4	bassa	0/1
Fibra di roccia: • feltro e pannello	20 ÷ 200	0.035 ÷ 0.041	100 ÷ 450	5,3 . 10 -4	bassa	0
Vetro cellulare: • pannello • cls.leggero	120 ÷ 140 650 ÷ 1.250	0.05 ÷ 0.055 0.15 ÷ 0.40	600 400 ÷ 500	nulla (1)	600 900 ÷ 1.200	0 0
Perlite: • sfusa • pannello • cls.leggero	50 ÷ 100 170 ÷ 190 600 ÷ 700	0.05 0.058 0.24 ÷ 0.31	1.000 200 400 ÷ 500	6,4 . 10 -4 1,5 . 10 -4 3,1.10-4 ÷ 6,4.10-5	- (1) 1.500 ÷ 3.000	0 1 0
Vermiculite: • sfusa • intonaco • cls.leggero	65 ÷ 100 600 450	0.05 0.24 0.20	1.000 600 400 ÷ 500	6,4 . 10 -4 (1) 1,8 . 10 -4	- 1.500 800 ÷ 1.100	0 0 0
Argilla espansa: • sfusa • cls.leggero	350 ÷ 500 700 ÷ 1.600	0.08 ÷ 0.10 0.20 ÷ 0.46	100 400 ÷ 500	6,4 . 10 -4 3,1.10-4 ÷ 6,4.10-5	- 1.000 ÷ 2.000	0 0

(1) Consultare la scheda tecnica del prodotto specifico

(2) Le classi di reazione al fuoco sono: 0 -incomponibile; 2 -infiammabile; 3 -mediamente infiammabile;
4 -facilmente infiammabile; 5 -molto facilmente infiammabile.

Isolanti vegetali

Caratteristiche di materiali isolanti di origine vegetale

Materiale isolante	Densità (Kg/mc)	Conduttività termica (W/m xC)	Temperatura max d'impiego (xC)	Permeabilità al vapore acqueo (g/mhPa)	Resistenza a compressione (Kg/m²)	Classe di reazione al fuoco
Sughero espanso: • pannello	100 ÷ 150	0.041 ÷ 0.043	100	1,6.10-4÷5,2.10-5	300	(1)
Fibra di legno: - pannello privo di resine - pannello resine polimere - cls.di fibra di legno	220 ÷ 250 650 250 ÷ 550	0.058 0.015 ÷ 0.16 0.10 ÷ 0.15	100 100 (1)	1,3 . 10 -4 1,5 . 10 -5 1,6.10-4÷5,2.10-5	(1) (1) 200 ÷ 300	3/4 1/4 1

(1) Consultare la scheda tecnica del prodotto specifico

Isolanti sintetici

Caratteristiche di materiali isolanti di natura sintetica

Materiale isolante	Densità (Kg/mc)	Conduttività termica (W/m °C)	Temperatura max d'impiego (°C)	Permeabilità al vapore acqueo (g/mhPa)	Resistenza a compressione (Kg/m ²)	Classe di reazione al fuoco (2)
Polistirolo:						
-blocco	9 ÷ 30	0.044 ÷ 0.039	75 ÷ 85	2,1 . 10 ⁻⁵	30 ÷ 150	5
-blocco tipo speciale	13 ÷ 25	0.042 ÷ 0.037	75 ÷ 85	2,9 . 10 ⁻⁵	60 ÷ 150	1
-blocco formatura cont.	12 ÷ 25	0.041 ÷ 0.035	75 ÷ 85	3 . 10 ⁻⁵	60 ÷ 170	5
-pannello termocompres	12 ÷ 35	0.041 ÷ 0.036	70 ÷ 85	1.5 . 10 ⁻⁵	30 ÷ 80	5
-pannello estruso	28 ÷ 40	0.035 ÷ 0.030	75	7.5 . 10 ⁻⁶	190 ÷ 650	4
Poliuretano:						
• blocco	30 ÷ 7	0.030 ÷ 0.035	100	1.5 . 10 ⁻⁵	140 ÷ 160	4
• pannello	35	0.029	100	1.5 . 10 ⁻⁵	200	4
Policloruro vinile						
• pannello	25 ÷ 50	0.031 ÷ 0.034	70	3.10 ⁻⁶ ÷3.10 ⁻⁶	200 ÷ 500	1
Schiuma formo fenolica						
• pannello	30 ÷ 80	0.037 ÷ 0.042	160	7,5.10 ⁻⁵ ÷2,2.10 ⁻⁵	200 ÷ 650	1
Polistirene espanso						
• pannello	35 ÷ 70	0.036 ÷ 0.053	160	1,5.10 ⁻⁷ ÷7,5.10 ⁻⁸	25 ÷ 40	2:4
Schiuma d'urea formaldeide						
• schiuma	9 ÷ 12	0.031 ÷ 0.038	150	3,7 . 10 ⁻⁴	(1)	2

(1) Consultare la scheda tecnica del prodotto specifico

4 - L'EPS: fabbricazione e caratteristiche

Il Polistirene

Il Polistirene (PS) è una delle principali materie plastiche che derivano dal petrolio (Fig. 1). Allo stato compatto il Polistirene è un materiale rigido, incolore, trasparente, che è la base per applicazioni molto diversificate.

Il polistirene espanso (PSE)

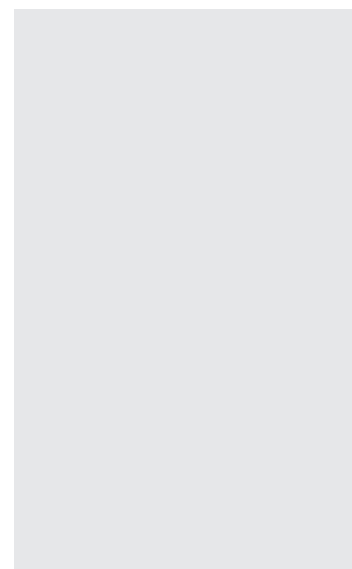
Il Polistirene espanso (PSE) è una delle forme più importanti in cui viene impiegato il Polistirene.

Per ottenere il PSE si seguono attualmente due vie:

a) in fase di polimerizzazione (cioè l'ultimo passaggio di Fig. 1), si scioglie nel Polistirene un agente espandente (comunemente pentano, un idrocarburo che, a pressione atmosferica, bolle a temperatura ambiente); altri additivi, in particolare per conferire migliorate caratteristiche di resistenza al fuoco, possono essere aggiunti in questa fase.

Il prodotto, quale l'industria chimica lo fornisce ai produttori di PSE, si presenta in forma di granuli di aspetto vetroso (perle), di varia granulometria (0,3 - 2,8 mm) secondo gli impieghi cui è destinato. La massa volumica delle perle è di 1030 Kg/mc, ma quella apparente delle

Figura 1



perle in mucchio è di circa 650 Kg/mc. È questo il materiale da cui si parte per produrre l'AIPOR con il processo più avanti descritto.

- b) Successivamente alla polimerizzazione il Polistirene viene unito all'agente espandente ed agli altri eventuali additivi in una trafila, che mescola allo stato fuso gli ingredienti ed estrude la miscela da una filiera, di solito in forma di lastra piana o di tubo, che immediatamente si espande e, raffreddandosi, si irrigidisce nella forma espansa (PSE estruso). Questo materiale risulta più costoso e meno versatile del precedente; per le sue peculiari caratteristiche, ha varie applicazioni significative, ma nei volumi di documentazione tecnica AIPOR non viene ulteriormente considerato.

Il processo di produzione dell'AIPOR (Polistirene espanso sinterizzato)

La produzione dei semilavorati e manufatti di AIPOR avviene in tre stadi principali (fig. 2) che si espongono qui nei tratti essenziali per la caratterizzazione merceologica; l'ottenimento di un prodotto di qualità presuppone peraltro un know-how non semplice, ma che non interessa per la documentazione applicativa.

Pre-espansione: le perle di PS espandibile vengono pre-espanso, generalmente per mezzo di vapore a temperatura superiore a 90°C, nel cosiddetto pre-espansore. In questo le perle, a seguito della vaporizzazione dell'agente espandente, si rigonfiano fino a 20-50 volte il loro volume iniziale.

In questo processo si forma, all'interno delle perle, una struttura a celle chiuse, fondamentale per il successivo impiego come isolamento termico. Il grado di espansione, che dipende essenzialmente dalla durata del trattamento termico nel pre-espansore, determina la massa volumica apparente dei manufatti di AIPOR e quindi tutte le loro caratteristiche fisiche.

Maturazione: le perle pre-espanso devono stazionare un certo tempo in sili arieggiati. Con il raffreddamento i residui di espandente e di vapore acqueo condensano nelle singole celle; in questo modo le perle pre-espanso raggiungono la stabilità necessaria per le fasi successive.

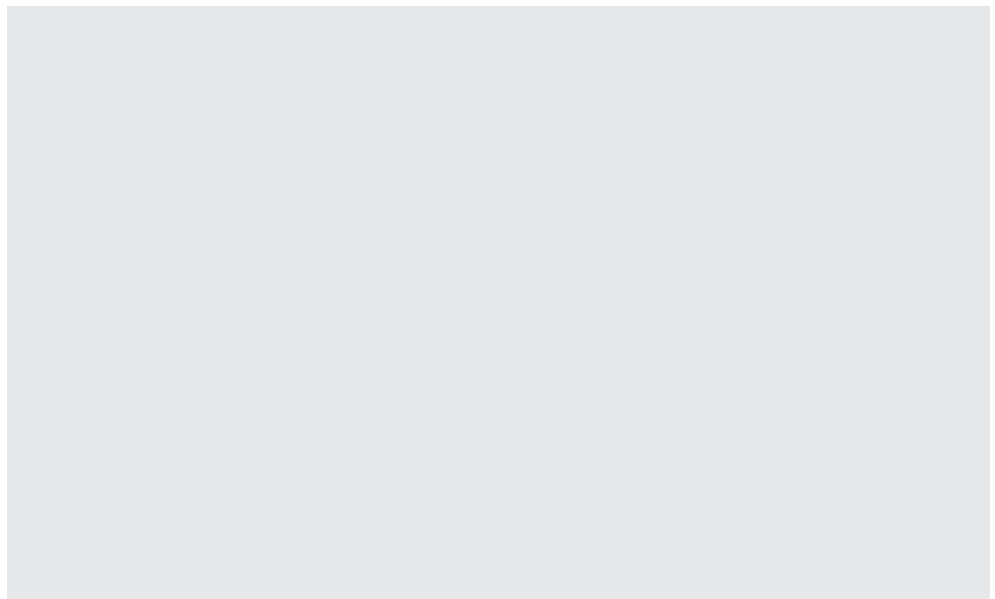


Figura 2. Processo di produzione dell'AIPOR

Stampaggio: le perle pre-espanso e stabilizzate possono ora essere trasformate in manufatti o semilavorati di AIPOR in vari modi:

- 1** Stampaggio di blocchi e taglio a lastre: è il sistema più usato. Le blocchiere, costituita da forme parallelepipedo provviste di fori di entrata per il vapore su tutti i lati, vengono riempite di perle pre-espanso e sottoposte di nuovo all'azione del vapore saturo; si raggiungono ora temperature di 110-120 °C, le perle si rigonfiano ulteriormente e, diventate appiccicose, si saldano fra di loro ("sinterizzano") per effetto della loro pressione interna, fino a formare un blocco omogeneo di espanso. Dopo un breve periodo di raffreddamento, i blocchi vengono sformati e messi in deposito per un periodo variabile da alcuni giorni a due mesi, durante il quale raggiungono la stabilità necessaria per le diverse applicazioni. Di qui vengono prelevati per il taglio in lastre, che avviene con seghe a nastro o a filo caldo e per eventuali altre operazioni meccaniche, come sagomature dei bordi, ottenute per fresatura.
- 2** Stampaggio di lastre e altri manufatti: il processo è lo stesso descritto per i blocchi, ma le lastre vengono stampate singolarmente in apposite macchine automatiche. Si ha il vantaggio di ottenere direttamente la forma desiderata, senza ulteriori lavorazioni meccaniche; ciò è particolarmente utile per le forme non piane (p.es. sottotegole, lastre con contorni sagomati, cassonetti, lastre con superficie decorata a rilievo, coppelle).
- 3** Stampaggio continuo: in un processo (v. Fig.2) la sinterizzazione in forma di lastra piana continua viene fatta avvenire fra due nastri mobili di acciaio; all'uscita le lastre vengono rifilate e tagliate alla lunghezza voluta. In altri processi continui le perle pre-espanso vengono fatte avanzare a passi attraverso una forma; mentre avviene la sinterizzazione; si ottengono così profilati vari, p.es. cassetture isolanti.
- 4** Lastre per isolamento acustico: per questo impiego i blocchi o le singole lastre vengono compressi fino ad 1/3 dello spessore originario e lasciati espandere di nuovo, ottenendo una caratteristica elastica più favorevole (minore rigidità dinamica) per l'impiego nei solai galleggianti per l'isolamento dai rumori da calpestio.
- 5** Lastre per drenaggio: sono costituite da perle espanso del diametro di 7-10 mm, unite fra loro soltanto nei punti di contatto mediante una saldatura di estensione più limitata o con speciali collanti; le lastre hanno così una elevata porosità, che permette la permeabilità all'acqua voluta per questa applicazione.

Caratteristiche dell'AIPOR

Aspetto e struttura

Le lastre e gli altri manufatti di PSE sono oggetti leggeri, la cui massa volumica è compresa generalmente fra 10 e 40 Kg/mc; quindi essi presentano una grande capacità di galleggiamento (se ne sono avute clamorose applicazioni in recuperi navali), che non viene perduta nemmeno dopo prolungata immersione totale in acqua; ciò dimostra che le celle di cui il PSE è formato, sono essenzialmente chiuse e impermeabili.

Il colore del PSE è bianco, la struttura è rigida, ma tenace, quindi senza la tendenza di altri espansi rigidi a sbriciolarsi. Non ha odore né altre emanazioni, né dà alcun problema al contatto con la pelle.

Ad un esame microscopico (Fig. 3a) si rivela la struttura a celle poliedriche delle singole perle espanso, più compressa sulla periferia, dove esse si saldano fra di loro. Per confronto la Fig. 3b mostra, allo stesso ingrandimento, la struttura di un PSE di qualità scadente: la pre-espansione eccessiva ha portato alla formazione di celle troppo grandi e senza più sufficiente capacità di saldatura all'atto dello stampaggio; i vuoti residui fra le perle riducono evidentemente la resistenza meccanica e possono al limite annullare l'impermeabilità all'acqua (come si fa volutamente nelle lastre per drenaggio).

Figura 3a

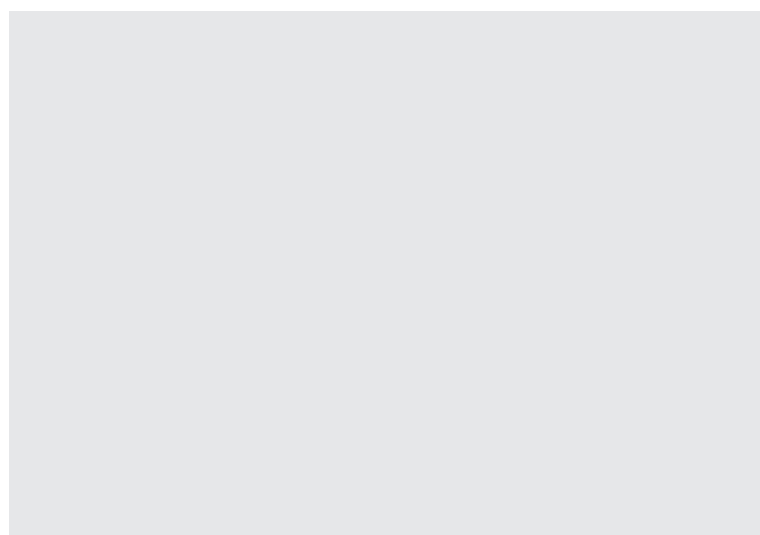
Le cause della cattiva sinterizzazione, che compromette un po' tutte le caratteristiche del prodotto, possono essere molteplici. Per essere sicuri di non prendere dal mercato, dove purtroppo sono presenti, materiali di cattiva qualità, è necessario esigere sempre PSE di qualità garantita, quale è AIPOR.

Conduttività termica

La caratteristica più importante dell'AIPOR è la sua bassa conduttività termica, che lo rende uno dei materiali più usati per l'isolamento termico nell'edilizia e nella tecnica frigorifera. Questa caratteristica deriva direttamente dal fatto che il PSE è costituito per il 96-99% di aria, chiusa in cellette di dimensioni tali da impedirne i moti convettivi, cosicché la trasmissione del calore può avvenire soltanto per conduzione (che è molto bassa nell'aria) e per irraggiamento (che si riduce rapidamente al moltiplicarsi degli schermi costituiti dalle pareti delle celle). Poiché l'aria interna è in equilibrio con quella esterna, la caratteristica di conduttività termica non varia nel tempo, come avviene con altri espansi, che contengono nelle celle altri gas. La conduttività termica del PSE, che si misura con i metodi delle norme UNI 7745 e UNI 7891, dipende invece da altri fattori, che è bene conoscere per una corretta interpretazione e impiego dei dati di misura.

Figura 3b

Figura 4



1 Massa volumica: la conduttività aumenta in modo significativo al diminuire della massa volumica al di sotto di 30 Kg/mc; l'aumentata dimensione delle celle e quindi il minor numero di schermi che il flusso termico deve attraversare fanno aumentare la trasparenza nell'infrarosso e quindi la quantità di calore che passa per irraggiamento. Oltre i 50 Kg/mc la conduttività aumenta lentamente per il maggior contributo della conduzione nella parte solida del materiale.

La Fig. 4 dà un valore medio indicativo di λ a temperatura ambiente, in un ampio campo di masse volumiche. Il valore minimo di λ si trova fra 30 e 50 Kg/mc, cioè al limite superiore della massa volumica dei prodotti commerciali; il limite inferiore di questa non dovrebbe scendere sotto i 15 Kg/mc considerati dalla norma UNI 7819, per non penalizzare troppo questa caratteristica.

2 Temperatura: la conduttività aumenta con la temperatura, seguendo l'andamento della conduttività dell'aria contenuta; l'andamento è regolare e praticamente lineare per i PSE di più di 15 Kg/mc, come mostra la fig. 5. Non si evidenziano le singolarità a bassa temperatura mostrate da altri espansi, dovute al cambiamento di fase del gas contenuto nelle celle. Si evidenzia invece in bassissimo valore di λ alle temperature più basse, che permette interessanti applicazioni.

3 Umidità: l'influenza del contenuto di umidità sulla conduttività del PSE è trascurabile nel campo delle umidità pratiche delle applicazioni edilizie corrette (< 0,15% in volume), per effetto del basso assorbimento d'acqua e della resistenza alla diffusione del vapore. La Fig. 6 mostra questo andamento, confrontato con quello di un materiale a bassa resistenza alla diffusione del vapore, a temperatura ambiente.

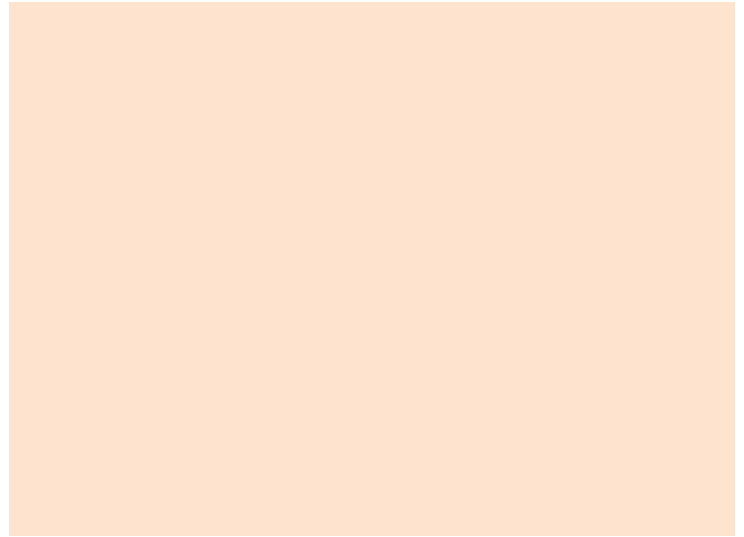


Figura 5

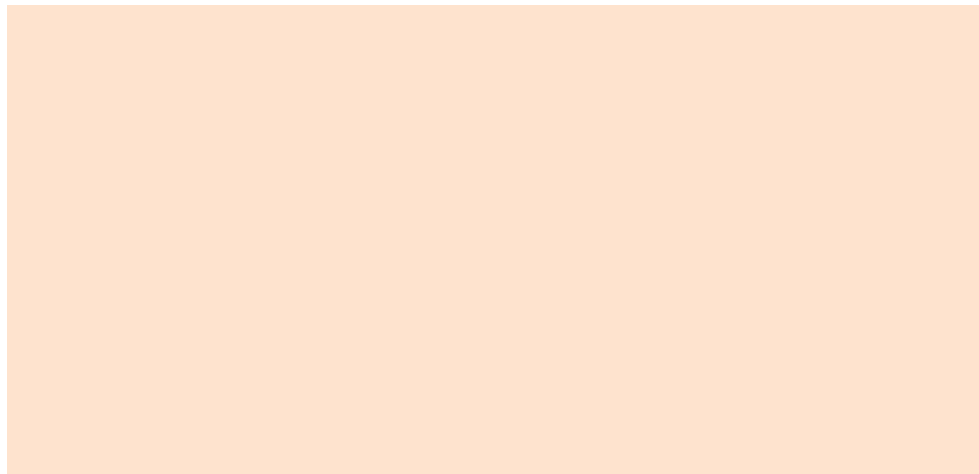


Figura 6

1: PSE 16 Kg/mc (IVH)
2: PSE 30 Kg/mc (Zehender)
3: Pannello fibre minerali 61 Kg/mc (Carl)

4 Spessore: a causa del diverso contributo che, al variare della massa volumica e dello spessore, danno al trasporto di calore la conduzione (lineare) e l'irraggiamento (non lineare), la conduttività termica, misurata con i metodi citati, su lastre dello stesso materiale, ma di diverso spessore, dà risultati diversi. L'effetto è sensibile per il PSE da 15 Kg/mc e ancora rilevabile sul PSE da 20 Kg/mc, mentre per masse volumiche superiori non è più avvertibile. L'effetto è poi importante sugli spessori più bassi, ma la misura è praticamente costante sopra i 100 mm. La Fig. 7, ricavata da misure di Cammerer, riporta la variazione percentuale di λ rispetto al valore a 30 mm (di solito impiegato nelle misure di laboratorio e rispetto a quello a 100 mm, cui si riferisce la norma UNI 7357).

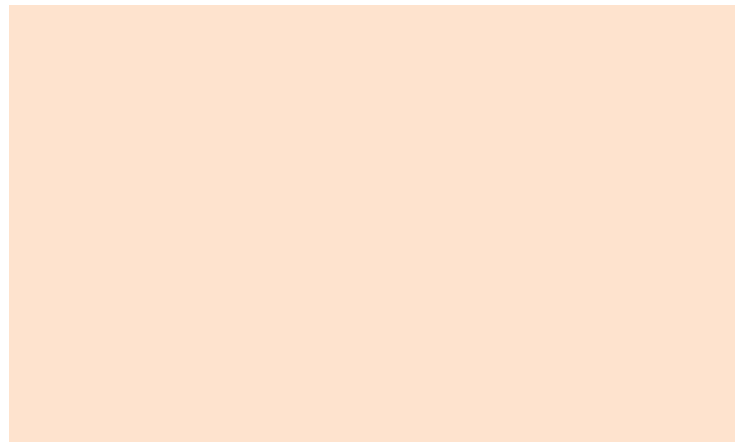


Figura 7

Variabilità statistica dei valori di conduttività.

All'atto della misura della conduttività sia i parametri misurati che i fattori di variabilità elencati sono soggetti ad errori; il campione poi è prelevato da un universo né omogeneo né costante; anche per materiali, come il PSE a norma, che origina da una tecnologia di produzione generalmente sotto controllo, vi è pure un certo grado di variabilità delle caratteristiche; in particolare la massa volumica apparente, per la quale la norma definisce un campo entro il quale deve stare il materiale di una certa massa volumica nominale, fa sentire il suo effetto passando dal limite inferiore al superiore del campo, soprattutto per le masse volumiche più basse.

Tuttavia per i PSE a norma gli scostamenti dal valore medio sono di modesta entità, come dimostra l'analisi statistica delle misure eseguite dall'Istituto Italiano dei Plastici nel quadro della gestione del marchio di conformità alla norma UNI 7819; si tratta di campioni degli 8 tipi previsti dalla norma, dello spessore di 30 mm, provati alla temperatura media di 23°C.

La Fig. 8, che sintetizza i risultati, mostra, per ciascun gruppo, il valore medio e, sopra di esso, quello non superato dal 90% della produzione, nell'ipotesi, abbastanza ben verificata, di distribuzione normale dei valori. Si può verificare la corrispondenza con l'andamento di Fig. 4 e l'esistenza di una, per quanto esigua, differenza fra PSE normale e PSE RF, cioè a migliorato comportamento al fuoco.

Conduttività termica secondo UNI 7819.

La norma UNI 7819 prescrive i valori massimi della conduttività del PSE, misurata su campioni di 30 mm di spessore, opportunamente condizionati, alla temperatura media di 10 °C oppure 20 °C. La tab. 1 riporta questi valori.

Tabella 1:

Conduttività termica del PSE sinterizzato (mW/m.K)

Massa volumica (Kg/mc)	15	20	25	30	35
UNI 7819 a 10°C	39	36	35	34	34
UNI 7819 a 23°C	41	37	36	35	35
UNI 7357					
λ m per PSE UNI 7819	41	37	36	36	
λ per PSE UNI 7819	45	41	40	40	

Figura 8

Conduttività termica di riferimento

La norma UNI 7357 "Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli "edifici" definisce, al punto 7.1.2 le condizioni cui si devono riferire i valori di misura λ m della conduttività termica dei materiali usati nelle costruzioni, così da avere una corretta base per il loro confronto.

Le condizioni stabilite sono:

- temperatura media 20 °C
- spessore 100 mm
- valore non superato dal 90 % della produzione.

I valori di λ m che la UNI 7357 assume per il PSE conforme a UNI 7819 sono pure riportati in tab. 1.

Conduttività termica utile di calcolo

Lo stesso punto 7.1.2 della UNI 7357 prescrive che nei calcoli che sono l'oggetto della UNI 7357 si debbano impiegare non i valori di riferimento λ m sopra definiti, bensì dei valori maggiorati λ , detti valori utili di calcolo, per tenere conto dell'umidità di equilibrio in opera, dell'invecchiamento, delle tolleranze di spessore e della qualità della posa in opera. Per il PSE sinterizzato la maggiorazione m prevista è il 10% e pertanto i valori λ di calcolo sono quelli riportati nelle apposite righe di tab. 1.

Quando le condizioni di impiego, per temperatura o spessore, non coincidono con quelle di riferimento, i valori di conduttività utile di calcolo del PSE possono essere modificati in base ai dati di Fig. 5 e di Fig. 7.

Calore specifico e diffusività termica

Il calore specifico è una proprietà additiva dei costituenti, in questo caso polistirene e aria; essendo quest'ultima, in massa una piccola frazione, il calore specifico del PSE è pressoché indipendente dalla massa volumica e varia quasi linearmente da 1,2 KJ/Kg . K a 20°C a 0,8 KJ/Kg . K a - 60°C.

La diffusione termica si ottiene dividendo la conduttività per il prodotto della massa volumica per il calore specifico; la sua unità di misura è quindi [m²/sec].

Queste due grandezze interessano negli studi di trasmissione del calore in regime variabile.

Resistenza alla diffusione del vapore

La conoscenza della caratteristica di diffusione del vapore è importante per poter controllare gli eventuali fenomeni di condensazione nelle pareti. I tecnici esprimono questa caratteristica preferibilmente come rapporto μ (adimensionale) fra lo spessore d'aria che offre la stessa resistenza al passaggio del vapore e lo spessore di materiale in questione.

Per il PSE il valore di μ è compreso entro limiti che vanno crescendo con la massa volumica, come mostra la tabella seguente, tratta da UNI 7819.

Tabella 2: Resistenza alla diffusione del vapore del PSE		
Massa volumica (Kg/mc)	μ minimo	μ massimo
15	20	40
20	30	50
25	40	70
30	50	100
35	60	120

Dai valori relativi μ è possibile ricavare i valori assoluti della resistenza alla diffusione del vapore, sapendo che la resistenza di uno spessore di 1 m di aria, nel campo da - 20 a + 30°C, secondo DIN 4108 p.5, ammonta a $1,5 \cdot 10^6$ m²h Pa/Kg.

Questa relazione permette di ricavare il valore di μ dai valori di permeabilità (inverso della resistenza) di laboratorio o di norma, che sono riferiti a differenze di pressione di vapore, spessore, tempi, unità di massa, variamente definiti.

Assorbimento d'acqua

Il comportamento del PSE a fronte dell'acqua non dà adito a limitazioni per gli impieghi edilizi e per l'isolamento termico in particolare. L'acqua non scioglie il PSE, né attraversa le pareti delle celle chiuse e non può quindi venire assorbita se non fra gli interstizi residui fra le perle espanse.

L'assorbimento per immersione, eseguito generalmente su cubetti di 50 mm di lato, ritagliati da blocchi o lastre di PSE rappresenta, più che un comportamento in una situazione che non si verifica in pratica, un indice della buona saldatura fra le perle espanse; esso ammonta al massimo al 5% in volume per il PSE 15 e al 3% per il PSE 30, dopo un anno di immersione; questi valori vengono raggiunti in alcune settimane e restano poi costanti.

Più interessante per l'impiego è l'assorbimento per capillarità, che è praticamente nullo, e soprattutto l'assorbimento dall'aria umida. Un PSE 20, a contatto con l'aria con 95% di U.R. per 90 giorni, ha mostrato un assorbimento dello 0,7% in peso, mentre prove su PSE 30 hanno dato i seguenti valori di assorbimento all'equilibrio:

U.R. 60%	1,7% in peso
U.R. 90%	2,0% in peso
U.R. 100%	2,3% in peso

Sono valori ancora inferiori alla metà di quelli che DIN 52612 considera non superati nel 90% dei casi e che, come visto trattando la conduttività termica, non influenzano praticamente questa caratteristica.

Dilatazione lineare

Il coefficiente di dilatazione lineare del PSE è compreso fra $5 \cdot 10^{-5}$ m/m.K e $7 \cdot 10^{-5}$ m/m.K. Non ha molta importanza nelle applicazioni ordinarie e, se il movimento termico è impedito, le reazioni sui punti di fissaggio sono modeste, dato il valore del modulo elastico del materiale. Questa caratteristica deve essere tenuta presente nel caso di applicazioni in cui l'isolante può raggiungere temperature elevate (l'isolamento esterno sotto intonaco) o molto basse (celle frigorifere).

Ritiro e post-ritiro

Il PSE subisce un ritiro iniziale rispetto alle dimensioni della forma in cui è stato prodotto, a causa del suo raffreddamento; quindi esso continua ad assestarsi per effetto del riequilibrarsi della composizione del gas nelle celle e delle tensioni interne. Questo secondo processo è rapido nei primi giorni e si esaurisce praticamente in alcuni mesi ed è il solo che interessa chi impiega il PSE. Si conviene di chiamare post-ritiro il ritiro che avviene a partire da 24 ore dalla produzione. La Fig. 9 ne mostra l'andamento e i limiti; il comportamento del PSE 15 si avvicina al limite inferiore; quello del PSE 35 al superiore.

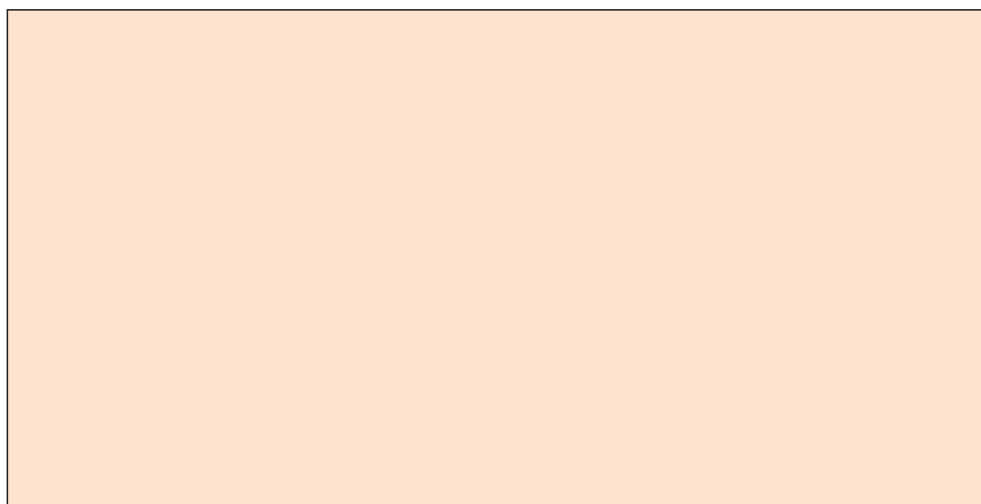


Figura 9

Nei casi più critici (per es. isolamento sotto intonaco esterno) si tollerano ritiri successivi all'applicazione non superiori a 2 mm/m e allo scopo vengono richieste al produttore lastre di PSE che abbiano già subito una stagionatura di 40-60 giorni; è pure evidente che, da questo punto di vista, sono preferibili le lastre di massa volumica inferiore (15-20 Kg/mc).

Comportamento alle sollecitazioni meccaniche

Sollecitazioni di breve durata

La tab. 3 riporta una sintesi dei valori delle caratteristiche di risposta del PSE alle sollecitazioni meccaniche di breve durata a temperatura ambiente. I valori sono quelli pubblicati dall'Associazione tedesca degli espansi rigidi (IVH) e sono ottenuti con i metodi previsti dalle norme DIN, generalmente corrispondenti alle UNI.

Il comportamento più utile ai fini pratici è quello a compressione. La relazione fra sollecitazione e deformazione in questo caso è lineare fino al 2-3 % di deformazione; oltre questo limite si ha una deformazione permanente progressiva della struttura cellulare, senza che si addivenga ad una vera rottura; per convenzione si assume quindi come caratteristica del comportamento a compressione la sollecitazione che corrisponde ad uno schiacciamento del 10% dello spessore della provetta.

La sollecitazione massima ammissibile in pratica non dovrebbe peraltro superare quella che provoca una deformazione del 2%.

I valori di sollecitazione a rottura a trazione e flessione, non molto importanti per il dimensionamento delle applicazioni, vengono considerati dalle normative (la trazione in UNI 7819, la flessione in ISO 4898) come misura della buona sinterizzazione del materiale.

La sollecitazione di taglio interessa nei casi in cui la lastra di PSE è vincolata a rivestimenti rigidi, come nei pannelli sandwich e negli isolamenti esterni sotto intonaco. Nella letteratura tecnica si riscontrano valori di resistenza al taglio anche molto discosti da quelli di tab. 3; in questi casi, quando è possibile, conviene affidarsi all'esperienza applicativa consolidata, ed è il caso degli isolamenti sotto intonaco, altrimenti è consigliabile eseguire le prove opportune direttamente sui pannelli composti.

Il modulo elastico a compressione si riferisce ovviamente alle sollecitazioni che stanno entro il limite elastico.

Per i moduli elastici a trazione e a taglio si trovano in letteratura pochi valori e piuttosto dispersi; orientativamente, secondo alcuni autori, il modulo a trazione è circa triplo di quello a compressione e quello di taglio circa doppio.

Tabella 3 Caratteristiche meccaniche del PSE in N/mm ² (1)					
Massa volumica in Kg/mc	15	20	25(2)	30	35(3)
Sollecitazioni di compressione al 10% di deformazione	0,07-0,12	0,12-0,16	0,16-0,20	0,18-0,26	0,23-0,27
Resistenza a trazione	0,15-0,23	0,25-0,32	0,32-0,41	0,37-0,52	0,42-0,58
Resistenza a flessione	0,16-0,21	0,25-0,30	0,32-0,40	0,42-0,50	0,50-0,60
Resistenza al taglio	0,09-0,12	0,12-0,15	0,15-0,19	0,19-0,22	0,22-0,26
Modulo elastico a compressione	3,80-4,20	4,40-5,40	5,90-7,20	7,40-9,00	9,00-10,80

(1) 1 N/mm² \cong λ 10 Kg/cm²

(2) Valori interpolati

(3) Valori estrapolati



Figura 10

Sollecitazioni di lunga durata

Il PSE, come tutti i materiali termoplastici, sottoposto a sollecitazione continua, evidenzia una deformazione progressiva nel tempo, che peraltro, al di sotto di una certa soglia, si sviluppa con un andamento logaritmico; questo fa sì che la deformazione stessa possa considerarsi pressochè costante, anche per le durate richieste nelle applicazioni edilizie. La Fig. 10 illustra questo comportamento a temperatura ambiente per 3 tipi di PSE di diversa massa volumica apparente, per diversi livelli della sollecitazione di compressione.

In conseguenza, per carichi permanenti di compressione, si raccomanda di non superare i valori di tab. 4 (IVH).

Tabella 4 Sollecitazione permanente a compressione per deformazione < 2%	
Massa volumica (Kg/mc)	Sollecitazione N/mm²
15	0,012-0,025
20	0,020-0,035
25	0,028-0,050
30	0,036-0,062
35(1)	0,044-0,074

(1) Valori estrapolati

Sollecitazioni d'urto

Il PSE, sottoposto ad urto, per le sue caratteristiche elastiche, che è in grado di decelerare gradualmente la massa urtante, restituendo soltanto una frazione dell'energia d'urto.

Tale comportamento spiega perchè il PSE è oggi uno dei materiali più impiegati per l'imballaggio; questa caratteristica non è tuttavia generalmente interessante nelle applicazioni edilizie.

Si può comunque rilevare che il PSE costituisce, anche da questo punto di vista, il miglior supporto per l'intonaco armato, con il quale forma l'isolamento dall'esterno chiamato comunemente "a cappotto": per la sua tenacità esso si deforma sotto l'urto in modo elasto-plastico, senza sbriciolarsi e continuando quindi la sua funzione di supporto anche dopo l'urto; la caratterizzazione di questo comportamento dipende tuttavia dalla struttura dell'intero sistema isolante-intonaco armato ed è definito dalla normativa in proposito (Direttiva UEAtc).

Vibrazioni e rumore

La resistenza a vibrazioni e scuotimenti del PSE è eccellente, in relazione al suo comportamento elastico-tenace; questa caratteristica è generalmente poco interessante per le applicazioni edilizie e molto di più per gli imballaggi. La stessa caratteristica elastica rende il PSE di scarso interesse per le applicazioni di assorbimento dei rumori aerei. Invece lo speciale tipo di PSE elasticizzato, ottenuto per compressione e successiva espansione delle lastre normali, si è rivelato fra i migliori materiali per l'isolamento dai rumori da calpestio nei cosiddetti "pavimenti galleggianti". Lo smorzamento dei rumori da calpestio è tanto più elevato, quanto minore è la cosiddetta "rigidità dinamica" delle lastre di PSE. Questa caratteristica, che si usa esprimere in MN/mc e ha quindi la dimensione di un modulo elastico diviso una lunghezza, è in effetti l'indice del comportamento elastico del complesso costituito dalla struttura dell'espanso e dall'aria racchiusa, ed è in funzione decrescente dello spessore; viene dedotta dalla misura della frequen-

za di risonanza del sistema costituito dalla lastra di PSE collocata su un supporto rigido e gravata da una massa oscillante standard (v. DIN 52214). L'industria tedesca, specializzata in questo tipo di lastre (di massa volumica 9-12 Kg/mc), considera i tipi della seguente tab. 5.

Tabella 5 Rigidità dinamica del PSE per isolamento dal calpestio		
Spessore t.q. mm	Spessore sotto carico di 2 kN/m ² mm	Rigidità dinamica MN/mc
17	15	30
22*	20	20
27	25	15
33	30	15
38*	35	10
44	40	10

* tipi da preferire

Il PSE normale, che ha rigidità dinamica oltre 90 MN/mⁿ, non è indicato per questa applicazione.

Influenza della temperatura sul comportamento meccanico

Le temperature massime sopportabili dal PSE dipendono, come per tutti i termoplastici, dalla durata e dall'intensità della sollecitazione. Senza sollecitazione e per breve tempo il PSE sopporta temperature di 95-100°C (p.es. all'atto dell'applicazione di un bitume caldo. Sotto un carico permanente di 20 KN/m² la temperatura limite scende a 80-85°C (75-80°C per il PSE 15). Le prove di stabilità dimensionale considerate dalle normative, p.es. UNI 7819 e ISO 4898, che indicano la deformazione massima ammissibile dopo un determinato periodo sotto carico ad una data temperatura, danno la possibilità di verificare l'idoneità di un PSE per determinate applicazioni. In particolare ISO 4898 prevede una deformazione limite del 5% nelle condizioni e per gli impieghi specificati nella seguente tab. 6.

Tabella 6 Prove di stabilità dimensionale del PSE secondo ISO 4898					
Classe	Impiego	Massa volumica (Kg/mc)	Durata della prova	Temperatura di prova °C	Sollecitazione di compressione KN/m ²
I	Non portante	15	48 ore	70	--
II	Carichi limitati	20	48 ore	80	20
III	Carichi maggiori	30	7 giorni	70	40

Le prove corrispondenti secondo UNI 7819 prevedono invece deformazioni limiti del 4 o 3% secondo i casi (v. tabella a pag. 55). A bassa temperatura, poichè il Polistirene non subisce alcuna transizione di fase (cambiamento di struttura) in questo campo, le sue caratteristiche meccaniche possono considerarsi simili a quelle a temperatura ordinaria fino ad almeno -200°C.

Comportamento agli agenti chimici

Il PSE non è intaccato dai materiali da costruzione correnti; la tab. 7 dà un quadro del comportamento del PSE a contatto di molti gruppi di sostanze. Particolare attenzione deve essere posta al contatto con vernici, collanti, impermeabilizzanti, che possono contenere solventi del Polistirene. Nei casi incerti è bene eseguire una prova pratica prima dell'impiego, eventualmente a temperatura più elevata, p.es. 50°C, per abbreviare la prova.

Comportamento biologico

Il PSE non costituisce nutrimento per alcun essere vivente, microrganismi compresi, quindi non marcisce o ammuffisce. Al più, se molto sporco, in certe condizioni, microrganismi si possono insediare nella sporcizia e il PSE agisce semplicemente da supporto e non prende parte ai processi biologici. Anche i batteri del suolo non attaccano il PSE.

Il PSE, come altri materiali di scarsa durezza, può essere roso da piccoli animali e insetti, che ne sfruttano la buona coibenza termica per farvi il nido. Ciò può accadere in particolare in applicazioni agricole (stalle, sili). Si può ovviare con opportune disinfestazioni (tenendo presente la sensibilità del PSE ai solventi) o meglio impedendo l'accesso ai roditori con reti inossidabili e agli insetti con intonaci di rivestimento.

Per la sua stabilità chimica e biologica il PSE non costituisce un pericolo per l'igiene ambientale e per le falde acquifere. Non vi sono controindicazioni al deposito nelle discariche e alla combustione nei forni di incenerimento.

Tabella 7

Sostanze inerti per il PSE

- Acqua, acqua di mare, soluzioni saline
- Materiali da costruzione (calce, cemento, gesso, ecc.)
- Sali (p.es. efflorescenze di salnitro), concimi
- Soluzioni alcaline (idrato sodico, potassico, soluzioni ammoniacali, acqua di calce, candeggianti, acqua ossigenata, concimi liquidi)
- Saponi e detersivi sintetici
- Acidi diluiti e acidi deboli (p.es. citrico, carbonico, acidi urici)
- Acidi concentrati (cloridrico 35%, nitrico 50%, solforico 95%)
- Alcoli (metilico, etilico, ecc.)
- Glicoli, glicerina
- Oli siliconici
- Bitumi, adesivi e masse bituminose a base acquosa

Sostanze che attaccano o distruggono il PSE

- Esteri (acetati, ftalati, diluenti per vernici)
- Eteri (etilico, glicolico, diossano)
- Chetoni (acetone, cicloesano)
- Composti organici alogenati (trielina, tetracloruro di carbonio, fluorocarburi)
- Ammine, ammidi, nitriti
- Idrocarburi aromatici (benzolo, stirolo, toluolo, ecc.) cicloesano
- Benzina e vapori di benzina
- Gasolio, olio combustibile, olio di paraffina, vaselina (sostanze con azione più limitata)
- Ragia inerale, trementina
- Bitumi e masse bituminose con solventi
- Derivati del catrame

Il PSE in opera nella coibentazione edilizia non presenta alcun fattore di pericolo per la salute; si tenga presente in proposito che il Polistirene compatto e il PSE come materiale da imballaggio sono ammessi dalla legislazione come materiali che possono venire a contatto con le sostanze alimentari. Anche il maneggio e le eventuali lavorazioni meccanicamente connesse con la messa in opera del PSE sono assolutamente innocui e in particolare non vi è pericolo di inalazione di particelle o di manifestazioni allergiche.

Anche le tracce di espandente e di stirolo monomero non polimerizzato che possono essere presenti nel PSE di recente produzione si disperdono rapidamente e, anche in locali chiusi, non sono più rilevabili a distanza di qualche mese dalla produzione, che è un tempo che comunque decorre fra la produzione del PSE e l'occupazione di un edificio.

Comportamento all'invecchiamento

Per invecchiamento di un materiale si intende la variazione (generalmente in peggio) delle sue caratteristiche nel corso del tempo, dovuta a cause interne (tensione, transizioni strutturali, ecc.) o esterne, sia legate alle sollecitazioni imposte, sia alle condizioni ambientali di impiego.

L'analisi qui svolta delle influenze che i fattori ambientali, come temperatura e umidità, e le sollecitazioni di lavoro hanno sulle caratteristiche del PSE mostra che esso può garantire per un periodo illimitato le prestazioni che gli vengono richieste.

Ciò è dimostrato da 30 anni di esperienza applicativa su scala vastissima e in particolare da numerose verifiche delle caratteristiche, effettuate su PSE in opera da decenni.

Sono quindi da confutare recisamente le voci di scarsa stabilità nel tempo, che si sono spinte fino ad affermare l'esistenza di una "sublimazione", affermazione fisicamente senza senso. L'origine di queste voci, quando non è da attribuire a concorrenza scorretta, va fatta risalire a pratiche imprenditoriali scorrette, che hanno ritenuto di poter approfittare della difficoltà di verificare l'effettiva applicazione del materiale nelle intercapedini: in effetti tali voci non si riferiscono mai a situazioni più controllabili, anche se oggettivamente più difficili, come l'isolamento esterno sotto intonaco. Naturalmente la migliore assicurazione del permanere nel tempo delle prestazioni del PSE è data dall'impiego di materiale a norma, quale è AIPOR.

Un fattore ambientale non trattato precedentemente, perchè non corrisponde mai ad effettive condizioni di impiego, è l'effetto della radiazione solare ultravioletta.

Questa radiazione, cui il PSE può trovarsi esposto nel deposito in cantiere e durante la messa in opera, provoca un ingiallimento e infragilimento superficiale, che in molti casi non dà luogo ad alcuna riduzione delle prestazioni, mentre in altri, come nel rivestimento con intonaco, può compromettere l'aderenza della finitura. Una corretta pratica di cantiere evita facilmente questo inconveniente.

Comportamento al fuoco

Il PSE, quale composto di carbonio e idrogeno, è di sua natura un materiale combustibile. Esso inizia la sua decomposizione a circa 230-260°C, con emissione di vapori infiammabili, ma soltanto a 450-500°C, si ha una accensione. La successiva propagazione della fiamma avviene spontaneamente nel PSE normale, se vi è sufficiente apporto di ossigeno, mentre nel PSE a migliorato comportamento al fuoco (PSE/RF), ottenuto con opportuni additivi, la propagazione cessa al venir meno la causa di innesco.

Le normative distinguono il comportamento in proposito dei materiali combustibili con una opportuna classifica. Il PSE normale si colloca generalmente all'ultimo gradino (Classe 5 secondo il D.M. 26-6-84 italiano) e il PSE/RF al primo (Classe 1). Le norme applicative (quelle italiane ancora in parte in formazione) prescrivono i limiti di impiego di ciascuna classe nei singoli casi e vengono trattate in uno specifico quaderno di documentazione tecnica AIPOR (Quad. 2.3).

Si riportano invece qui alcune considerazioni generali sul comportamento al fuoco del PSE, che possono utilmente servire per una valutazione del rischio di impiego, anche nei casi non contemplati dalla normativa.

- 1** Il PSE richiede una certa energia per la sua accensione; anche per il tipo normale una scintilla o una sigaretta accesa non sono sufficienti: la loro energia viene asportata come calore di fusione del PSE. Il materiale, fondendo, tende poi a ritrarsi dalla sorgente di innesco, anche di una certa intensità; quindi in particolare il PSE/RF brucia in effetti soltanto in un incendio generalizzato.
- 2** Il contributo del PSE in termini di bilancio energetico di un incendio, è modesto, in relazione alla sua bassa massa volumica: 1 dmc di PSE da 15 Kg/mc ha un potere calorifico di 590 J contro 9200 J dello stesso volume di legno di abete.
- 3** Il PSE si trova generalmente protetto da altri materiali e non ha immediata disponibilità dell'aria necessaria alla sua combustione (circa 130 volte il suo volume).
- 4** La combustione può sviluppare, come gas tossici, essenzialmente ossido di carbonio, non diversamente dai materiali lignei presenti nella costruzione o nell'arredamento, ma in proporzione più ridotta, come mostra la tab. 8 (prova del Laboratorio Chimico di Stato di Vienna, secondo DIN 53436: provini da 300x15x10 mm, temperatura 600°C, portata d'aria 100 l/h).

Tabella 8 Componenti tossici dei gas combusti di materiali da costruzione (p.p.m.)				
Materiali	Ossido di Carbonio	Stirola	Benzolo e omologhi	Composti alogenati
PSE normale	1.000	400	40	--
PSE/RF	1.000	50	30	11
Legno di abete	15.000	--	--	--
Pannello truciolare	69.000	--	1.000	--
Sughero espanso	29.000	--	1.000	--

La tabella dimostra anche che i gas sviluppati non sono corrosivi.

- 5** La produzione di fumi opachi del PSE/RF è più ridotta di quella del PSE normale e comunque proporzionata, rispetto agli altri materiali combustibili presenti, alle piccole quantità in peso normalmente applicate.
- 6** Il pericolo di distacco di rivestimenti in PSE, in caso di incendio, dipende essenzialmente dal tipo di fissaggio. Le parti o le gocce fuse che cadono, se di PSE/RF, non sono infiammate e non contribuiscono quindi alla propagazione dell'incendio.
- 7** La differenza di costo fra i tipi normali e quelli RF è modesta e ha già consigliato in vari paesi l'adozione esclusiva dei tipi RF per tutte le applicazioni edilizie, anche quelle in cui potrebbe essere ammesso il tipo normale; ciò evita confusioni e pericoli di incendio di materiale in deposito in cantiere.

Caratteristiche elettriche

Le caratteristiche elettriche del PSE si avvicinano a quelle dell'aria, che costituisce la maggior parte del suo volume (costante dielettrica $\epsilon = 1,04$). La quasi completa assenza di gruppi polari è evidenziata dal bassissimo angolo di perdita ($\tan \delta = 0,0001$). Per queste caratteristiche, di scarsa importanza per le applicazioni edilizie in generale, il PSE aveva suscitato interesse al suo apparire come materiale isolante per alte frequenze.

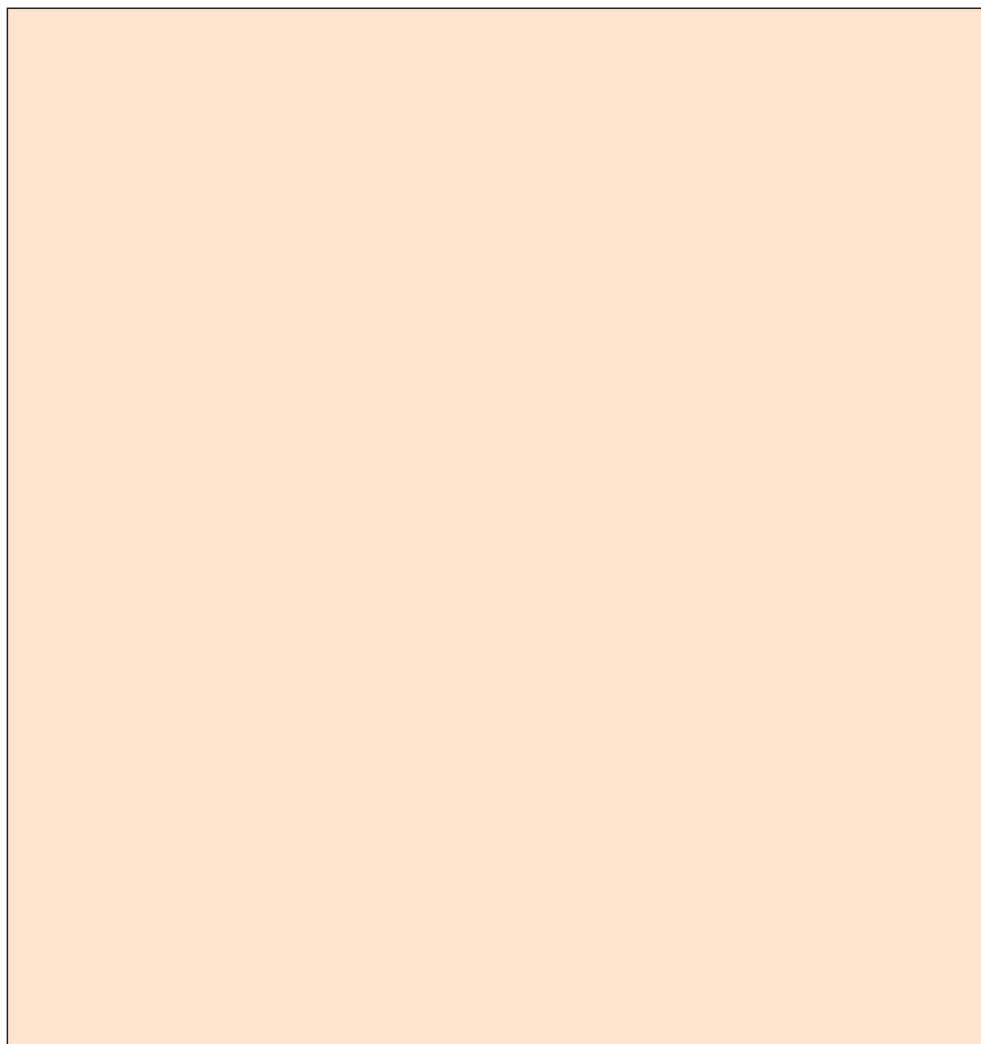


Tabella 9

Questi sono i contrassegni del marchio IIP, applicati a tutte le lastre di AIPOR messe in commercio. Al posto dei segni XXX sta il numero distintivo del singolo produttore.

La designazione del tipo di AIPOR si effettua facendo seguire all'indicazione "Lastra PSE/B" o "Lastra PSE/S" (secondo che la lastra è ricavata da blocco o stampata), il riferimento alla norma UNI, quella di tipo e di massa volumica e l'eventuale sigla RF. Esempio: Lastra PSE/B UNI 7819 IV B 35 RF.

5 - L'EPS e l'ambiente

Inquinamento atmosferico - Cause e conseguenze

L'inquinamento dell'ambiente esterno è ormai oggetto permanente di preoccupazione generale, sia per quanto riguarda i suoi aspetti contingenti, ormai costantemente seguiti, specialmente nei grossi agglomerati urbani, dove essi si fanno maggiormente sentire, sia per le conseguenze a lungo termine, oggetto di vivaci discussioni in tutto il mondo, dalle quali emergono con sempre maggiore frequenza previsioni catastrofiche, che non possono non richiamarci alle nostre responsabilità verso le generazioni future.

Non c'è dubbio comunque che, anche se per il lungo termine si sommano agli effetti delle attività umane le lente modificazioni naturali (finora ben poco comprese) del clima del nostro pianeta, tuttavia per l'immediato sono le nostre attività a influire negativamente sulla qualità dell'ambiente e i responsabili principali, specialmente per l'aria, sono i processi di combustione, che da alcuni decenni noi attuiamo in una misura di vari ordini di grandezza superiore ai passati secoli e millenni.

La disponibilità di combustibili fossili a basso costo ha favorito lo sviluppo senza precedenti di industrie, trasporti e benessere abitativo, ma ha avuto e avrà pesanti conseguenze, i cui costi solo in parte sono già emergenti.

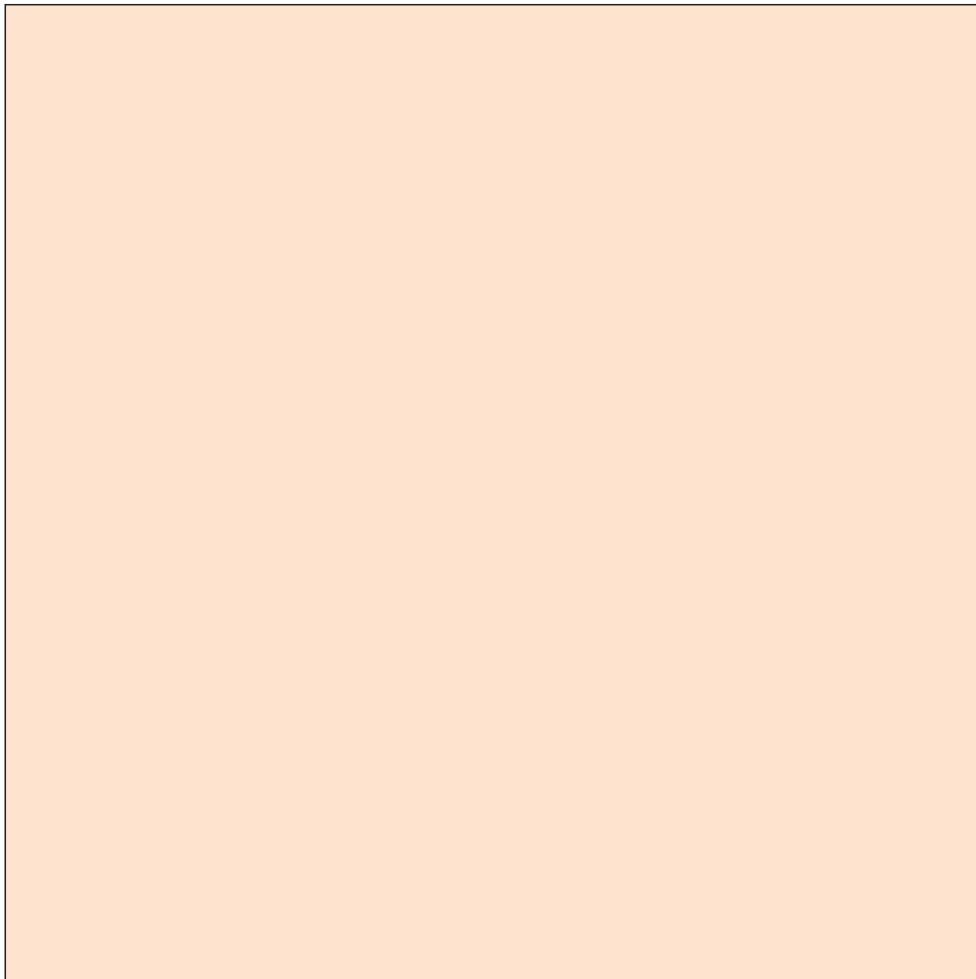


Figura 11. Prove di isolamento al calpestio su soletta in cemento armato (I.V.M.).

L'inquinamento dell'aria, specialmente nei grandi agglomerati, provoca danni alla salute, non facilmente quantizzabili, ma certamente imponenti, se si pensa al valore delle giornate lavorative perse, al costo delle cure mediche, senza trascurare quanto vale la riduzione della quantità della vita che ne consegue. A ciò si devono aggiungere gli effetti inquinanti di acqua e suolo da parte delle piogge acide su foreste, zone agricole, ecosistemi marini e lacustri, monumenti, ecc. per non parlare di quelli a lungo termine, come l'effetto serra, il buco dell'ozono e le conseguenze, cui l'umanità sembra non pensare troppo, dell'allegro sfruttamento di risorse non rinnovabili, quindi sempre più care e contese, come mostrano le ricorrenti crisi mondiali che partono dalle zone petrolifere. Per quanto attiene al campo di interesse dell'AIPE, è da rilevare che dei tre grandi settori responsabili dell'impiego dei combustibili, al benessere abitativo deve essere imputato almeno un quarto del loro consumo e quindi ogni intervento inteso a ridurlo è un contributo apprezzabile alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e ambientale in genere. Che l'inquinamento atmosferico in particolare sia strettamente legato al consumo di combustibile per il riscaldamento degli edifici, è facilmente deducibile, osservando l'andamento stagionale di uno dei componenti principali, e certamente il più seguito, dell'inquinamento atmosferico, cioè l'anidride solforosa (SO_2).

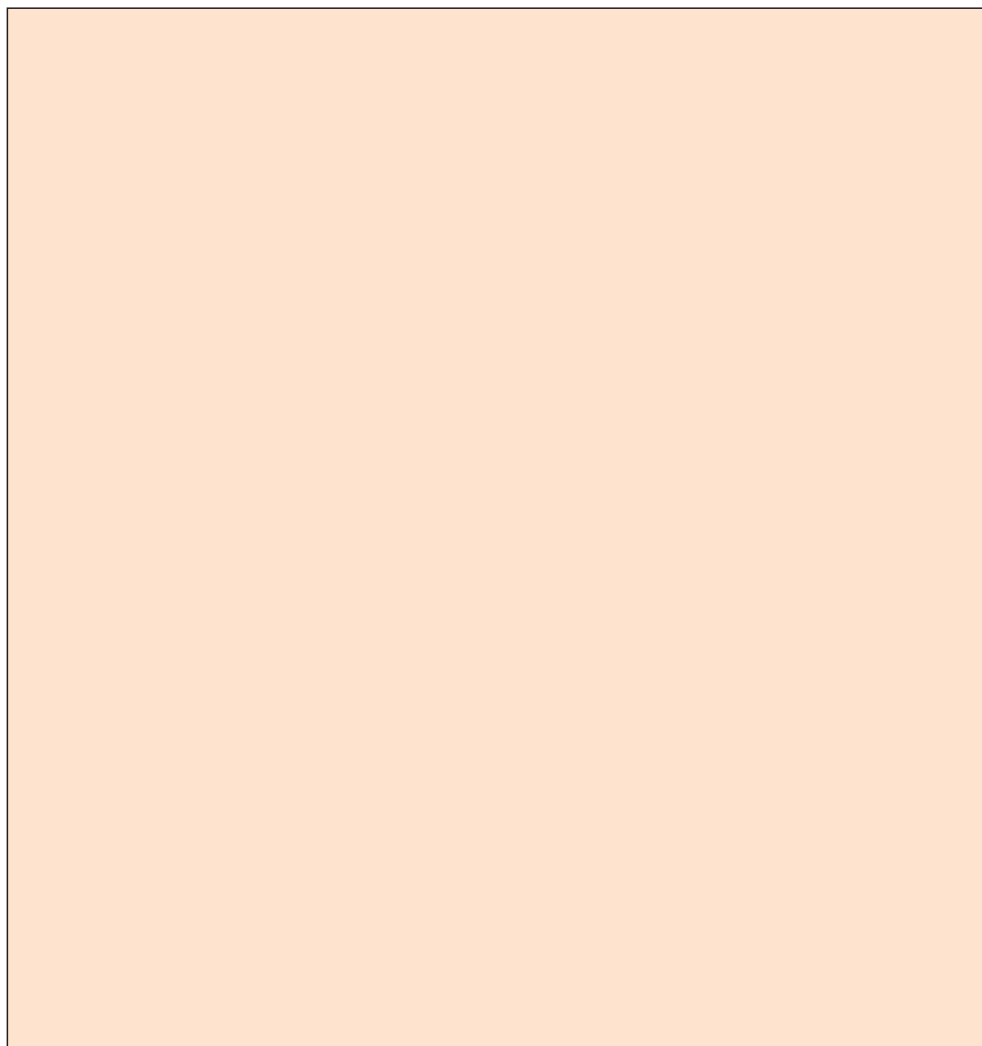


Figura 12. Andamento tipico annuo delle concentrazioni relative di SO_2 a Milano (1970-78).

La fig. 12 mostra l'andamento medio mensile a Milano della concentrazione di SO₂ nell'aria nel decennio 1970-79, come rapporto rispetto alla media annuale; si vede che mentre in estate la concentrazione si riduce al 20% della media annuale, in inverno essa è mediamente il 180% della media annuale, cioè 9 volte quella estiva.

È evidente, da quanto detto sopra, il collegamento fra inquinamento atmosferico e consumo di combustibili per il riscaldamento degli edifici e altrettanto evidente è l'importanza di ogni iniziativa volta a ridurre tale consumo.

Ciò può essere fatto seguendo varie strade (sostituzione dei combustibili fossili con energie alternative non inquinanti, miglioramento nella produzione, regolazione e distribuzione del calore, recupero di calore, ecc.), ma una delle strade più dirette e di effetto permanente è senza dubbio la riduzione delle dispersioni termiche dell'edificio mediante un rafforzamento del suo isolamento. Questo ragionamento vale evidentemente qualunque sia il materiale impiegato per l'isolamento, ma vale la pena di svilupparlo in modo particolare per il PSE, in quanto materiale coibente fra i più diffusi in edilizia e particolarmente versatile e adatto alla quasi totalità dei casi di isolamento; ciò è specialmente importante per l'impiego nelle opere di ristrutturazione o riabilitazione edilizia delle costruzioni esistenti; infatti un effetto apprezzabile sul consumo globale di combustibile e quindi sull'inquinamento atmosferico si potrà avere soltanto operando in maniera massiccia sul parco edilizio esistente. Può essere interessante ricercare se vi sono limiti, economici o tecnici, nell'impiego del PSE per l'isolamento.

Nel Quaderno AIPOR 2.4 "Dimensionamento economico dell'isolamento termico con AIPOR" si è già messo in evidenza come il limite di convenienza di un isolamento con AIPOR, cioè quello che massimizza il valore attuale netto dell'investimento (risparmio annuo attualizzato meno spesa di impianto), si trova per spessori di isolamento nettamente superiori a quelli che oggi prescrive la nostra legislazione per gli edifici nuovi.

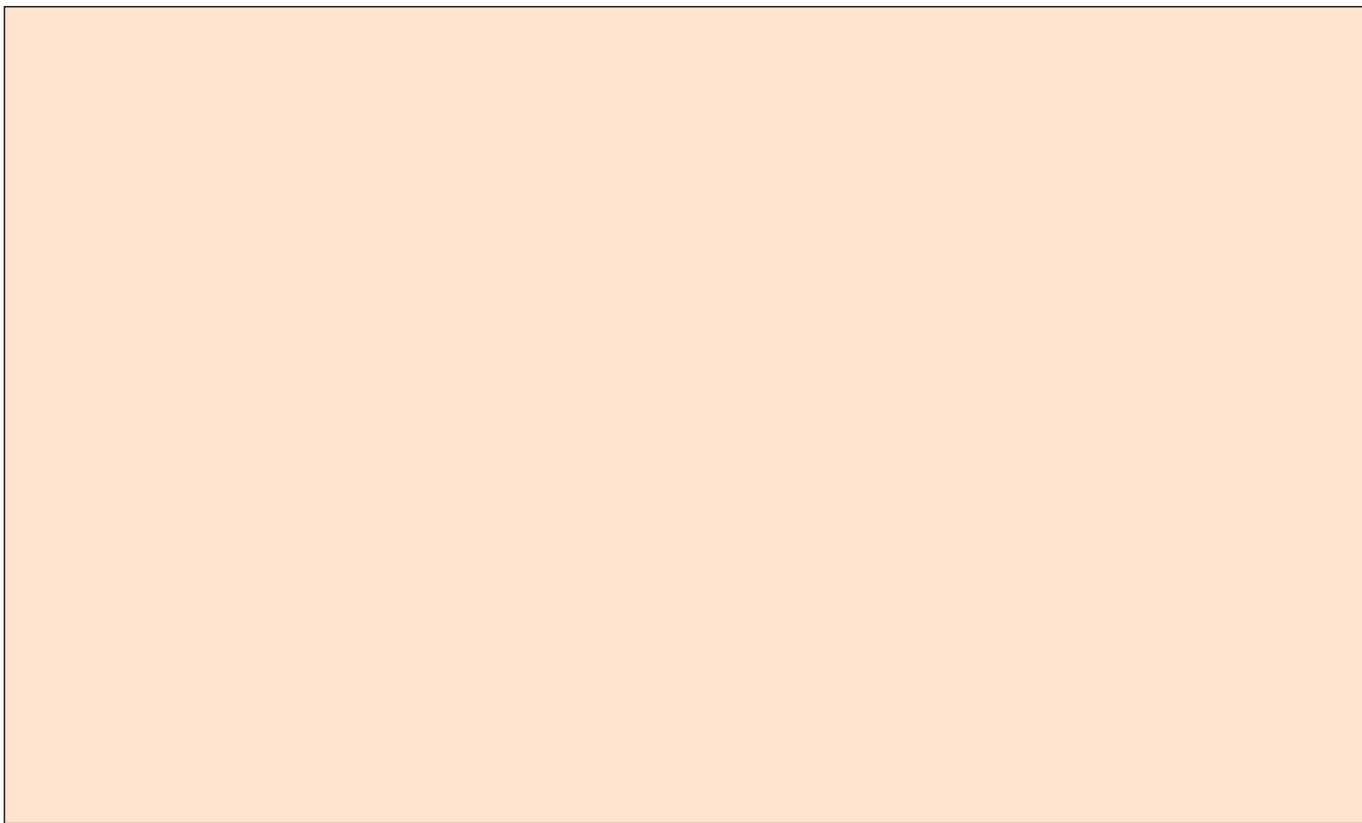
Si è anche osservato che per risparmiare energia isolando si deve cominciare a consumare energia per produrre l'isolante ed è legittimo domandarsi se e fino a che limite è favorevole il bilancio energetico relativo. Studi in proposito hanno dimostrato che anche per questo punto di vista l'isolamento ottimale con PSE comporta spessori molto superiori a quelli correnti (più di 30-50 cm!). La considerazione di limiti così elevati ha indotto a verificare la possibilità tecnica di edifici a basso consumo di energia o al limite di "case a energia zero".

Senza considerare queste ultime, che presuppongono più complessi sistemi di utilizzo delle energie gratuite, le case a bassa energia hanno ricevuto molta attenzione negli ultimi anni, specialmente in Germania e Austria.

La tabella seguente mostra la progressione delle trasmittanze (In W/m²K) delle costruzioni in Germania, dalla situazione ante 1977, alla casa a bassa energia:

Componente	Fino al 1977	Attuale	Raccomandato	Casa a bassa energia
Tetto K=	0,9 $\frac{W}{m^2K}$	0,3	0,3	0,12
Parete	1,8	0,6	0,3	0,15
Finestra	5,2	2,6	1,5	0,7
Solaio Cantina	0,8	0,55	0,55	0,25

Tabella 10



L'EPS e l'ambiente interno

Le problematiche legate alla purezza dell'aria assumono sempre più peso considerevole nel controllo della qualità dell'aria degli spazi residenziali. Ciò è dovuto all'aumento della presenza di elementi inquinanti, sia all'interno degli alloggi, sia nell'ambito esterno.

I problemi si sono aggravati negli ultimi anni in connessione alla tendenza a ridurre il ricambio d'aria degli ambienti per conseguire un risparmio di energia; poichè ciò è stato tentato per lo più semplicemente sopprimendo o riducendo i passaggi dell'aria fra interno ed esterno (tenute dei serramenti, camini), senza controllare effettivamente il fenomeno (con ventilazione meccanica, scambiatori di calore, percorsi obbligati dell'aria, ecc.) ne è conseguita una maggior concentrazione degli elementi inquinanti negli ambienti, in primo luogo umidità, ma anche prodotti dell'attività e del metabolismo ed emanazioni dei materiali costituenti l'edificio o in esso contenuti.

Fra questi ultimi è comprensibile che l'attenzione si sia concentrata sui materiali più recenti, trascurando quelli con i quali l'umanità, bene o male, convive da migliaia di anni.

In effetti i materiali recenti hanno fornito più di un motivo di preoccupazione per la salute degli abitanti, ma l'informazione in proposito ha spesso provocato confusione nell'opinione pubblica, per lo più attribuendo a tutti i materiali di una certa categoria merceologica (p.es. gli espansi plastici) caratteristiche proprie soltanto di qualcuno di essi.

Il Polistirene Espanso Sinterizzato non è sfuggito a questa sorte e poichè le accuse rivoltegli sono fondamentalmente immeritate, è opportuno cercare di fare chiarezza, così che questo materiale così conveniente ed efficiente, possa essere impiegato con completa fiducia.

Le obiezioni sono qui di seguito riunite a gruppi, per ognuno dei quali viene esaminata la loro fondatezza.

Figura 13. Conseguenze per il clima del consumo di energia (litri di gasolio o metri cubi di metano; situazione tedesca): emissione di CO₂ per mc di edificio e per anno.

a) Obiezioni legate alla costituzione chimica del Polistirene Espanso

Il PSE è un polimero, formato dall'unione di tante molecole di un monomero, lo stirolo (fig. 14), che è un idrocarburo aromatico, cioè un composto del carbonio e idrogeno della serie del benzolo. Respirare i vapori di stirolo è nocivo; il valore limite di soglia (TLV) per esposizione di 8 ore al giorno in ambienti di lavoro è di 215 mg/m (50 p.p.m.) secondo i valori americani recepiti dai nostri contratti di lavoro.

Circola ancora in Italia, nonostante le ripetute confutazioni, la credenza che il Polistirene "sublima", cioè svanisce nel tempo, per scomposizione a monomero ed evaporazione di quest'ultimo; se ciò fosse vero, le preoccupazioni per la sua nocività, oltre che per la sua durata nel tempo, sarebbero giustificate; fortunatamente non è così; la tensione di vapore del Polistirene è pressochè nulla e il fenomeno non può fisicamente verificarsi; del resto i rilievi fatti da Istituti qualificati su campioni di PSE in opera da più di 30 anni hanno dimostrato che non si ha perdita di massa nel lungo periodo.

Per completezza di informazione si possono tuttavia segnalare in proposito due casi, che però non hanno importanza dal punto di vista dell'applicazione.

Il primo riguarda il processo di taglio dei blocchi di PSE in lastre con l'usuale metodo del filo caldo; in effetti a contatto con il filo caldo si ha una piccola decomposizione di materiale; il fenomeno è peraltro molto modesto e circoscritto e nello stabilimento di produzione può essere facilmente controllato, così da non recare pregiudizio agli operatori.

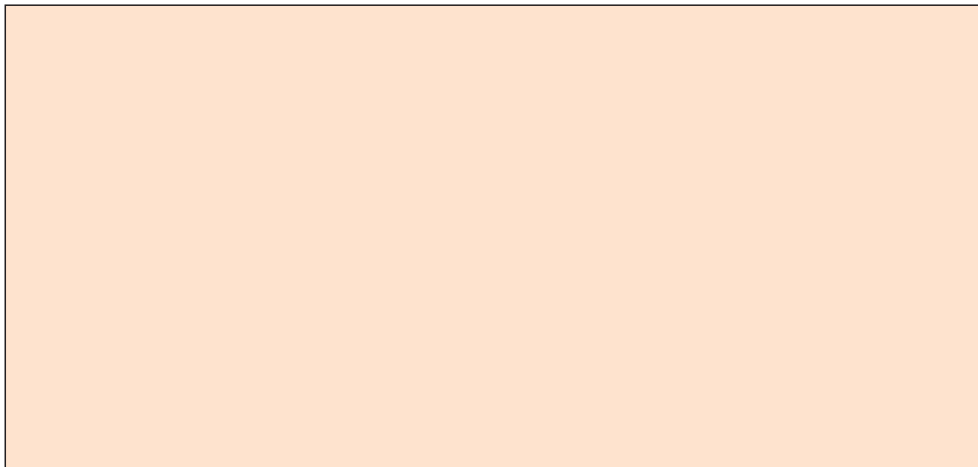


Figura 14. Struttura chimica del Polistirene

Studi svedesi e americani su lavoratori esposti a queste condizioni ambientali non hanno messo in evidenza alcun fattore di rischio ad esse collegato. L'altro caso si riferisce al PSE di recente produzione; poichè la polimerizzazione non può mai arrivare a convertire il 100% del monomero, tracce di questo restano nel prodotto; queste tracce scompaiono spontaneamente insieme ai residui dell'espandente (pentano) nel giro di alcune settimane, cioè sicuramente in un tempo inferiore a quello che normalmente decorre fra la produzione del materiale e la prima occupazione del locale in cui è stato applicato. L'entità di questo fenomeno è stata misurata con esperienze condotte dall'Istituto di Igiene dell'Università di Heidelberg.

In una prima serie di prove presso questo Istituto, 91 m² di lastre di PSE da 15 Kg/mc, dello spessore di 5 cm, appena prodotte, furono applicate, senza sigillanti, a rivestire le pareti (64 m²) di un locale cieco e le rimanenti furono poste di costa, con entrambe le facce libere, in mezzo al locale; questo venne mantenuto sigillato e senza ventilazione a 21°C e 55% di U.R.: si è trattato chiaramente di condizioni eccessive. La concentrazione di stirolo nell'aria rag-

giunse il massimo l'8° giorno con 4 mg/mc (contro il TLV di 215), ma già dopo il 20° giorno i valori caddero decisamente e si avvicinarono, dopo due mesi, alla soglia di misurabilità. Successivamente l'emissione di stirolo venne attivata, portando l'aria a 50°C per 50 giorni, ottenendo concentrazioni di stirolo inferiori a un millesimo del valore TLV (fig. 15).

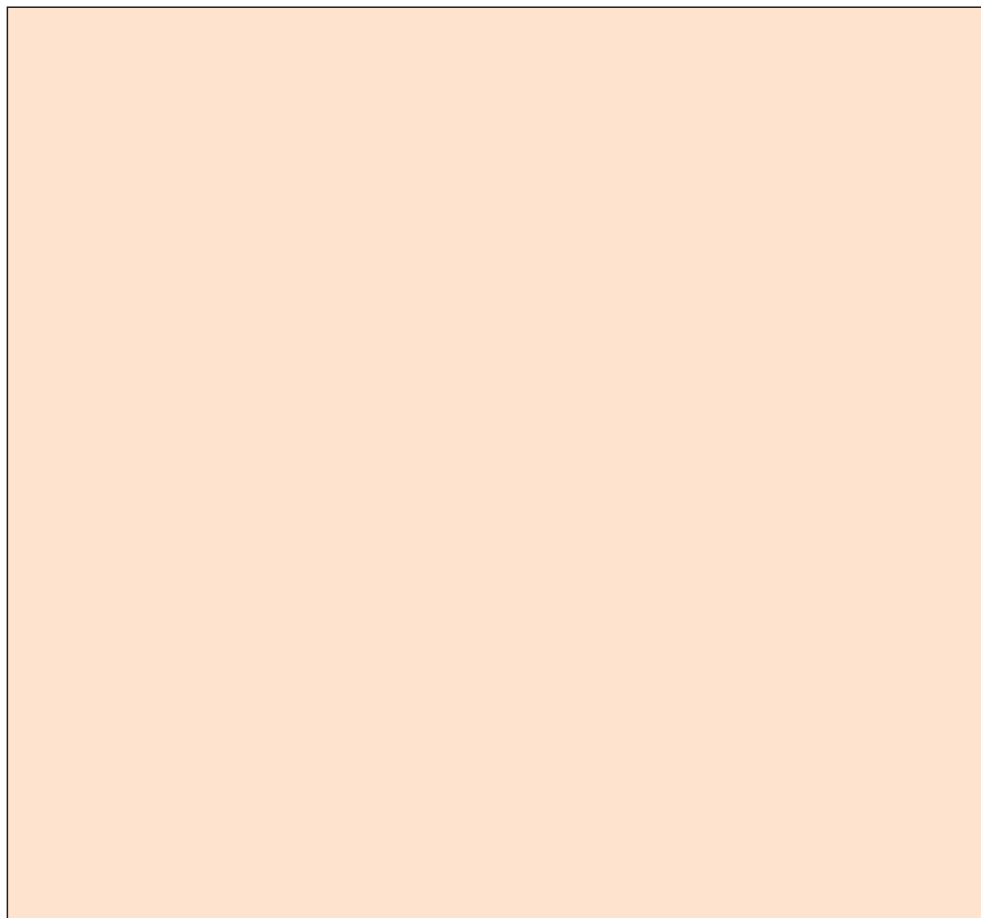


Figura 15. Misure di concentrazione in aria di stirolo emesso dal Polistirene (I.V.H.).

Una seconda serie di prove dello stesso Istituto venne poi condotta in condizioni più realistiche, rivestendo le pareti verticali (42 mc) di un locale con lastre accoppiate PSE/cartongesso; il locale era ancora non ventilato e tenuto a 21°C e 55% di U.R. Si è registrata una concentrazione massima di stirolo al 3° giorno (0,36 mg/mc), che è andata poi progressivamente calando fino a diventare non più misurabile dopo 100 giorni. A questo punto anche il soffitto (11 m²) è stato rivestito con lastre a vista di PSE di tipo decorativo, di 8 mm di spessore; dopo 3 giorni la concentrazione era salita a 0,09 mg/mc, ma dopo 18 giorni non era più misurabile; ancora una volta si è portato il locale a 50°C dopo aver sostituito le lastre del soffitto e la concentrazione di stirolo salì a 0,64 mg/mc, scendendo poi sotto il limite di misurabilità al 37° giorno di quest'ultima prova.

Anche indagini su ambienti costruiti, isolati con PSE, non hanno rivelato presenza di stirolo. Questi risultati sono stati confermati da un Comitato del Ministero Tedesco dell'Ambiente, Costruzione Urbanistica, che afferma testualmente:

“I materiali isolanti formati da espanso rigido di Polistirene prodotti in conformità della norma DIN 18164 possono, se non rivestiti immediatamente dopo la loro produzione, emettere

piccole quantità di stirolo monomero. Nelle condizioni più sfavorevoli si possono avere valori di punta fino a 1/100 dell'attuale valore di soglia (420 mg/m = 100 p.p.m.). Anche a temperature elevate, insolite nei locali di abitazione, tali concentrazioni ammontano peraltro, dopo circa 10 settimane, a soli 1-2 millesimi del valore di soglia e si abbassano poi molto rapidamente sotto il limite di misurabilità. Le tracce di stirolo presenti in questi isolanti sono perciò senza importanza dal punto di vista sanitario”.

Ogni dubbio sull'assenza di nocività del PSE dovrebbe quindi cadere e in effetti dubbi simili non sono mai affiorati in altri settori, p.es. quello degli imballaggi alimentari, che ammettono legalmente il Polistirene fra i materiali che possono venire a contatto con alimenti.

Per completezza citiamo comunque anche le altre emissioni attribuite al PSE per confusione con altri materiali (formaldeide, clorofluorocarburi, radon), che non possono sussistere semplicemente perchè il PSE non le contiene, né i suoi costituenti, carbonio e idrogeno, possono concorrere a formarle.

b) Obiezioni legate alla struttura fisica del PSE

Il PSE oppone una certa resistenza al passaggio del vapore; l'entità è caratterizzata dal valore del coefficiente μ , detto appunto “di resistenza al passaggio del vapore”, che rappresenta lo spessore di aria equivalente, dal punto di vista della diffusione del vapore, ad uno spessore unitario di PSE. Il valore μ del PSE è quello stesso ordine di grandezza di quello dei materiali da costruzione tradizionali e non crea particolari problemi nel controllo dello scambio di umidità fra interno ed esterno attraverso pareti che comprendono uno strato di PSE. Si può dunque dire che una parete isolata con AIPOR “traspira” se non comprende altri strati di resistenza al passaggio del vapore molto maggiore (le cosiddette “barriere al vapore”).

A questa permeabilità al vapore corrisponde una certa permeabilità all'aria, che si può ritenere circa dello stesso ordine di grandezza, quindi del tutto insufficiente, non solo ad assicurare, ma anche soltanto a contribuire in maniera apprezzabile al ricambio d'aria necessario per i locali; questo deve essere assicurato, in modo più o meno controllato, dalle aperture di cui dispone il locale. Accade tuttavia che si faccia confusione fra le due permeabilità, al vapore e all'aria, e si affermi che una parete con PSE non traspira; in realtà nessuna parete, di nessun genere, se ben fatta, contribuisce al ricambio d'aria e quindi questa osservazione è del tutto ingiustificata.

Un'altra obiezione sollevata contro gli isolanti in genere è quella di costituire uno schermo ai campi elettrici e magnetici in cui vivremmo all'aperto; in realtà questi campi esistono e si producono anche all'interno (p.es. per effetto dei vestiti che indossiamo) e se anche avessero qualche influsso sulla salute, positivo o negativo, questo sarebbe ben difficile da mettere in evidenza, sovrapposto agli altri influssi (igrotermici, sonori, da inquinamento, ecc.), ben più importanti, cui siamo costantemente sottoposti.

c) Comportamento dell'AIPOR in caso di incendio

Il comportamento del PSE in caso di incendio può essere visto sia sotto l'aspetto del contributo che esso può dare all'innesco e alla propagazione dell'incendio, sia per quanto riguarda l'emissione di sostanze pericolose durante l'incendio.

Il primo aspetto è più direttamente legato a considerazioni di prevenzione incendi (se, dove, come impiegare un materiale nella costruzione) ed è qui sufficiente ricordare che, per le sue caratteristiche, soprattutto nei tipi RF a ritardata propagazione di fiamma, per le masse modeste impiegate e per i modi consueti della sua inserzione nelle strutture, l'AIPOR presenta, da questo punto di vista, poche limitazioni di impiego.

La tossicità dei fumi è l'altro aspetto dell'incendio, che ha richiamato molta attenzione da qualche tempo, in particolare in relazione al comportamento di vari materiali plastici; ciò ha fatto sì che, anche per questo aspetto, pure il PSE venisse accumulato ai materiali più pericolosi.

In realtà esso risulta uno fra i materiali organici meno pericolosi; in quanto composto di solo carbonio e idrogeno (fig. 14), in presenza di sufficiente aria comburente, i suoi prodotti di combustione sono soltanto anidride carbonica e acqua; con scarsità di aria produce ossido di

carbonio, tuttavia in quantità molto inferiore a quella di altri materiali organici che si trovano comunemente nei locali, come mostra la tabella seguente, che riporta misure della concentrazione di CO in p.p.m. nei fumi, a varie temperature, eseguite secondo DIN 53436.

Anche esperimenti su animali confermano queste osservazioni. Il fumo opaco che si sviluppa nella combustione (in quantità più ridotta nei tipi RF), non rappresenta di solito un problema rilevante, dal momento che il PSE è generalmente non in vista nelle strutture.

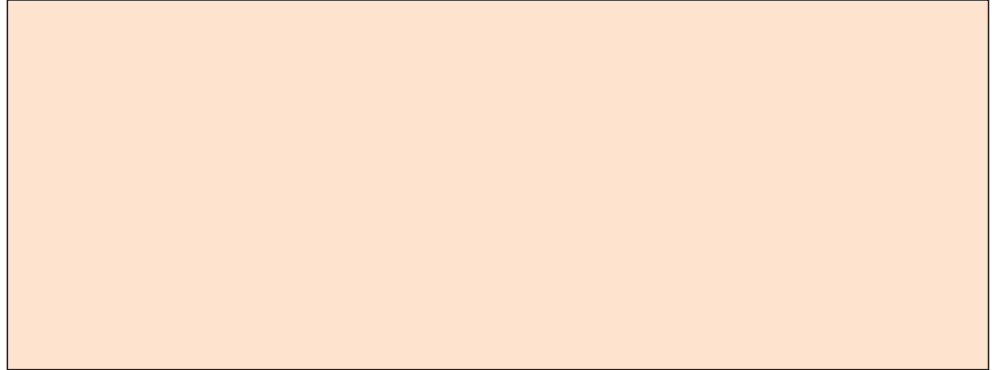


Tabella 11

Lo stirene e la salute dell'uomo

- Lo stirene (il monomero da cui si ricava il polistirene espanso) viene fabbricato su scala industriale da oltre 60 anni ed è utilizzato per la produzione di un'ampia gamma di materie plastiche e gomme.
- Esso è presente anche in natura; lo si può infatti trovare in numerosi alimenti, fra cui fragole, fagioli, noci, birra, vino, semi di caffè e cannella.
- Ricerche approfondite miranti a verificare gli effetti dello stirene sulla natura umana hanno dimostrato che esso è del tutto innocuo in condizioni di utilizzo normali.
- La sicurezza relativa a questo materiale è garantita dalle severe direttive che ne regolamentano la possibile esposizione sul posto di lavoro; in Francia, ad esempio, il massimo livello consentito è di 50 parti per milione (ppm), mentre in Germania è di 20 ppm. I livelli di stirene attuali sono comunque decisamente inferiori a questi valori-soglia.
- Le ricerche volte a identificare i possibili effetti cancerogeni dello stirene negli esseri umani hanno dato esito negativo. Studi di recente pubblicazione eseguiti su 500 operatori esposti per motivi di lavoro allo stirene per un periodo di 45 anni non hanno rilevato alcuna correlazione fra questo materiale e l'insorgenza di patologie cancerose.
- Le autorità governative europee e americane hanno stabilito che lo stirene non ha i requisiti per essere classificato "sostanza cancerogena", e infatti esso non compare nell'elenco della direttiva CEE sulle sostanze pericolose (Dangerous Substances Directive).

Il pentano e la fascia di ozono

Per espandere i granuli di polistirene durante la produzione dell'EPS fino a ottenere la nota struttura alveolare viene utilizzato un propellente privo di CFC detto pentano.

- Il pentano è un liquido lievemente volatile prodotto in continuazione anche in natura, ad esempio dall'apparato digerente degli animali o durante la decomposizione anaerobica di materiale vegetale da parte di microrganismi. Chimicamente appartiene alla stessa famiglia dei più noti gas metano, etano, propano e butano, utilizzati come combustibile per riscaldamento.
- A causa della sua ridotta stabilità, il pentano liberato durante la produzione di EPS viene rapidamente convertito nell'atmosfera in anidride carbonica e acqua attraverso una reazione fotochimica.

-
- Non contenendo cloro, il pentano non può causare danni alla fascia di ozono, a differenza di altri propellenti quali CFC e HCFC.
 - Sebbene il pentano liberato durante la produzione e la lavorazione dell'EPS contribuisca alle emissioni di composti organici volatili di origine sintetica (VOC), il suo contributo si aggira intorno allo 0,2 %. Volendo dare un termine di confronto, si pensi che la decomposizione dei rifiuti domestici provoca la liberazione di quantitativi molto superiori di gas metano.
 - La quantità di CO₂ liberata dal pentano utilizzato per produrre i pannelli isolanti in EPS è insignificante se confrontata alle possibilità di risparmio in termini di emissioni: una volta installati, infatti, i pannelli consentono una riduzione delle emissioni tale da compensare in una sola settimana quelle prodotte durante il ciclo di fabbricazione.

Infiammabilità dell'EPS

- L'applicazione a cui viene destinato un materiale da costruzione influisce sulle probabilità che tale materiale si infiammi e sulla propagazione del calore: sebbene la maggioranza dei materiali da costruzione sia infiammabile, la possibilità che si sviluppi un incendio consistente dipende dalla presenza o meno di ossigeno.
- La potenziale infiammabilità di molti materiali da costruzione e isolamento in EPS viene ridotta al minimo dal tipo di applicazione a cui sono destinati: questi prodotti vengono infatti schermati da lastre di calcestruzzo, installati all'interno dei muri, collocati sotto il pavimento o nel terreno e risultano quindi particolarmente protetti.
- In caso di incendio, i gas emessi dall'EPS non sono sostanzialmente diversi da quelli liberati da altri materiali organici e hanno come componente primario l'anidride carbonica. Sebbene venga emesso anche monossido di carbonio, numerosi studi hanno dimostrato che i gas liberati dalla combustione rapida o lenta dell'EPS non sono più dannosi di quelli prodotti da materiali come il sughero o il legno.
- Qualora si verificasse un incendio, non sono necessarie misure particolari per il trattamento dei residui o dell'acqua utilizzata a scopo di spegnimento: entrambi possono essere smaltiti in normali installazioni municipali.
- L'EPS è disponibile anche a ritardata propagazione di fiamma, aumentando ulteriormente la protezione offerta durante l'installazione.

L'EPS e la natura

A completamento delle informazioni sui rapporti fra il PSE e l'ambiente, può valere la pena di dire qualche parola anche sul rapporto fra PSE e animali e piante.

Non ci piace se topi o uccelli fanno il nido nel Polistirene, ma questo inconveniente può essere facilmente impedito con provvedimenti costruttivi. D'altra parte questo comportamento mostra che gli animali si trovano bene in tale ambiente. Ciò dipende non soltanto dal confortevole calore di tali nidi, ma anche dalla non pericolosità del materiale.

L'istinto degli animali non avrebbe permesso di dimorare in un ambiente, per così dire, velenoso o di fare il nido in tale materiale. Ciò vale in particolare per le api, che sono molto sensibili.

Alveari in PSE favoriscono l'attività di costruzione e di allevamento delle api e contribuiscono ad un sano sviluppo anche delle famiglie deboli. Vasi da fiori e contenitori per piante in PSE, come pure substrati di coltura con PSE vengono impiegati da più di 30 anni.

La letteratura tecnica attesta buone esperienze e risultati nella coltura delle piante e un incremento di crescita anche di specie delicate.

Il granulato di PSE è oggi un ovvio componente del terriccio per vasi e, nelle funzioni di drenaggio e areazione del suolo, contribuisce ad un sano e forte sviluppo delle piante. E ancora conviene ricordare, quando si tratta di dimostrare la non pericolosità per la salute del PSE, che, in base alle leggi sui contenitori alimentari, il PSE è ammesso ovunque, e larghissimamente impiegato, per bicchieri, cassette da pesce e da frutta, vassoi, ecc.

Tabella 12

Dati a confronto	
Lana di vetro e roccia	Coefficiente di conducibilità λ : 0,038 Consumi di energia nella produzione kWh/mc=300
Polistirene espanso (o polistirolo)	Coefficiente di conducibilità λ : 0,035 (alla densità ottimale di 25 Kg/mc). Consumi di energia nella produzione kWh/mc=500
Poliuretano	Coefficiente di conducibilità λ : 0,030 (alla densità ottimale di 30-35 Kg/mc). Consumi di energia nella produzione kWh/mc=300
Pannelli di fibra di legno legata con lignina	Coefficiente di conducibilità λ : 0,050 Consumi di energia nella produzione: molto ridotti. Prodotti con scarti di legno macinati e ridotti a lana di legno, successivamente legati solo con lignina, senza uso di collanti aggiuntivi.
Sughero	Coefficiente di conducibilità λ : da 0,030 a 0,100 (variabile in funzione di densità e di presentazione del materiale: granuli o in pannelli). Consumi di energia nella produzione: kWh/mc=30-60, più altri 30 per espansione dei pannelli.
Pannelli di fibra di legno mineralizzata	Coefficiente di conducibilità λ : da 0,050 a 0,100 (variazioni legate alla densità) Consumi di energia nella produzione: kWh/mc=30-50 Prodotti con scarti o lana di legno legati con magnesite: le fibre sono depauperate delle sostanze organiche, la lignina restante viene impregnata con magnesite (e a volte con cemento).
Fibra di cocco	Coefficiente di conducibilità λ : 0,045 Consumi di energia nella produzione: kWh/mc=30
Fibra di juta	Coefficiente di conducibilità λ : 0,055 Consumi di energia nella produzione: modesti (quantificazione non disponibile).
Lana naturale	Coefficiente di conducibilità λ : 0,033 Consumi di energia nella produzione: modesti (quantificazione non disponibile).
Fiocchi in fibra di cellulosa	Coefficiente di conducibilità λ : 0,032 Consumi di energia nella produzione kWh/mc= 6 È realizzato con carta di giornale riciclata che costituisce quasi l'80% del fiocco) e poi trattata con sali borici a scopo ignifugante e antiparassitario
Vermiculite espansa	Coefficiente di conducibilità λ : 0,059 Consumi di energia nella produzione kWh/mc= 200 Viene realizzata a partire da un silicato di alluminio e magnesioidrato con tracce di ossidi di ferro estratto in blocco e poi trattato ad alte temperature
Perlite espansa	Coefficiente di conducibilità λ : 0,059 Consumi di energia nella produzione kWh/mc= 200 Viene realizzata per espansione della riolite, una roccia vulcanica classificata come "lava di recente effusione", caratterizzata da pori di ridottissime dimensioni e da cellule chiuse.
Argilla espansa	Coefficiente di conducibilità λ : molto variabile in funzione della densità (circa 0,80) Consumi di energia nella produzione: piuttosto elevati (quantificazione non disponibile). L'espansione viene ottenuta con un processo di cottura di granuli di argilla in forni rotanti a 1200 °C.
Pomice naturale	Coefficiente di conducibilità λ : 0,020 Consumi di energia nella produzione: modesti (quantificazione non disponibile).
Vetro cellulare espanso	Coefficiente di conducibilità λ : 0,045 Consumi di energia nella produzione kWh/mc= 800

Esempio applicativo

L'EPS è un espanso che consiste per il 98% di aria e per il quale non è mai stata impiegata l'espansione con CFC. Il consumo energetico primario per la produzione di 1 mc, di Styropor ammonta a circa 200 kWh.

I rifiuti di materiali di isolamento di Styropor sono facilmente riutilizzabili: calcestruzzo poroso, alleggerimento di mattoni, produzione di malta isolante e leggera come pure intonaci per interni ed esterni, allentamento di terreni agricoli sono solo alcuni esempi per questi riutilizzi.

Solo lo 0,07% del consumo complessivo di petrolio viene impiegato per la produzione annua di circa 11 milioni di mc di materiale. Questo petrolio "immagazzinato" sul tetto, sulla parete e sul pavimento fa risparmiare circa 240 volte il peso di petrolio necessario per la relativa produzione. Tre sostanze sono alla base dell'EPS: stirolo, pentano e aria, Stirolo e pentano sono liquidi a temperatura ambiente. Le molecole dello stirolo hanno una naturale tendenza a congiungersi fra di loro in lunghe catene, che costituiscono appunto il polistirolo (dal greco poli = molto).

Al polistirolo viene aggiunto come espandente il pentano. Il pentano è un idrocarburo, che è presente frequentemente in natura.

Esso non rientra fra i gas che provocano effetto serra, e non danneggia lo strato di ozono nella stratosfera.

L'espanso si forma per riscaldamento con vapor d'acqua dei granuli di polistirolo che contengono l'espandente. Per evaporazione dell'espandente il granulato si espande in particelle costituite da celle chiuse che alla fine risulta costituito per il 98% di aria e per il 2% di polistirolo.

Esempi di calcolo:

Come esempio di quanto detto sopra si riporta il consumo medio annuo di petrolio per riscaldamento di una abitazione monofamiliare con 100 m² di superficie abitativa:

	Casa senza isolamento	Casa con isolamento
Spessore dello strato isolante	---	8 cm
Consumo di petrolio	3.500 litri	1.100 litri
Risparmio di petrolio	nessuno	2.400 litri

Tabella 13

L'ecobilancio si dimostra altrettanto valido. Per la produzione del materiale isolante necessario si consumano circa 500 litri di petrolio.

Però nel corso dei 50 anni di "vita dell'edificio" si risparmiano circa 120.000 litri di olio combustibile.

Esempio pratico per una casa monofamiliare

Fabbisogno di riscaldamento annuo prima del risanamento

Ca. 206 kWh/(m².a) = Indice energetico

Dopo coibentazione termica di
soffitto di cantina (60 m²)
pareti esterne (161 m²)
finitura del tetto (72 m²)
con sistemi di coibentazione di Styropor (14 e 16 cm di spessore)

Fabbisogno annuo di calore di riscaldamento dopo risanamento

Ca. 83 kWh/(m².a) = Indice energetico

riduzione 60%

Emissioni annue di CO₂

Prima 12.400 Kg ----- dopo 5.300 Kg

riduzione 57%

Costi di investimento

Costi del materiale Styropor: ca. 4.395,00 DM

Costi di lavorazione dello Styropor: ca. 7.820,00 DM

Costi complessivi della coibentazione con Styropor*** ca. 12.215,00 DM

Tabella 14

*** Non sono considerati: ad es. intonaci, costi di impalcature e rivestimenti, che riguardano ogni tipo di risanamento.

Esempio pratico per una casa di tre famiglie
<p><i>Fabbisogno annuo di calore di riscaldamento <u>prima</u> del risanamento</i></p> <p>Ca. 233 kWh/(m².a) = Indice energetico</p> <p>Dopo coibentazione di soffitto di cantina (100 m²) facciate esterne (174 m²) soffitto di tetto non rifinito (130 m²) con sistemi di coibentazione Styropor (spessori di 14 e 16 cm)</p>
<p><i>Fabbisogno annuo termico di riscaldamento <u>dopo</u> risanamento</i></p> <p>Ca. 75 kWh/(m².a) = Indice energetico</p> <p>riduzione 66%</p>
<p><i>Emissioni annue di CO2</i></p> <p>Prima 29.050 Kg ----- dopo 10.970 Kg</p> <p>riduzione 62%</p>
<p><i>Costi di investimento</i></p> <p>Costi del materiale Styropor: ca. 6.060,00 DM Costi di lavorazione dello Styropor: ca. 10.775,00 DM Costi complessivi della coibentazione con Styropor*** ca. 16.835,00 DM</p>

Tabella 15

Esempio pratico di una casa multifamigliare - 12 abitazioni

Fabbisogno annuo di calore di riscaldamento prima del risanamento

Ca. 239 kWh/(m².a) = Indice energetico

Dopo la coibentazione termica di
soffitto di cantina (328 m²)
facciate esterne (620 m²)
soffitto di tetto non rifinito (328 m²)
con sistema di coibentazione Styropor (spessori 14 e 16 cm)

Fabbisogno annuo termico di riscaldamento dopo risanamento

Ca. 65 kWh/(m².a) = Indice energetico

riduzione 72%

Emissioni annue di CO₂

prima 82.050 kg ----- dopo 24.300 kg

riduzione 70%

Costi di investimento

Costi del materiale Styropor: ca. 19.200,00 DM
costi di lavorazione dello Styropor: ca. 34.030,00 DM
costi complessivi di coibentazione con Styropor*** ca. 53.230,00 DM

Tabella 16

6 - Sistemi costruttivi innovativi con EPS

L'innovazione tecnologica in edilizia può essere analizzata da diversi fronti ma indubbiamente una considerazione li percorre trasversalmente in modo unanime:

il concetto di innovazione ha trovato solo spazio per la riduzione dei costi di costruzione.

Oggi questa tendenza sembra lasciare qualche spiraglio a soluzioni che vedono l'utente come elemento beneficiario di quanto proposto e ricercato. Anche le esigenze, così differenziate, pongono l'accento sulle prestazioni dei singoli elementi utilizzati nella progettazione dell'edificio che creano inevitabilmente soluzioni schematiche da cui è difficile uscirne. Una progettazione consapevole è certamente la chiave di lettura più soddisfacente che vede però come barriera una conoscenza approfondita dei componenti a tecnologia innovativa e la loro relativa ottimale applicazione. Un edificio non è mai eguale all'altro e ciò non vale solo da un punto di vista formale, ma anche per ciò che attiene al suo comportamento, attraverso il quale si esprime la sua qualità, e che dipende dalla sua reattività attiva o passiva rispetto alle specifiche condizioni contestuali. Si pone pertanto il problema progettuale di come rapportare i comportamenti del sistema tecnologico ai precisati obiettivi di qualità ambientale. In termini generali, si può osservare che alla componentistica ad alta complessità funzionale si sostituiscono oggi prodotti frequentemente monofunzionali che riportano sul momento progettuale il compito di decidere la logica di combinazione in soluzione tecnica degli elementi componenti, che amplia e complessifica i modelli funzionali di riferimento e che mette a disposizione ampi fronti all'innovazione tecnologica e allo sviluppo di nuovi sistemi. La progettazione integrata diventa perciò tema di importanza fondamentale. Contributi all'innovazione nelle costruzioni edili possono derivare da settori come: energetica, informatica, telematica, chimica avanzata, scienze biologiche e sociologiche, economia e management; ciò in conformità col progresso tecnologico generale, che vede i risultati maggiormente significativi più nelle tecnologie di controllo che in quelle di esecuzione. Il vero ruolo innovativo è così assunto dagli aspetti organizzativi del processo, anche in relazione a nuovi strumenti conoscitivi e decisionali a disposizione, e a nuovi approcci metodologici. Elemento indispensabile è l'aggiornamento delle conoscenze: ciò, mediato da sistemi esperti e banche dati, è spesso reso possibile dalla retroazione di giudizi di qualità ottenuti da procedure valutative. Numerosi aspetti vengono evidenziati dalle tecniche e soluzioni costruttive oggi emergenti. Si possono citare metodologie definite ancora col termine di "solare passivo" o meglio di interazioni con il clima oppure costruzioni "Eco-compatibili" che includono aspetti molto più generali.

A proposito di questi ultimi è ragionevole proporre un elenco di caratteristiche che devono essere analizzate:

- 1** ottimizzazione nell'uso delle risorse
- 2** contenimento e recupero degli scarti e recupero di materiali di demolizione
- 3** riciclo dei materiali
- 4** risparmio energetico
con i seguenti fattori:
 - consumo energetico alla produzione
 - consumo energetico alla distribuzione
 - consumo energetico durante l'edificazione
 - consumo energetico durante la vita dell'edificio
 - consumo energetico alla fine della vita dell'edificio
- 5** riduzione dell'inquinamento atmosferico

Le soluzioni che vengono esposte sono perfettamente in linea con quanto sopra riportato intendendo quindi con il termine "Eco-compatibile" un sistema che permetta di realizzare un edificio in grado di apportare un contributo positivo all'ambiente sia interno sia esterno.

I sistemi costruttivi in EPS che vengono riportati rappresentano un esempio ragionato di tecnica

e di innovazione utilizzando un materiale come l'EPS in funzione delle applicazioni e quindi non certamente esaustivi di tutte le soluzioni che il mercato può offrire.
La suddivisione è realizzata in base all'utilizzo e quindi all'installazione:

1 Copertura

2 Tamponamenti esterni verticali

3 Solaio

4 Impianti

5 Edificio

sistema integrato per la realizzazione di edificio prefabbricato

Aziende di cui si riporta il prodotto specifico per applicazione:

1 Copertura

2 Tamponamento

3 Solaio

4 Impianti termici

5 Edificio

Termocasa Impianti

Le aziende citate sono state scelte come esempio senza per questo dimenticare quanto viene svolto e prodotto a sostegno dell'EPS da parte di tutte le associate le quali risultano essere:

Soci Ordinari

AE CURTA SAS

ALPEA SPA

*KNAUF CANTARANA SPA

APEMILANO SPA

BERGAMO ESPANSI SRL

*DE BERG SRL

DEVI SPA

ERIDIA IMBALLI SPA

FAB ESPANSI SNC

M.P.E. SPA

POLIESPANSO SRL

*POLIFOAM QUISTELLESE SNC

POLIPLAST SRL

*SIPE SPA

*SIRAP GEMA INTERNATIONAL S.A.

*SIVE SPA

VIPAK SRL

EUROPAK SPA

POLIELIT SRL

*REXPOL SRL

STS POLISTIROLI SRL

C.P.E. SCRL

CCPL SCRL

*DI-BI SPA

G.P.E. SRL

POLIRAMA SPA

POLISSETTE SRL

BAZZICA SRL

*SULPOL SRL

ISOPAK ADRIATICA SPA

*PORON ITALIANA SUD SRL

SO.G.I.T. SRL

*POLIBECK SRL

POLI SUD SNC

*EUROPLAST SRL

EDILMODERNA SRL

TURRIS ESPANSI S.C.R.L.

* Soci Ordinari in possesso del marchio di conformità IIP-UNI e del marchio AIPOR

Soci Sostenitori

BASF ESPANSI SPA
B.P. ITALIA SPA
ENICHEM SPA
HÜLS ITALIA SPA
SHELL ITALIA SPA
SUNPOR KUNSTSTOFF
HUNTSMAN CHEMICAL COMPANY FRANCE

Soci Aderenti

A.M.D. SNC
BERNDORF ITALIA SRL
DEVEP DI POZZI E.& C. SNC
KURTZ ITALIA SRL
NUOVA ADLER SRL
NUOVA IDROPRESS SPA
PLASTEDIL SA
POLI-MEC SAS
PROMASS SRL
TECNODINAMICA SRL

Sistemi isolanti per edilizia

EURODESE SYSTEM SRL

Associazioni

I.V.H. INDUSTRIEVERBAND HARTSCHAUM
ANAPE - ASSOCIACION NACIONAL DE POLISTIRENO EXPANDIDO

I componenti presentati si trasformano in sistemi se inseriti in un contesto costruttivo generale ma diventano quasi “oggetti” se estraniati dall’edificio.

Sembra esistere una sorta di inconsapevole progettazione dell’elemento in EPS che scaturisce dal componente senza che a questo venga richiesta una specifica forma o vi sia una ricerca del suo design.

È in ogni caso interessante percorrere il sentiero tracciato dai dieci esempi sopra riportati per evidenziare anche la forza espressiva, a volte velata dalla prestazione cercata, dell’EPS che si ritrova essere materiale formato per poi non essere più visto e scomparire all’interno dell’involucro.

È un vero peccato non poter essere a contatto con questo materiale e questa forma durante la propria vita e l’uso quotidiano.

I dieci componenti sono accomunati da quattro caratteristiche principali che si manifestano direttamente nell’utilizzo:

1 Tecnologia

L’elemento si produce con tecniche affidabili e con costi limitati

2 Comunicatività

L’elemento comunica al progettista, all’utilizzatore in modo preciso, chiaro e sintetico quali siano i ruoli svolti.

3 Uso

L’elemento svolge il proprio compito in modo da soddisfare pienamente alle esigenze del relativo utilizzo.

4 Dopo-uso

L’elemento è in grado di essere ripreso, riciclato e/o riutilizzato in forma ed applicazioni molto diversificate.

L'AIPE - Associazione Italiana Polistirolo Espanso - è una associazione senza fini di lucro costituita nel 1984 al fine di tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e di svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico AIPOR munite di Marchio UNI - IIP di conformità alla norma UNI 7819 che a quello della produzione di manufatti destinati all'azienda e all'imballaggio.

Dal maggio 1994, a sottolineare l'impegno dell'associazione per una sempre maggiore rappresentatività sul mercato, è in vigore il nuovo statuto che apre l'adesione all'AIPE a tutti i produttori di semilavorati e manufatti in polistirene espanso, anche se non ancora dotati di marchi di qualità certificata.

Fanno pure parte dell'AIPE le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee.

Un ultimo gruppo di soci è costituito dalle aziende fabbricanti di attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato.

L'AIPE, con la collaborazione delle aziende associate, ha creato una rete che provvede alla raccolta e al riciclo di imballi e scarti di polistirene espanso. A livello internazionale l'AIPE rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS - European Manufactures of Expanded Polystyrene -, associazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

L'AIPE, che opera secondo il principio fondamentale della qualità dei prodotti, fornisce agli utilizzatori una informazione seria ed obiettiva sulle caratteristiche e prestazioni dei semilavorati e manufatti in polistirene espanso sinterizzato di qualità.

AIPE - ASSOCIAZIONE ITALIANA POLISTIROLO ESPANSO

Via M. U. Traiano 7 - 20149 Milano

Telefono: 02/33606529- Telefax: 02/33606604

aipe@epsass.it

<http://www.epsass.it>