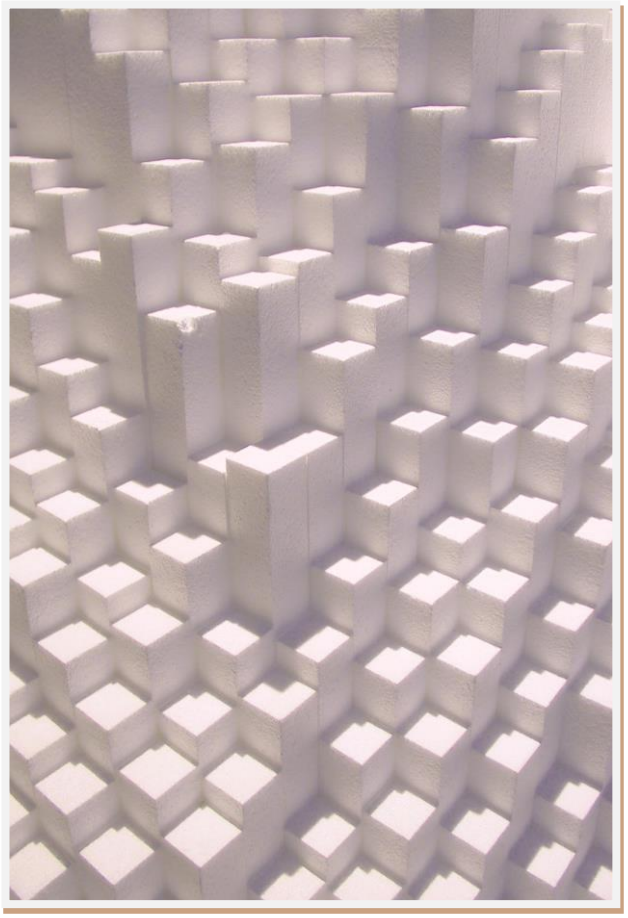
AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

L'USO DEL

POLISTIRENE ESPANSO

SINTERIZZATO

IN EDILIZIA



RIFLESSIONI SU UN MATERIALE ECOLOGICO

INDICE

1. La consapevolezza del peso ambientale dell'EPS
2. Il materiale: l'EPS
3. La produzione
4. L'utilizzo
5. Il Post-uso
6. Il ciclo di vita
7. Perché l'EPS è un materiale sostenibile
8. Le pubblicazioni di AIPE

Nota integrativa

IL PRESENTE DOCUMENTO E' STATO REALIZZATO CON IL CONTRIBUTO E LA COLLABORAZIONE DI TUTTE LE AZIENDE ISCRITTE AD AIPE, SIA PRODUTTORI DI MATERIE PRIME CHE TRASFORMATORI.
I DATI RELATIVI AL CICLO DI VITA E AGLI IMPATTI AMBIENTALI SONO STATI ELABORATI DA LCE – TORINO.

1. LA CONSAPEVOLEZZA DEL PESO AMBIENTALE DELL'EPS

L'EPS è un polimero che nasce per isolare.

Utilizzato negli edifici e nell'imballaggio con finalità differenti, ma pur sempre di isolamento si tratta.

Ogni nostra attività deve essere accompagnata dalla consapevolezza di operare nel migliore dei modi.

La definizione di "**sostenibile**" è sufficientemente conosciuta, adottata e condivisa:

operare oggi per garantire il futuro.

L'edilizia è entrata in questi ultimi anni in forte discussione e giustamente si sono evidenziate le mancanze che il nostro comparto produttivo ha dimenticato per essere sostenibile. Le nuove direttive e i nuovi regolamenti impongono un rigore che nella nostra Nazione non sono mai stati affrontati , mentre oggi vi è la consapevolezza di cosa significhi isolare e costruire bene.

Che cosa sia sostenibile è certamente complesso, ma si deve forzatamente semplificare: pochi concetti chiari e applicati bene.

Come premessa a tutto quanto verrà analizzato in questo documento in merito all'EPS si riportano due esempi di come il concetto di sostenibilità potrebbe essere utilizzato, affrontato e discusso:

- Tazzina da caffè:
  è più sostenibile un contenitore "usa e getta" riciclabile totalmente o una tazzina riutilizzata e lavata in continuazione?
- Asciugamani in bagno pubblico:
  è più sostenibile un'asciugatura ad aria calda o con salviette di carta?

Le risposte possono essere date solo con un'analisi completa, razionale e supportata da protocolli condivisi e normati. Di certo il ciclo di vita risponde a quanto sopra in modo esaustivo per le conoscenze che il mondo scientifico riesce oggi a mettere in campo.

La sostenibilità di un materiale da costruzione inoltre deve rispondere ad un concetto basilare: **durata prestazionale**.

Molti operatori considerano il materiale o prodotto in fase iniziale dimenticando che dopo alcuni anni di utilizzo si trasforma e le prestazioni variano.

Esempi reali e verificati di tali comportamenti sono sotto gli occhi di tutti gli operatori.

Il presente documento permette quindi al progettista, al costruttore e all'utente di percorrere tutto il ciclo di vita dell'EPS in modo trasparente e verificabile per giungere alla conclusione che l'EPS è un materiale sostenibile.

2. IL MATERIALE: L'EPS

COSA E' IL POLISTIRENE ESPANSO

Il polistirene deriva dallo stirene.

Lo stirene non deriva solo dal petrolio, ma proviene da molte fonti differenti.

Lo stirene è stato classificato come cancerogeno 2 B ("possibly cancinogenic to humans") dello IARC, ma questa classificazione non è stata accettata dalle autorità europee e dal Reach.

Si deve distinguere un prodotto di sintesi da un prodotto sinterizzato.

Il primo processo permette la reazione di più materiali per ottenerne uno finale, mentre la sinterizzazione è il processo di saldatura a cui vengono sottoposte le palline espanse di polistirene per ottenere l'EPS.

Per produrre l'EPS non sono mai stati utilizzati CFC e CO_2.

Tutti i polimeri di maggior utilizzo derivano dal petrolio, la grande maggioranza non viene recuperata, riutilizzata o riciclata.

L'EPS viene recuperato, riciclato e termovalorizzato con grande efficienza.

Tra i materiali polimerici l'EPS certamente rappresenta una singolarità:

- leggerezza, la massa volumica è dell'ordine del 15-20 Kg/m^3 a paragone di altri che presentano valori di 10 volte superiori.
- altamente isolante, presenta valori fino a λ= 0,030 w/m^2K
- può contenere una quantità elevata di materiale di riciclo senza variare sensibilmente le proprie proprietà termiche e meccaniche.
- durata, presenta una durata prestazionale superiore a 50 anni; ovvero il valore di λ non degrada nel tempo
- materiale che assorbe pochissima umidità e quindi mantiene valori isolanti di rilievo anche in condizioni critiche di utilizzo
- materiale permeabile al vapore alla stregua dei materiali da costruzione più tradizionali
- impatto ambientale del trasporto, essendo un materiale leggero non viene trasportato per migliaia di chilometri, ma la produzione è localizzata
-materiale polimerico nella fase di utilizzo non contiene prodotti cancerogeni.

A. USA ADDITIVI E CATALIZZATORI ECOLOGICI

Per la produzione di EPS non vengono utilizzati catalizzatori ai metalli pesanti e per informazioni dettagliate sulla catalisi dei perossidi si rimanda alle trattazioni specifiche.

Inoltre gli additivi utilizzati non rimangono assolutamente nel prodotto finale.

Si deve sottolineare che nella produzione dell'EPS non si sono mai utilizzati gas CFC.

B. ENERGIA CONSUMATA DAL PROCESSO PRODUTTIVO

Il processo di produzione dell'EPS utilizza una quantità di energia che deve essere posta in relazione alla quantità di materiale utilizzato a pari livello con quanta consumata da materiali alternativi.

Per le quantità utilizzate si rimanda al paragrafo "ciclo di vita".

C. RISCHI NEL TRASPORTO E STOCCAGGIO DELLA MATERIA PRIMA

Le modalità di trasporto e stoccaggio dello stirene (che a volte non viene trasportato essendo prodotto negli stessi siti che lo utilizzano) sono identici al trasporto di un qualunque carburante infiammabile (gasolio, benzina) e pone lo stesso livello di rischio.

Non risponde al vero che la combustione di stirene produca acrilonitrile o butadiene. I principali prodotti di combustione sono anidride carbonica e acqua, ossido di carbonio se in difetto di ossigeno. I fumi prodotti in condizioni di combustione non ideale sono prodotti di frammentazione e ossidazione della catena polimerica, ma la varietà di questi prodotti è considerata superiore nella combustione delle sostanze naturali come il legno.

L'isolamento termico ha un effetto estremamente positivo sulla riduzione delle emissioni di CO_2 e tutto l'EPS installato nel mondo coopera in maniera rilevante a ridurre queste emissioni.

D. LE SOSTANZE DERIVATE DAL PETROLIO, IL BUCO NELL'OZONO, L'EFFETTO SERRA

L'isolamento termico ha un effetto estremamente positivo sulla riduzione delle emissioni di CO_2. L'EPS utilizzato come materiale isolante coopera in maniera rilevante a ridurre queste emissioni in atmosfera. È certamente più efficace utilizzare una piccola percentuale di petrolio per risparmiarne una grande quantità.

E. PUÒ NUOCERE ALLA SALUTE

Non devono essere confuse le caratteristiche dello stirene con quelle del polistirene. Le eventuali accuse potrebbero riguardare lo stirene e non il polistirene. Il pubblico non è esposto a quantità pericolose di stirene emesso dalle applicazioni in isolamento. Lo stirene è una sostanza anche di origine naturale (ad es. presente nel caffè, nella cannella, nelle fragole) e l'organismo umano è in grado di metabolizzarla senza danni. Le esposizioni avvengono semmai in ambiente di lavoro, ma esistono dei limiti di legge al di sotto dei quali l'esposizione è ritenuta accettabile.

Le esposizioni più dannose allo stirene provengono dal traffico veicolare e da adesivi, e certamente non da emissioni da EPS.

Lo stirene non è ritenuto cancerogeno in Europa. L'industria negli Stati Uniti sta contestando la classificazione data da NTP in quanto basata su una interpretazione carente dei dati scientifici.

Sebbene esistano dati sulla presenza di ossido di stirene nel sangue di persone esposte, dalle conoscenze attuali l'uomo produce poco ossido di stirene e lo detossifica rapidamente. Questo è stato confermato indirettamente da diversi studi epidemiologici, tra cui uno condotto dallo IARC: Kogevinas et al, 1993, 1994°, b.

Riguardo all'attività di interferente endocrino (stirene e HBCD) si segnala che attualmente la Comunità Europea non ha ancora definito criteri approvati per la definizione di modulatore endocrino. Inoltre l'HBCD non viene impiegato nell'EPS per alimenti e non viene rilasciato dalle lastre per isolamento.

Mentre è corretto dire che l'EPS è un materiale combustibile è del tutto errato indicare che è "altamente infiammabile" in quanto si impiega EPS autoestinguente.

Riguardo all'HBCD tutte le osservazioni si sono rese del tutto obsolete visto che si parla di una sostanza in fase di autorizzazione nel REACH e in via di sostituzione da parte di produttori e utilizzatori.

È assolutamente fuorviante, parziale e scorretto, affermare che in un incendio in cui è coinvolto l'EPS si formi ossido di carbonio e che questa possa essere la causa di morte e che questo gas si sprigioni esclusivamente dal polistirene: in tutti i processi di combustione si ottiene CO_2 – CO per carenza – 0_2 non solo bruciando EPS. L'ossido di carbonio inoltre, più che un effetto narcotico esplica un avvelenamento influendo l'efficacia dell'emoglobina nel trasporto dell'ossigeno.

I materiali che compongono i mobili, le suppellettili, i rivestimenti, tessuti, ecc. ecc. presenti in un edificio producono ossido di carbonio e anidride carbonica se coinvolti in un incendio, quindi non si può limitare l'utilizzo del solo EPS e non degli altri materiali.

Le considerazioni su diossine e furani sono marginali in quanto in caso di incendio il pericolo è costituito dal calore, dai danni strutturali, dai fumi di tutti i combustibili presenti e da eventuali tracce di diossine e furani, mentre è sempre da dimostrare che provengano dal polistirene e non da qualche altro materiale molto poco o nulla aggiungono al rischio generale.

F. LIMITI DI APPLICABILITA'

Ogni considerazione legata ai limiti di applicabilità è assolutamente e immediatamente smentita dal grande successo pluridecennale dell'isolamento termico in EPS nel mondo inoltre l'esposizione dell'EPS a temperatura produce delle variazioni dello stato fisico mentre il polistirene il polistirene espanso non contiene "sostanze infiammabili e tossiche".

G. LA SOSTENIBILITA' SOCIALE

La sostenibilità di un materiale dipende da tre aspetti: l'aspetto funzionale, quello ambientale e quello "sociale". L'EPS è socialmente sostenibile perché fa parte dei materiali che oggi sono considerati tradizionali, come il cemento armato.

Gli aspetti funzionali della sostenibilità inducono a considerare che altri materiali isolanti considerati più eco-compatibili evidenziano un consumo energetico bel più elevato dell'EPS.

Tali isolanti non derivano dal petrolio, ma ne consumano una quantità ingente per la produzione dell'energia che permette di realizzare il materiale.

3. LA PRODUZIONE

Il Polistirene (EPS) è una delle principali materie plastiche che ad oggi derivano dal petrolio (figura 1).

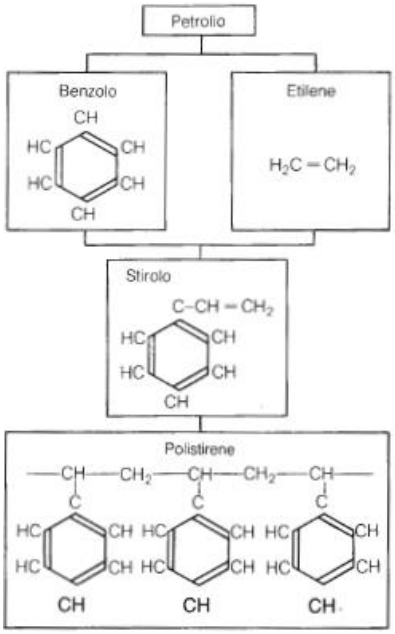


Fig. 1

Allo stato compatto il Polistirene è un materiale rigido, incolore, trasparente, che è la base per applicazioni molto diversificate.

Il Polistirene Espanso EPS è una delle forme più importanti in cui viene impiegato il Polistirene.
Per ottenere l'EPS 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 EPS, 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/m^3, ma quella apparente delle perle in mucchio è di circa 650 Kg/m^3.
E' questo il materiale da cui si parte per produrre l'EPS con il processo più avanti descritto.

IL PROCESSO DI PRODUZIONE DEL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO

La produzione dei semilavorati e manufatti avviene in tre stadi principali (Fig. 2).

PRE-ESPANSIONE: le perle di PS espandibile vengono pre-espanse, 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 2050 volte il loro volume iniziale.

MATURAZIONE: le perle pre-espanse devono stazionare un certo tempo in sili arieggiati. Con il raffreddamento i residui di espandente e di vapore acqueo vengono sostituiti dall'aria.

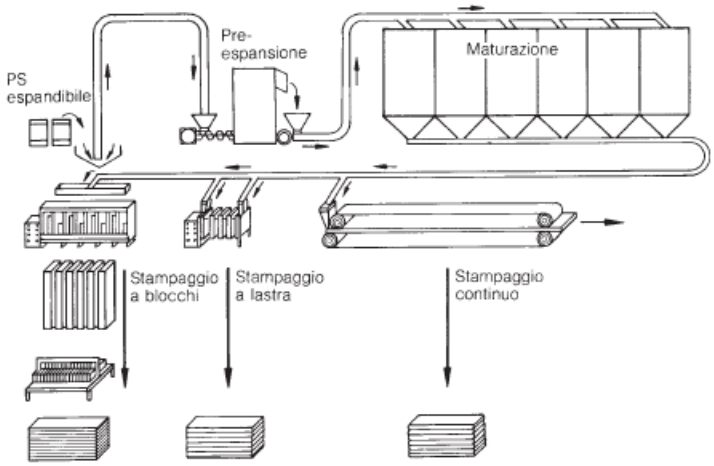


Fig. 2

STAMPAGGIO: le perle pre-espanse e stabilizzate possono ora essere trasformate in manufatti o semilavorati in vari modi:

1) Stampaggio di blocchi e taglio a lastre

2) Stampaggio di lastre e altri manufatti

3) Stampaggio continuo

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 espanse del diametro di 7-10 mm, unite fra loro soltanto nei punti di contatto mediante una saldatura di estensione più limitato con speciali collanti; le lastre hanno cosi una elevata porosità, che permette la permeabilità all'acqua voluta per questa applicazione.

La quantità di pentano emessa durante la produzione di EPS varia in funzione della massa volumica finale del prodotto ottenuto, dal tipo di pre-espansore utilizzato, tempo di invecchiamento e temperatura di condizionamento, condizioni dell'ambiente di stoccaggio, spessore delle lastre ecc.

In accordo con una politica ambientale sempre più attenta, si evidenzia innanzitutto che per la produzione di manufatti in EPS viene sempre più impiegata una materia prima (polistirene espandibile) con un basso contenuto di pentano, in media una quantità pari al 4% in peso, e non più contenente il 6% in peso.

Inoltre sono da considerare i sistemi di recupero-abbattimento del pentano messi in atto dalle aziende trasformatrici di EPS, le quali prevedono la raccolta e la cattura in corrispondenza dei punti più critici e di maggior concentrazione del pentano e il successivo trattamento mediante l'impiego di soluzioni tecnologiche-impiantistiche di ultima generazione.

Tra questi si cita ad esempio l'utilizzo di un sistema per il recupero del vapore acqueo derivante dal processo produttivo, che viene raccolto nel condensatore del gruppo del vuoto, la separazione del pentano e del vapore condensato, quest'ultimo re-impiegato per il riscaldamento degli ambienti. Altre tecnologie, tutte contemplate nelle migliori tecnologie disponibili per la riduzione dell'inquinamento atmosferico prodotto dagli impianti produttivi, prevedono abbattitori a carboni attivi, ad umido oppure l'impiego di un combustore termico recuperativo (o rigenerativo) per il recupero di energia.

Le emissioni di pentano durante il processo di trasformazione dell'EPS presentano quindi valori ben al di sotto del valore limite ammesso per legge, sia per quanto riguardano gli ambienti interni di lavoro sia quelli esterni di scarichi in atmosfera, come attestano le analisi e i monitoraggi realizzati da AIPE presso gli stabilimenti di alcune aziende associate.

4. L'UTILIZZO

L'EPS è un materiale con prestazioni così diversificabili da essere utilizzato in molti elementi della costruzione. La facilità di installazione e la durata delle prestazioni ne fanno il materiale più utilizzato come isolante e come protezione per molti elementi costruttivi. La diffusione dell'EPS è supportata da alcune caratteristiche che risultano dalle verifiche prestazionali:

Aspetto e struttura

Le lastre e gli altri manufatti di EPS sono oggetti leggeri, la cui massa volumica è compresa generalmente fra 10 e 40 kg/m^3; 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 l'EPS è formato, sono essenzialmente chiuse e impermeabili.

CONDUTTIVITA TERMICA

La caratteristica più importante dell'EPS 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 l'EPS è costituito per il 96-99% di aria, chiusa in cellette di piccole dimensioni.

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 dell'PSE è pressoché indipendente dalla massa volumica e varia quasi linearmente da 1,2 KJ/kg·K a 20°C a 20,8 KJ/kg·K a –60°C.

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 l'EPS il valore di μ è compreso entro limiti che vanno crescendo con la massa volumica, come mostra la tabella seguente.

Resistenza alla diffusione del vapore dell'EPS

Massa volumica (kg/m³)	μ minimo	μ massimo
15	20	40
20	30	50
25	40	70
30	50	100
35	60	120

ASSORBIMENTO D'ACQUA

Il comportamento dell'EPS a fronte dell'acqua non dà adito a limitazioni per gli impieghi edilizi e per l'isolamento termico in particolare. L'acqua non scioglie l'EPS, 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 EPS 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 la densità 15 e al 3% per la densità 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.

COMPORTAMENTO ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE

Sollecitazioni di breve durata. La tabella seguente riporta una sintesi dei valori delle caratteristiche di risposta dell'EPS alle sollecitazioni meccaniche di breve durata a temperatura ambiente. I valori effettivi di prestazioni fisico-meccaniche dell'EPS sono riscontrabili mediante la norma europea di prodotto EN 13163 per applicazioni come materiale isolante.

Caratteristiche meccaniche dell'EPS in N/mm^2 (1)

Massa volumica in Kg/m^3 (valore indicativo)	15	20	25	30	35
Sollecitazione di compressione al 10% di deformazione	> 0,05	> 0,10	> 0,14	> 0,18	> 0,22
Resistenza a trazione	> 0,13	> 0,17	> 0,22	> 0,32	> 0,40
Resistenza a flessione	> 0,075	> 0,15	> 0,20	> 0,24	> 0,35
Resistenza al taglio	> 0,05	> 0,075	> 0,10	> 0,12	> 0,18
Modulo elastico a compressione	4,00	5,00	6,00	7,00	9,00

(1) 1 $N/mm^2 \simeq 10$ Kg/cm^2 *(Valori medi da dati di bibliografia)*

Sollecitazioni d'urto

l'EPS, sottoposto ad urto, per le sue caratteristiche elastiche, è in grado di decelerare gradualmente la massa urtante, restituendo soltanto una frazione dell'energia d'urto. Tale comportamento spiega perché l'EPS è oggi uno dei materiali più impiegati per l'imballaggio.

Vibrazioni e rumore

La resistenza a vibrazioni e scuotimenti dell'EPS è eccellente, in relazione al suo comportamento elastico-tenace; questa caratteristica è generalmente poco interessante per Ie applicazioni edilizie e molto di più per gli imballaggi.

La stessa caratteristica elastica rende l'EPS di scarso interesse per le applicazioni di assorbimento dei rumori aerei. Invece lo speciale tipo di EPS 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".

Influenza della temperatura sul comportamento meccanico

Le temperature massime sopportabili dall'EPS dipendono, come per tutti i termoplastici, dalla durata e dall'intensità della sollecitazione. Senza sollecitazione e per breve tempo l'EPS sopporta temperature di 95-100°C (p. es. all'atto dell'applicazione di un bitume caldo. Sotto un carico permanente di 20 KN/m^2 la temperatura limite scende a 80-85°C (75-80°C per l'EPS 15).

COMPORTAMENTO AGLI AGENTI CHIMICI

L'EPS non è intaccato dai materiali da costruzione correnti; la tabella 7 dà un quadro del comportamento dell'EPS a contatto di molti gruppi di sostanze. Particolare attenzione deve essere posta al contatto con vernici, collanti, impermeabilizzanti, che possono contenere solventi del Polistirene.

COMPORTAMENTO BIOLOGICO

L'EPS non costituisce nutrimento per alcun essere vivente, microrganismi compresi, quindi non marcisce o ammuffisce.

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 (tensioni, 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 dell'EPS mostra che esso può garantire per un periodo illimitato le prestazioni che gli vengono richieste. Ciò è dimostrato da 50 anni di esperienza applicativa su scala vastissima e in particolare da numerose verifiche delle caratteristiche, effettuate su EPS in opera da decenni.

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

Questa radiazione, cui l'EPS 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

L'EPS, 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 un'accensione.

La successiva propagazione della fiamma avviene spontaneamente nell'EPS normale, se vi è sufficiente apporto di ossigeno, mentre nell'EPS a migliorato comportamento al fuoco (EPS/RF), ottenuto con opportuni additivi, la propagazione cessa al venir meno della causa di innesco.

Le normative distinguono il comportamento dei materiali combustibili con una opportuna classifica.

L'EPS nudo si colloca generalmente nelle classi E oppure D e superiori se rivestito (secondo EN 13501-1).

Le norme applicative prescrivono i limiti di impiego di ciascuna classe nei singoli casi.

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

1) L'EPS 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 dell'EPS.

Il materiale, fondendo, tende poi a ritrarsi dalla sorgente di innesco, anche di una certa intensità; quindi in particolare l'EPS/RF brucia in effetti soltanto in un incendio generalizzato.

2) Il contributo dell'EPS in termini di bilancio energetico di un incendio, è modesto, in relazione alla sua bassa massa volumica: 1 dm^3 di EPS da 15 kg/m^3 ha un potere calorifico di 590 J contro 9200 J dello stesso volume di legno di abete.

3) L'EPS 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 tabella seguente (prova del Laboratorio Chimico di Stato di Vienna, secondo DIN 53436:
provini da 300x15x10 mm, temperatura 600°C, portata d'aria 100 l/h).

Componenti tossici dei gas combusti di materiali da costruzione (p.p.m.)

Materiale	Ossido di Carbonio	Stirolo	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	—

5) La produzione di fumi opachi dell'EPS/RF è più ridotta di quella dell'EPS 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 EPS, in caso di incendio, dipende essenzialmente dal tipo di fissaggio. Le parti o le gocce fuse che cadono 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 dell'EPS si avvicinano a quelle dell'aria, che costituisce la maggior parte del suo volume (costante dielettrica e=1,04).

<u>Analisi della fase di utilizzo</u> permette di affrontare inoltre alcune tematiche primarie:

A. Emissioni di VOC
B. Comportamento estivo degli edifici ovvero il comfort durante la stagione estiva
C. La durata delle prestazioni
D. Emissioni di fibre pericolose

A. Emissioni di VOC

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'ambiente 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; poiché 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 poiché 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.

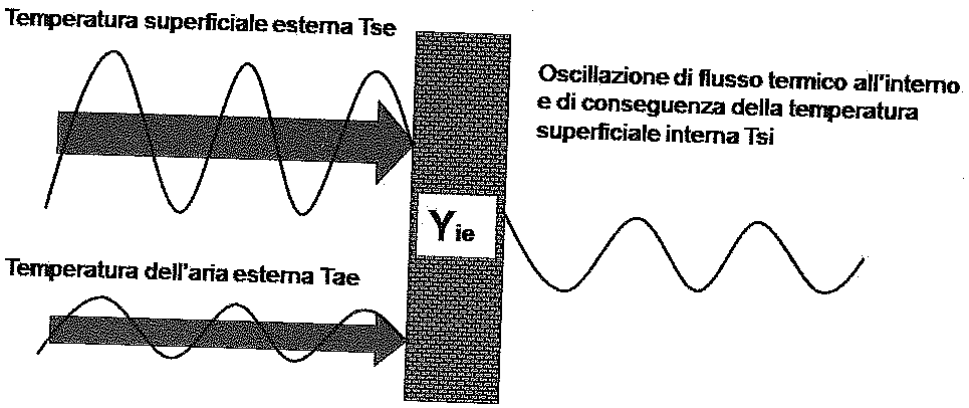
Obiezioni legate alla costituzione chimica del Polistirene Espanso.

L'EPS è un polimero, formato dall'unione di tante molecole di un monomero, lo stirolo, che è un idrocarburo aromatico, cioè un composto di 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/m3 (50 p.p.m.) secondo i valori americani recepiti dai nostri contratti di lavoro. Il processo di taglio dei blocchi di EPS in lastre con l'usuale metodo del filo caldo provoca 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. Studi svedesi e americani su lavoratori esposti a queste condizioni ambientali non hanno messo in evidenza alcun fattore di rischio ad esse collegato. Poiché 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.

B. Comfort estivo – Regime estivo e inerzia termica

Gli elementi di tamponamento dell'edificio, siano essi pareti o coperture, sono sempre soggette a sollecitazioni termiche che provocano un flusso di calore variabile nel tempo.

- Nel periodo invernale: condizioni stazionarie, temperature e flussi di calore possono essere considerati costanti → U
- In estate: le condizioni al contorno sono variabili (temperatura aria esterna e irraggiamento solare) per cui la struttura deve quindi essere analizzata con una **modalità** «**dinamica**»



L'andamento giornaliero delle temperature esterne in estate può essere modellizzato tramite un'onda termica sinusoidale con periodo di 24 h che oscilla tra valori minimi e massimi

L'inerzia termica è una proprietà che influenza il comportamento termico dinamico della parete, cioè la capacità di reagire a sollecitazioni di temperatura variabili nel corso del tempo.

- Questo requisito è tanto più importante quanto più elevata l'escursione giornaliera dei carichi interni (apporti interni variabili, grandi superfici vetrate non schermate).

Controllo inerzia termica

Per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale **Im,s >= 290 W/m^2** (ad esclusione della zona F e ad eccezione categorie E5, E6, E7, E8) si richiede:

PER TUTTE LE STRUTTURE **OPACHE VERTICALI**, AD ESCLUSIONE DI QUELLE NEL QUADRANTE N / N–O / N-E, ALMENO UNA DELLE SEGUENTI CONDIZIONI:

1. valore di massa superficiale Ms >230 Kg/m^2
2. modulo della trasmittanza termica periodica **YIE < 0,12 [W/m^{2}K]**

PER TUTTE LE STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI E INCLINATE:
modulo YIE < 0,20 [W/m^{2}K]

La YIE permette di definire in maniera più completa, rispetto alla massa frontale, l'INERZIA TERMICA di un componente.

Considerando l'andamento giornaliero delle temperature esterne in estate, si ottiene un'onda termica sinusoidale con periodo di 24 h che oscilla tra valori minimi e massimi.

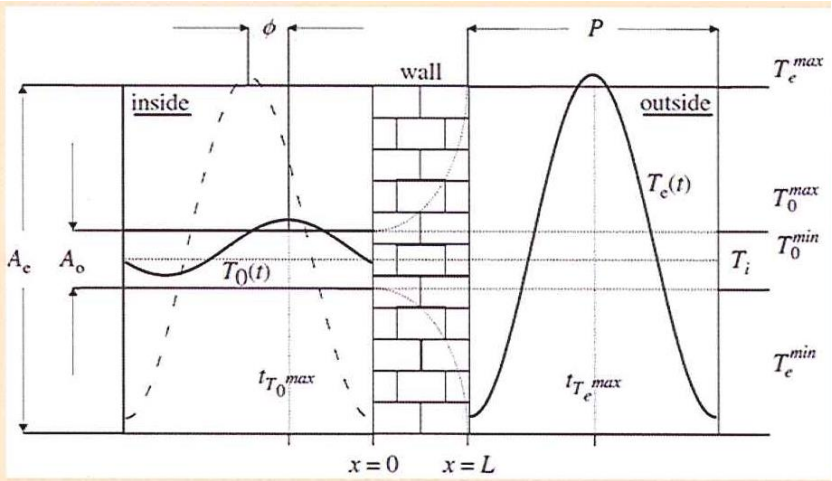
INERZIA TERMICA IN EDILIZIA

Grandezza che misura l'attitudine della parete a ridurre (smorzamento) e ritardare (sfasamento) l'effetto di sollecitazioni dinamiche sul carico termico dell'ambiente, ovvero il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore. L'inerzia termica di un componente è legata alla sua capacità di accumulo (massa), ma anche allo stesso isolamento termico.

<u>Ripercussioni pratiche sul sistema edificio-impianto:</u>

- la riduzione dei valori di temperatura all'interno permette il dimensionamento d'impianti con potenza ridotta e quindi minore consumo;
- con valori ottimali di sfasamento il calore entrerà nelle ore notturne durante le quali può essere smaltito con ricambi di aria, quando la temperatura è meno severa

→ sfruttamento della ventilazione notturna e delle correnti d'aria per la rimozione del calore accumulato dalle superfici.



Trasmittanza termica periodica YIE (W/m^2K)

Concetto delle ammettenze, definita secondo UNI EN ISO 13786.

Mette in relazione la variazione del flusso termico sulla superficie esterna del componente edilizio con la conseguente variazione di temperatura sul lato interno dello stesso.

Sfasamento ϑ [h]:

Periodo di tempo (in ore) che intercorre fra la massima ampiezza dell'onda termica esterna e la massima ampiezza dell'onda termica interna.

- definisce la differenza di tempo fra l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie esterna della struttura e l'ora in cui si registra la massima temperatura sulla superficie interna della stessa, rappresenta il ritardo con cui l'elemento rilascia verso l'ambiente interno il calore accumulato
- è direttamente proporzionale alla capacità termica ed inversamente proporzionale alla conduttività, in particolare tanto più alta è la capacità quanto più lento sarà l'ingresso del calore, al contrario, tanto più alta è la conduttività quanto minore sarà il tempo necessario affinché il calore attraversi la struttura.
- Con valori ottimali di sfasamento il calore entrerà nelle ore notturne durante le quali può essere smaltito con ricambi di aria, quando la temperatura è meno severa.

Fattore di attenuazione fa [-]:

$$f_a = \frac{Y_{IE}}{U}$$

rapporto tra la massima ampiezza dell'onda termica sulla superficie interna e la massima ampiezza dell'onda termica sulla superficie esterna (indica la riduzione dei picchi massimi, ovvero la diminuzione d'ampiezza che subisce l'onda termica nel passare attraverso il componente).

Yie = f (spessore, λ, ρ, capacità termica, stratigrafia**)**

CONCLUSIONI (Inerzia termica YIE)

L'inerzia termica può essere praticamente definita come l'effetto combinato dell'accumulo termico e della resistenza termica della struttura. Queste due caratteristiche dipendono dalla massa frontale della parete e dalla conduttività dei materiali che la costituiscono.

Il valore della trasmittanza termica periodica dipende sia **dalla capacità di accumulo termico**, sia dal **grado di isolamento termico** della parete: pertanto il limite di YIE lascia al progettista la scelta tra agire sull'isolamento o sulla massa:

La soluzione tecnica migliore da adottare per una stratigrafia è quindi scegliere un sistema dotato contemporaneamente di sufficiente massa e bassa conduttività senza prediligere soltanto una di queste caratteristiche → analisi dinamica tramite YIE

In particolare all'aumentare della capacità cresce la quantità di energia immagazzinata e al diminuire della conduttività decresce anche la velocità con cui il calore viene ceduto.

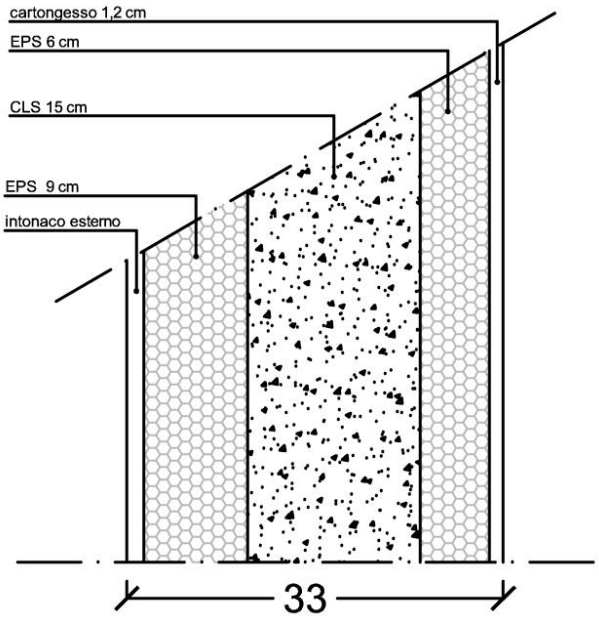
Una struttura con valori ottimali di YIEM riesce a contenere gli effetti derivanti dall'oscillazione della T sup. est. causati dall'irraggiamento solare e dalla Temperatura dell'aria esterna.

Esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD):

PARETE VERTICALE PER STRUTTURA PORTANTE:

Impiego di pannelli (elementi-cassero) con moduli a incastro di piccole dimensioni

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Intonaco esterno	1,5
	EPS	9
	CLS	15
	EPS	6
I	cartongesso	1,2



U = 0,20 W/m^{2}K

Y_{IE} = 0,007 W/m^{2}K

Sfasamento = 10,91 h

Fattore di attenuazione = 0,036

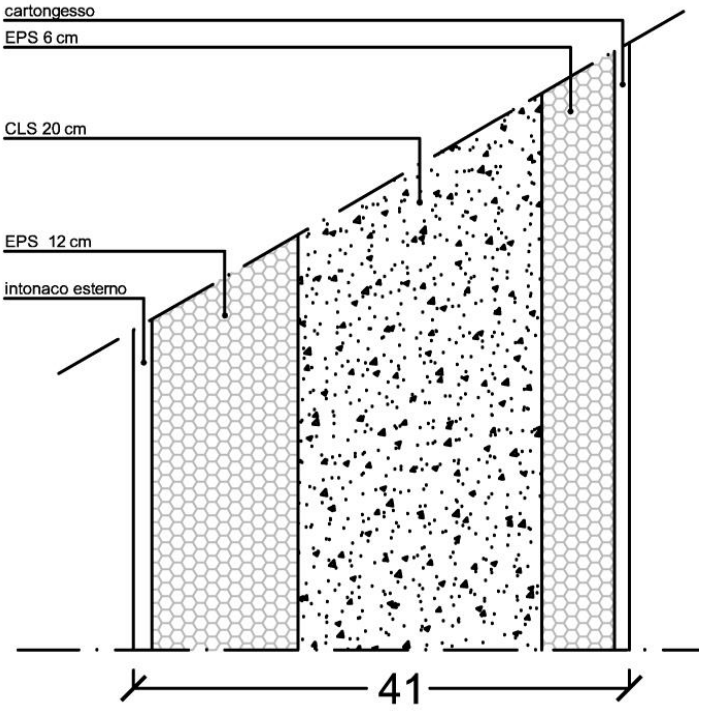
Massa superficiale = 355 Kg/m^2

Esempio sistema costruttivo ad armatura diffusa (SAAD):

PARETE VERTICALE PER STRUTTURA PORTANTE:

Impiego di elementi-cassero con moduli a incastro di piccole dimensioni

	stratigrafia	Spessore (cm)
E	Intonaco esterno	1,5
	EPS	12
	CLS	20
	EPS	6
I	cartongesso	1,2



U = 0,17 W/m^{2}K

Y_{IE} = 0,003 W/m^{2}K

Sfasamento = 13,57 h

Fattore di attenuazione = 0,019

Massa superficiale = 460 Kg/m^2

C. La durata delle prestazioni

Con l'entrata in vigore nel 2013 del Regolamento 305 per la marcatura CE dei prodotti da costruzione avremo la possibilità di analizzare la durata della prestazioni, non solo il suo valore numerico.

Un materiale isolante impiegato in un edificio non può perdere la propria caratteristica fondamentale, ovvero la conducibilità termica a causa di elevato assorbimento di acqua. La dichiarazione di durata è fondamentale per un prodotto che deve essere utilizzato per decenni.

D. Emissioni di fibre pericolose

L'EPS non è un materiale fibroso, quindi non può rilasciare piccoli elementi che entrano nelle vie respiratorie causando possibili patologie molto pericolose.

Oggi esistono norme e regolamenti che definiscono diametri e lunghezze delle fibre utilizzabili ma in questi ultimi mesi il SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits) ha posto in studio ed in discussione ancora la problematica inerente l'interazione uomo-fibre, in quanto gli studi preliminari sono stati giudicati non sufficienti.

Ampia bibliografia può essere riscontata sull'argomento.

5. IL POST-USO

Il riciclaggio del polistirene espanso (EPS) è una pratica diffusa, comunemente attuata, entro i limiti di convenienza economica, per il recupero degli scarti industriali di produzione. Varie Aziende forniscono attrezzature e linee complete per il trattamento di questi scarti e la loro reimmissione nel processo produttivo.
Lo schema di base di tutti i circuiti di riciclaggio si articola in tre stadi:

1 recupero sul territorio

2 adeguamento fisico

3 riutilizzo

La realizzazione di ciascuno dei suddetti stadi è condizionata, oltre che dalla disponibilità di tecnologie, anche da una serie di fattori legati alle caratteristiche specifiche del tipo di scarto, in termini sia di materiale che di manufatto, ed a situazioni ambientali, generalmente differenti nelle diverse località. Le modalità di raccolta sono legate infatti alle caratteristiche fisiche e di produzione degli scarti, ma anche al loro destino programmato, così come le tecniche di riutilizzo attuabili non dipendono solo dalle caratteristiche fisiche intrinseche del materiale ma anche dal tipo di scarto, da come è stato selezionato e raccolto e da quali costi di trasporto ed adeguamento fisico (ad esempio trattamenti di purificazione) sono sopportabili. Si deve anche tener presente che le differenti situazioni ambientali in località diverse possono rendere più o meno efficaci i diversi tipi di circuito di riciclaggio ipotizzabili. Da quanto si è detto, emerge che non può esistere un “modello ideale” di circuito di riciclaggio. A situazione matura, è prevedibile che vi possa essere un mix di tecnologie di riutilizzo, ognuna servita da particolari circuiti di recupero e adeguamento fisico, in relazione alle quantità e tipologie di scarti disponibili in una certa area, più o meno grande.

ASPETTI SPECIFICI

Il punto critico per il riciclaggio dell’ EPS è la sua leggerezza, sia come materiale in se stesso (15 ÷ 25 kg/m^3) che come tipo di manufatto. La densità apparente degli scarti oscilla fra 5 e 15 kg/m^3, ma ciò è vero se essi sono perfettamente impaccati. Nel caso di imballi misti buttati alla rinfusa, la densità apparente media può scendere anche alla metà del valore prima definito. Da ciò derivano problemi di ingombro e di trasporto che, nel caso di una raccolta differenziata, emergono con evidenza. Va però osservato che questi problemi sussistono comunque e sarebbe quindi sbagliato, nella valutazione economica di un’ attività di riciclaggio, non detrarre i

costi di stoccaggio, trasporto e smaltimento che dovrebbero essere in ogni modo sostenuti. Nel caso dell' EPS esiste una notevole produzione di scarti a livello commerciale ed industriale, settori certamente più facili del domestico, dal punto di vista della raccolta, sia per la concentrazione di quantità, sia perché le Aziende devono comunque sostenere un costo di smaltimento, passando in genere attraverso un raccoglitore. Sono senz' altro questi i settori su cui puntare, anche perché sarebbe difficile, a livello domestico, tener separati gli scarti sporchi (alimentari) dagli altri ed evitare commistioni con materiali diversi. Nei settori industriale e commerciale invece, l' inquinamento è costituito essenzialmente da parti in metallo o legno, nastri ed etichette, che è possibile togliere prima della prima macinazione del materiale ed i cui eventuali residui si possono comunque separare successivamente in modo sufficiente. In questi settori è poi più facile istituire modalità di conferimento controllate e individuare le fonti di scarti più o meno idonei. Là dove esistono, anche i centri di raccolta municipali possono essere attrezzati e costituire una buona soluzione, anche perché i privati che vi conferiscono i propri rifiuti sono in genere già sensibili ai problemi ecologici e quindi facilmente istruibili sulla qualità degli scarti desiderata.

SBOCCHI DI RIUTILIZZO

Le attuali possibilità di riutilizzo dell' EPS sono:

1. Utilizzo come "carica" nella produzione di nuovi articoli in EPS
2. Trasformazione in granulo di polistirolo compatto
3. Utilizzo come inerte leggero in calcestruzzi e malte
4. Combustione con produzione di calore

L' Utilizzo come "carica" nella produzione di nuovi articoli in EPS è certamente più limitato, in termini quantitativi, da vincoli tecnologici, mentre la trasformazione in granulo di polistirolo compatto conduce ad un prodotto inseribile nel grande e mondialmente esteso mercato dei termoplastici. L' utilizzo come inerte leggero è un piccolo mercato, paragonato a quello del polistirolo compatto, ma è comunque un' idoneo sbocco e, qualora ci fosse larga disponibilità di prodotto, potrebbe ampliarsi a livelli significativi, rispetto alle quantità obiettivo di riciclaggio. La combustione con recupero di calore non è considerata riciclaggio dalla vigente legge e non può quindi contribuire al conseguimento dell' obiettivo specifico del 15% di riciclaggio ma solo a quello dell' obiettivo globale del 50% di recupero. Essa va comunque perseguita, giacché è senza dubbio l' impiego meno esigente in termini di pulizia del materiale, può assorbire scarti di qualunque provenienza, anche mista e rappresenta quindi un' area estremamente interessante, da approfondire come disponibilità e vincoli tecnologici. La combustione del polistirolo alle usuali temperature dà luogo solo ad acqua ed anidride carbonica ed il suo potere calorifico è di circa 10.000 kCal/kg. La destinazione di parte della raccolta a fini energetici costituisce un' opportunità di valorizzazione delle frazioni più inquinate, inevitabilmente raccolte, contribuendo positivamente all' economicità del ciclo globale.

MACINAZIONE

Nel seguito, useremo i termini “frantumazione” per indicare sia una spezzettatura grossolana, non controllata, che una triturazione a pezzatura di 2÷10 cm dello scarto e “macinazione” per indicare una vera e propria macinazione a dimensione fine e controllata.

FRANTUMAZIONE

Il primo trattamento di adeguamento fisico da effettuare è senz’ altro una frantumazione. Questo sia per preparare il materiale alle successive operazioni che per ridurne il volume. Una frantumazione, anche grossolana, riduce infatti il volume di uno scarto ben impaccato al 60% circa e di uno scarto ammucchiato anche al 30 %. Il materiale frantumato può quindi essere stoccato e trasportato più agevolmente e può essere alimentato ad un mulino o ad una pressa, per il trattamento successivo. Il frantumatore è in genere una macchina leggera e di bassa potenza e può essere integrato alla macchina successiva (Figure 9 e 12), costituendone l’ alimentatore. La collocazione di un frantumatore, come quelli rappresentati nelle Figure 2 e 3, sul luogo di produzione può alleviare i problemi di occupazione di spazio e di trasporto, mentre, quando la produzione di scarto è modesta nel singolo luogo ma la densità dei luoghi è alta, può risultare conveniente una raccolta tramite un automezzo allestito con frantumatore. La Figura 4 mostra un’ ipotesi di allestimento di un grande trituratore a martelli mobili (bocca circolare di 2 metri di diametro e ventola soffiante per l’ espulsione del macinato, attraverso una griglia da 10 a 40 mm).

TECNOLOGIE DI COMPATTAZIONE

Esistono in commercio presse specifiche per la compattazione di scarti di EPS. L' EPS frantumato viene compresso in blocchi parallelepipedi aventi una densità di circa 500 kg/m^3 , facilmente stoccabili e trasportabili ai luoghi delle successive lavorazioni. La compattazione può essere effettuata anche con le bricchettatrici, macchine utilizzate per la compattazione di materiali fini, in genere residui di lavorazione, per ridurne il volume e renderli facilmente maneggiabili e riutilizzabili. Esse compattano gli scarti di EPS, macinati a pezzatura 2 ÷ 3 cm, trasformandoli in barre cilindriche, del diametro di 50/70 mm aventi una densità di oltre 800 kg/m^3. Sull’ imboccatura del canotto di uscita può essere montato un dispositivo taglia-bricchetti, così che il materiale compattato può essere ottenuto anche in segmenti corti (40÷60 mm), insaccabili, insilabili e trasportabili facilmente a mezzo di coclee. Per materiali leggeri, sono stati sviluppati modelli di bricchettatrici dotati di un cilindro supplementare verticale, che aumenta la quantità di materiale nella camera di compattazione. La riduzione di volume degli scarti di EPS può essere ottenuta anche tramite i collassatori termici. E’ importante sottolineare che essi, pur con il relativo costo energetico, sono in grado di trattare anche materiali umidi. Attualmente sono proposti collassatori a pannello a raggi infrarossi e ad aria calda.

6. IL CICLO DI VITA

COME VALUTARE L'ECO-COMPATIBILITA' DI UN ISOLANTE PER EDILIZIA

Scopo di questo paragrafo è presentare in maniera sintetica il tema della valutazione dell'eco compatibilità di un prodotto o servizio, con riferimento specifico al caso di un isolante per edilizia, proponendo un orientamento all'utilizzo dell'approccio, del linguaggio e degli indicatori di impatto utilizzati e condivisi a livello internazionale. Trattandosi di un tema effettivamente di vastissima portata è evidente che questa trattazione rappresenta solamente una guida e un indirizzo per la ricerca di ulteriori informazioni.

Al fine di definire l'eco compatibilità di un prodotto è necessario prendere in considerazione informazioni di natura ambientale del sistema produttivo che lo genera su comparti e con livelli di approfondimento differenti. Per quanto attiene la quantificazione delle prestazioni ambientali, ciascun materiale e prodotto da esso derivato è valutato sulla base di criteri che contemplano il consumo di risorse naturali, gli impatti sull'ambiente, l'ecosistema e l'uomo che si verificano durante tutte le fasi del ciclo di vita sui comparti aria-acqua-suolo, riferiti all'unità funzionale che esprime la misura della prestazione in fase di utilizzo.

Il calcolo e la caratterizzazione di tali parametri avvengono tramite l'applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA), regolata a livello internazionale dalle norme ISO 14040 e 14044. Pur non fornendo una guida operativa molto dettagliata, le norme ISO offrono un percorso e un'organizzazione del lavoro molto utili da seguire e comunque necessari per rendere lo studio verificabile da soggetti terzi; **l'ILCD handbook (International Reference Life Cycle Data System) può essere utilizzato parallelamente per tutti gli approfondimenti necessari in corso d'opera**[1].

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei parametri legati alla tossicità umana e all'eco tossicità, la stessa LCA utilizza dei modelli basati sulla persistenza ambientale della sostanza chimica, sul suo accumulo nelle catene alimentari di interesse per l'uomo (biomagnificazione) e sulla probabilità di esposizione ad essa[2], proponendo degli indicatori di sintesi tipicamente valutati nella fase di Life Cycle Impact Assessment (LCIA)[3].

La prima avvertenza per l'applicazione della LCA riguarda il fatto che uno studio di questo tipo è fortemente "goal-and-scope-dependent", cioè costruito sulla base degli scopi dichiarati e degli obiettivi specifici dell'analisi e per questo è sempre raccomandabile adattare allo studio le conoscenze e i modelli LCIA più opportuni, abbattendo il rischio di utilizzare sistemi di analisi inapplicabili o scarsamente rappresentativi.

La seconda considerazione da fare è legata alla scala degli effetti ambientali che la metodologia LCA è in grado di dominare e cioè quella globale e quella regionale. Poiché la fase di LCIA di fatto consiste nel caratterizzare e interpretare i risultati della fase di inventario, è evidente che tutto ciò che ha **valenza locale** può entrare con difficoltà e solo a certe condizioni nel campo di applicazione della metodologia stessa; ad esempio, una valutazione a livello locale degli indicatori di tossicità nei confronti dell'uomo e dell'ecosistema risulta di difficile applicazione in quanto gli effetti tossici derivanti dai processi produttivi risulteranno delocalizzati e difficilmente riconducibili ad un eventuale tossicità intrinseca del prodotto finito. Pertanto, riguardo a queste modalità di impatto, è importante considerare l'esistenza di altri strumenti di monitoraggio, supportati ad esempio, dalle linee guida IARC (lo IARC fa parte dell'organizzazione mondiale della sanità il cui acronimo significa Agenzia

Internazionale sulla Ricerca sul Cancro) o dal Regolamento Europeo 1907/2006 "REACH", in grado di completare lo screening su determinati processi produttivi avviato tramite i modelli LCIA prima citati.

La valutazione dell'eco-compatibilità di un prodotto/servizio nel settore delle costruzioni edili attraverso la metodologia LCA si può a questo punto impostare secondo un approccio basato sugli **aspetti ambientali indiretti** e su quelli **diretti** e cioè su tutto quello che è stato necessario fare per realizzare e trasportare il prodotto "dalla culla al cantiere" e su quello che accade "in fase d'uso" e "fine vita" rispettivamente. Chiaramente, più le performance degli isolanti in fase d'uso aumentano e più gli aspetti indiretti e di fine vita diventano rilevanti per caratterizzare l'ecocompatibilità di un isolante.

Il **carico ambientale** complessivo di un prodotto è di conseguenza valutato da alcuni parametri standardizzati a livello internazionale che esprimono grandezze quantitative come, ad esempio, il consumo totale di energia e il potenziale effetto serra addebitabili all'interno ciclo di vita del sistema considerato, mettendo sempre insieme aspetti diretti ed indiretti. Si raccomanda a questo proposito di evitare l'uso di terminologia non riconosciuta a livello internazionale, come ad esempio "energia grigia" o simili: i capitoli "terms and definition" delle norme ISO 1040 e 14044 rappresentano il riferimento condiviso da utilizzare per trattare questo tema in maniera appropriata[4].

A questo punto è bene chiarire che non esiste una scala di valori di riferimento per i suddetti parametri standardizzati che permetta di definire in maniera assoluta l'ecocompatibilità di un isolante per edilizia: l'etichetta di compatibilità ambientale dell'Unione Europea "Ecolabel" è l'unica etichetta esistente sul mercato europeo in grado di garantire l'ecocompatibilità di un determinato prodotto in assoluto; tale etichetta non è attualmente disponibile per i materiali isolanti, sono però disponibili i criteri GPP (Green Public Procurement) per i prodotti da isolamento termico in grado di supportare la funzione di acquisto (della pubblica amministrazione) in fase di selezione dei fornitori per una determinata categoria di prodotti; sono inoltre in fase di definizione i criter Ecolabe e GPP per "edifici"[5].

Allargando la prospettiva, l'orientamento a livello europeo sancito dalla EN 15804[6] è quello in ogni caso di stimolare la pubblicazione di dichiarazioni ambientali di prodotto per tutti i materiali da costruzione, in grado di fornire valori numerici calcolati per alcuni dei parametri di cui sopra ritenuti più significativi, lasciando alla stazione appaltante l'eventuale possibilità di confrontarli con gli stessi parametri calcolati per prodotti alternativi (Figura 1: le fasi del ciclo di vita da considerare nella valutazione dell'ecocompatibilità di un prodotto per edilizia secondo la EN 15804).

Product			Construction		Use					End of life			
Raw materials supply	Transport	Manufacturing	Tranport	Construction/ installation	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Deconstruction/ demolition	Transport	Reuse/ recyclyng	Disposal

Fig. 1. Le fasi del ciclo di vita e i moduli che devono essere considerati nella valutazione del ciclo di vita di un isolante (e di qualunque altro materiale per le costruzioni) secondo la EN 15804:2012. In questo grafico manca volutamente il modulo D che deve essere compilato con l'indicazione degli impatti e dei benefici potenziali derivanti dal riuso, recupero e/o riciclo dell'isolante stesso.

In definitiva è possibile concludere che la modalità attualmente utilizzata a livello europeo per definire l'ecocompatibilità di un isolante per edilizia passa attraverso l'applicazione della metodologia LCA ed ha come riferimento, oltre alle norme ISO specifiche (ISO 14040 e 14044), i criteri GPP della Commissione Europea[7], la norma EN 15804 nonché, a livello più generale, le Direttive "The Energy Performance of Building Directive" (EPBD) 2010/31/EU[8], "The Construction Products Directive" (CPD) 89/106/EEC[9], "The CLP Regulation (EC N. 1272/2008)[10] e il già citato "The REACH Regulation (1907/2006)[11].

GLI ASPETTI AMBIENTALI RILEVANTI

Prendendo in considerazione i riferimenti prima citati e in particolare i criteri GPP che di fatto rappresentano una guida alla selezione e all'acquisto di materiali isolanti ecocompatibili, gli aspetti ambientali rilevanti che devono essere presi in considerazione per valutare la compatibilità ambientale di un isolante per edilizia lungo tutto il suo ciclo di vita sono riassumibili nelle seguenti quattro macro famiglie (Figura 2):

1. La presenza di materiali pericolosi durante la fase di produzione
2. Il consumo di energia durante la fase di produzione e trasporto
3. La gestione dei rifiuti lungo tutta la filiera
4. Il contenuto di riciclato presente nel prodotto

Key Environmental Impacts	GPP Approach
▪ **Energy consumption, especially in manufacturing and transportation** ▪ **Energy consumption in the building due to less efficient insulation** ▪ **Pollution of air, land and water due to the use of hazardous materials e.g. blowing agents** ▪ **Use/extraction of raw materials** ▪ **Production of hazardous waste** ▪ **Generation of waste material, including hazardous wastes and packaging and its disposal**	▪ Purchase most energy efficient insulation ▪ Purchase insulation appropriate for your situation to ensure maximum benefit ▪ Purchase insulation that restricts the use of hazardous materials ▪ Promote effective maintenance of insulation to extend its useful life ▪ Promote end of life management e.g. take back schemes/re-use/recycling ▪ Purchase products designed to be easily dismantled and recycled ▪ Promote the use of environmentally sound materials ▪ Promote use of recycled materials in insulation and packaging, either directly or in the case of packaging through participation in an accredited recycling scheme

Figura 2. Come il documento GPP sull'isolamento termico interpreta la relazione tra gli impatti rilevanti e lo sviluppo dei relativi criteri.

IL CASO DEL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)

Negli ultimi anni la domanda da parte dei progettisti e operatori di mercato di informazioni di tipo LCA sui materiali e prodotti isolanti utilizzati in edilizia è cresciuta: le aziende e le associazioni di categoria operanti nel settore hanno risposto positivamente, fornendo sia dichiarazioni ambientali di prodotto di singole realtà produttive, sia studi e ricerche di tipo ambientale che rappresentano in maniera trasversale l'intero settore produttivo di appartenenza.

In Italia, Life Cycle Engineering ha collaborato sia con AIPE (Associazione Italiana Polistirene Espanso) sia con alcune industrie ad essa appartenenti come ad esempio LAPE e SIRAP INSULATION nello sviluppo di studi LCA medi di settore e specifici aziendali rispettivamente. Tralasciando quanto fatto per singoli operatori, si vuole riportare ciò che è stato sviluppato a livello di associazione, descrivendo brevemente le modalità e i risultati ottenuti in analisi di settore che hanno coinvolto un numero rappresentativo di impianti produttivi a livello nazionale.

L'obiettivo degli studi di settore sviluppati a partire dal 2004 è stato quello di evidenziare alcuni indicatori di impatto ambientale applicando la metodologia LCA in accordo alla ISO 14040/44 ad un campione di aziende che hanno fornito dati di contabilità industriale e di gestione ambientale utili a costruire un modello analogico di ciclo vita della produzione di un'unità di massa (Kg), di volume (m^3) o di spazio (m^2) di EPS con differenti densità e spessori[12]. Utilizzando le quattro macro categorie di aspetti ambientali rilevanti introdotte nel paragrafo precedente è possibile proporre il quadro seguente.

1. Materiali/sostanze pericolose durante le fasi di produzione. Il polistirene (PS) è una resina termoplastica ottenuta da un processo di polimerizzazione a partire dal benzene. In questa fase, al PS così ottenuto viene additivato un agente espandente (di solito pentano) per consentire la successiva espansione e sinterizzazione (con vapore) e lavorazione finale (stampaggio) in lastre o altre forme di prodotto finito che a quel punto prende il nome di polistirene espanso (EPS). Nella fase di produzione della materia prima (l'industria chimica fornisce il PS in forma di granuli di aspetto vetroso che vengono trasportati presso i trasformatori di solito tramite "big bags") particolare attenzione viene dedicata alla gestione delle sostanze considerate pericolose lungo l'intera filiera; ad esempio, nel caso dell'agente ignifugo HBCD inerito nella lista REACH "$SVHC_S$"[13] è in atto la sostituzione con alternative ritenute migliorative. Nella fase di trasformazione in prodotto finito, è il pentano a rappresentare probabilmente la sfida più interessante quanto a monitoraggio e a neutralizzazione. Nel primo caso è il fornitore della materia prima a garantire ai trasformatori il pieno rispetto delle leggi in materia, fornendo un materiale e delle procedure operative di trasformazione che assicurino il rispetto della salute nel luogo di lavoro e dell'ambiente circostante. Nel secondo caso, è ormai prassi diffusa tra diversi associati AIPE procedere con il recupero e il trattamento delle emissioni di pentano durante la fase di espansione (sia localizzate, sia diffuse).

2. Tralasciando come detto i benefici derivanti durante la fase di utilizzo del prodotto, i consumi di energia devono essere suddivisi tra le due principali fasi: produzione e trasporto della materia prima e lavorazione fino all'ottenimento del prodotto finito. La prima quota, classificabile come indiretta per il prodotto isolante finito costituisce la parte più rilevante, come ordine di grandezza l'85% del totale dell'energia addebitabile al sistema "dalla culla al prodotto finito pronto per essere installato"; è però utile rilevare che di quella quota oltre la metà è rappresentata dall'energia feedstock[14]. Ciò significa che la gestione corretta del fine vita di un isolante in EPS può rappresentare una fonte interessante sia di materia prima seconda, sia di energia.

3.e4. Quanto alla gestione dei rifiuti lungo la filiera, in molti degli impianti delle aziende associate AIPE viene attuato un approccio di tipo ISO 14001 e il riciclo, oltre che per motivi economici, viene messo in pratica per ridurre il carico ambientale dell'intero processo, potendo usufruire di una materia prima seconda dai circuiti del packaging in EPS facilmente e velocemente riutilizzabile.

NOTE:

1.Disponibile online http://lct.jrc.ec.europa.eu/assessment/publications

2.Tra i modelli disponibili si cita il "USES-LCA" (Huijbregts et al. 2000), sistema uniformato per la valutazione delle varie sostanze adattato al contesto LCA che fa uso di dati sulla tossicità verso l'uomo o da animali da laboratorio

3.Come ad esempio lo "human toxicity" e l'"ecotoxicity" che possono essere calcolati con il metodo ReCiPe 2008 (a life cycle assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level)

4.Si veda anche Baldo G.L. et al. 2008, Par. 5.3

5. http://susproc.jrc.ec.europa.eu/buildings/index.html

6.EN 15804 (2012), Dichiarazioni Ambientali di Prodotto, Regole chiave di sviluppo per categorie di prodotto

7.Green Public Procurement – Thermal Insulation Technical Background Report (2010), by AEA, Harwell, Owner Editor: European Commission, DG Environment-G2, B – 1049 Brussels

8. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF

9.OJ L 40, 11.2.1989, p. 12-26 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31989L0106:EN:HTML

10. http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:353:0001:1355:en:PDF

11. OJ L 396,30.12.2006, p. 1-849 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:396:0001:0849:EN:PDF

12.I lavori effettuati per AIPE sono visibili nel sito web www.aipe.biz

13.http://echa.europa.eu/web/guest/addressing-chemicals-of-concern/authorisation/substances-of-very-high-concern-identification

14.L'energia feedstock rappresenta quella quota di materia prima energetica (che può essere sia fossile, sia rinnovabile) utilizzata come materiale (es. polimero) e dunque disponibile nel prodotto a fine vita.

EDILIZIA SOSTENIBILE

Uno dei temi principali del settore delle costruzioni è la sostenibilità ambientale. Con questo concetto si intende lo sviluppo di edifici sempre più sostenibili che minimizzano gli impatti sull'ambiente preservando le risorse per le generazioni future.

La spinta al mercato a dotarsi di queste competenze arriva, evidentemente, dalle richieste sempre più esplicite e dettagliate da parte degli utenti finali sulla scelta dei materiali, degli impianti e delle tecniche produttive, ma anche di grandi acquisitori come la Pubblica Amministrazione, a loro volta incentivata da una precisa politica europea in materia di sostenibilità (Green Public Procurement). In particolare, i driver ambientali ritenuti più rilevanti sono stati indicati:

- efficienza e risparmio nell'uso delle risorse, con esplicito riferimento all'energia ed alla conseguente riduzione delle emissioni di CO_2;
- riduzione/eliminazione dell'uso di sostanze pericolose;
- riduzione quantitativa dei rifiuti prodotti.

Le metodologie per la valutazione delle performance ambientali, pur essendo sistemi di valutazione volontari, hanno raggiunto una credibilità tale da essere diventati strumenti riconosciuti e utilizzati da una comunità di utenti sempre più ampia, si citano alcuni esempio quali:

- il LEED Rating System, nato negli USA e applicato in più di 40 paesi nel mondo
- il Protocollo Sintetico ITACA, sviluppatosi in Italia,
- il BREEAM applicato principalmente nel Regno Unito,
- il CASBEE in Giappone.

La marcatura CE

Molti manufatti plastici (tubi, raccordi, materiali per isolamento termico, profilati, infissi, ecc.) sono "prodotti da costruzione", ossia manufatti destinati ad essere permanentemente incorporati nell'opera di costruzione, e come tali sono oggetto della direttiva europea 89/106/CE solitamente abbreviata come **C.P.D. (Construction Products Directive)**. La C.P.D., come le altre direttive europee, ha come scopo la libera circolazione dei beni mediante il riconoscimento reciproco e l'armonizzazione tecnica. Nel caso della marcatura CE tale armonizzazione è però limitata al rispetto dei **requisiti essenziali** che fissano gli elementi necessari alla protezione dell'interesse pubblico (utenti diretti ed indiretti delle costruzioni) che, nel caso dei prodotti da costruzione, sono sei:

1) resistenza meccanica e stabilità;

2) sicurezza in caso di incendio;

3) igiene, salute ed ambiente;

4) sicurezza di utilizzazione;

5) protezione contro il rumore;

6) risparmio energetico ed isolamento termico.

In particolare, per quanto riguarda l'EPS, L'Istituto Italiano Plastici, organismo di certificazione, ispezione e prova accreditato, emettere certificazioni delle prove iniziali con connesse ispezioni della fabbrica, sorveglianza, valutazione ed approvazione permanente del controllo di produzione per la famiglia degli isolanti termici per edilizia sulla base delle norme indicate nel provvedimento:

- UNI EN 13163 - Isolanti termici per edilizia – Prodotti in polistirene espanso ottenuti in fabbrica
- UNI EN 13164 - Isolanti termici per edilizia – Prodotti in polistirene espanso estruso ottenuti in fabbrica.

A partire dal 2008, dopo un'ampia consultazione delle parti interessate e una valutazione d'impatto, la Commissione, nell'ambito dell'iniziativa per migliorare e semplificare la legislazione, propone di sostituire la direttiva 89/106/CEE del Consiglio con un regolamento che definisca meglio gli obiettivi della normativa comunitaria e ne faciliti l'attuazione semplificando i meccanismi destinati a diminuire gli oneri amministrativi delle imprese. Questo regolamento viene denominato **Direttiva CPR (Construction Product Rules)** ed è ancora in fase di approvazione da parte del Parlamento Europeo. La nuova direttiva si propone di revisionare la CPD (che andrà a sostituire), modificandone alcuni punti. In particolare, ai fini di questa trattazione, è bene approfondire la proposta dei requisiti prima elencati. Nella seguente tabella sono confrontati i requisiti essenziali, per l'ottenimento della marcatura CE, presenti nella CPD e i **requisiti fondamentali** proposti dalla futura CPR.

Requisito	CPD	Proposta CPR
Resistenza meccanica e stabilità	L'opera deve essere concepita e costruita in modo che le azioni cui può essere sottoposta durante la costruzione e l'utilizzazione non provochino: il crollo dell'intera opera o di una sua parte; deformazioni di importanza inammissibile; danni ad altre parti dell'opera o alle attrezzature principali o accessorie in seguito ad una deformazione di primaria importanza degli elementi portanti; - danni accidentali sproporzionati alla causa che li ha provocati.	
Sicurezza in caso di incendio	L'opera deve essere concepita e costruita in modo che, in caso di incendio: la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato; la produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno delle opere siano limitati; la propagazione del fuoco ad opere vicine sia limitata; gli occupanti possano lasciare l'opera o essere soccorsi altrimenti; sia presa in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso.	
Igiene, salute ed 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 fumi e dei rifiuti solidi o liquidi; - formazione di umidità su parti o pareti dell'opera.	Le costruzioni devono essere concepite e costruite in modo da non rappresentare una minaccia per l'igiene o la salute degli occupanti e dei vicini, da non esercitare un impatto eccessivo, per tutto il loro **ciclo di vita**, sulla qualità dell'ambiente o sul clima, durante la loro costruzione, uso e demolizione, in particolare a causa di uno dei seguenti eventi: - sviluppo di gas tossici; - emissione di sostanze pericolose, composti organici volatili (VOC), gas a effetto serra o particolato pericoloso nell'aria interna o esterna; - emissione di radiazioni pericolose; - emissione di sostanze pericolose nell'acqua potabile, nelle falde freatiche, nelle acque o nel suolo marino; - scarico scorretto di acque reflue, emissione di gas di combustione o scorretta eliminazione di rifiuti solidi o liquidi; - presenza di umidità in parti o sulle superfici delle costruzioni.
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 nuocano alla loro salute e tali da consentire soddisfacenti condizioni di sonno, di riposo e di lavoro.	
Risparmio energetico e ritenzione del calore	L'opera ed i relativi impianti di riscaldamento, raffreddamento e 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.	
Uso sostenibile delle risorse naturali		**Le costruzioni devono essere concepite, costruite e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca quanto segue:** **- la riciclabilità delle costruzioni, dei loro materiali e delle loro parti dopo demolizione;** **- la durata delle costruzioni;** **- l'uso nelle costruzioni di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili.**

Dalla tabella precedente si nota come in realtà come gran parte dei requisiti vengano ripresi dalla direttiva 89/106/CEE, ad eccezione del requisito "Uso sostenibile delle risorse naturali", novità inserita nella proposta del CPR; questo requisito richiama il concetto di riciclabilità, approfondito nel paragrafo successivo. Una lieve modifica si può notare anche nel requisito "Igiene, salute ed ambiente", il quale rimane invariato nei concetti, ma subisce delle modifiche a livello di nomenclatura: vengono infatti inseriti i concetti di ciclo di vita, descritto in precedenza, e la dicitura "sostanze pericolose", in riferimento al regolamento REACh.

Riduzione degli impatti

Qualsiasi processo, anche il più semplice, ha delle ricadute ambientali. Queste, come descritto precedentemente, possono essere quantificate attraverso l'analisi del ciclo di vita. Nell'insieme delle fasi costituenti il processo studiato non si considerano solo gli aspetti negativi, ma si è spinti a trovare soluzioni che creino un apporto di benefici ambientali in grado di bilanciare i precedenti e creare meno stress possibili all'ecosistema. Nel seguito vengono descritti le opzioni di processo in grado di ridurre gli impatti, opzioni che per l'EPS saranno sviluppate e approfondite nel seguito della trattazione.

Riciclo

In uno studio LCA è fondamentale la valutazione delle ricadute ambientali relative alla gestione dei materiali che giungono a fine vita, e che quindi devono essere trattati come rifiuti. Se da un lato i rifiuti costituiscono uno dei problemi principali dei sistemi produttivi, dall'altro l'approccio LCA rappresenta un supporto per definire già nella fase progettuale, come migliorare il sistema al fine di ridurre gli impatti non solo ambientali, ma anche economici e sociali della gestione del fine vita. Una delle vie per limitare le ricadute ambientali è appunto il riciclo, la cui finalità è quella di recuperare materiali dai rifiuti, in modo da farli rientrare nel processo produttivo (che può essere quello di partenza o differente), rendendoli quindi materie prime secondarie.

Recupero energetico

Sempre in tema di gestione del fine vita e riduzione degli impatti ambientali, un'alternativa al riciclaggio è il recupero energetico. Con questo termine si intende la **termovalorizzazione** dei rifiuti che consiste nel ricavare energia dalla loro combustione. Naturalmente il combustibile deve rispettare particolari caratteristiche definite, delle quali le più rilevanti ai fini di questa trattazione sono il potere calorifico, che non deve essere inferiore ai 15 MJ/kg e l'umidità che non deve superare il 25%.

Dal punto di vista del potere calorifico, l'EPS è paragonabile all'olio per riscaldamento. Il calore prodotto dall'incenerimento può essere sfruttato sia per il sostegno del processo di combustione, sia per produrre energia elettrica. Questo consente un notevole risparmio nell'uso di combustibili fossili (quindi con conseguenze positive sulla conservazione delle risorse naturali).

Nel rispetto dei criteri appena citati, i rifiuti che vengono termovalorizzati possono essere tal quali, parzialmente selezionati, o totalmente selezionati per costituire il CDR (combustibile da rifiuti).

Si deve tenere conto del fatto che l'energia feedstock immagazzinata nell'EPS può essere per gran parte recuperata per combustione. I moderni impianti di incenerimento assicurano che la combustione avvenga in condizioni di sicurezza e non è necessario che il materiale immesso sia "pulito" o selezionato in qualche modo. Infine è da considerare che la combustione dell'EPS in ambiente sicuro e controllato non presenta particolari problemi di emissioni, poiché i prodotti principali di combustione sono costituiti da vapore acqueo, CO_2, CO e ceneri (ad essi vanno aggiunti i prodotti della pirolisi del polimero che dipendono dalle condizioni di combustione). Come già descritto, riguardo agli impatti, va tenuto conto del fatto che l'elettricità e il calore, così prodotti, vanno a sostituire elettricità e calore ottenuti dalle usuali fonti energetiche.

Riduzione dei trasporti

I trasporti costituiscono un elemento vitale per la maggioranza dei processi produttivi industriali e spesso la quantità di energia ad essi legata (e le conseguenti emissioni generate) rappresenta una parte significativa dell'energia complessiva spesa nel processo in esame. Lo stesso vale di conseguenza per le emissioni derivanti da tali operazioni. In questo contributo vengono considerati l'energia contenuta nei combustibili consumati direttamente dal mezzo, l'energia necessaria a realizzare le infrastrutture per permettere il viaggio del mezzo, l'energia necessaria alla costruzione ed alla manutenzione del mezzo. Gli stessi vengono anche considerati per il calcolo delle emissioni. Il fattore energetico e le emissioni, nel caso dei trasporti, sono strettamente legati tra loro in quanto i combustibili vengono utilizzati direttamente per l'alimentazione dei mezzi di trasporto. I valori sono contenuti in banche dati presenti sia a livello nazionale che europeo. Tra i vari sistemi di trasporto, quello di gran lunga più utilizzato è il trasporto su strada. Il calcolo dei consumi non è per nulla banale: esso è funzione di diverse variabili come lo stato del mezzo, le condizioni di guida, la tipologia di percorso, la qualità del combustibile, le condizioni climatiche, l'usura delle gomme, il carico trasportato, ecc.. Il calcolo dei consumi di energia e delle relative emissioni dei mezzi è un'operazione complessa, ma da un punto di vista pratico si utilizza la seguente relazione che permette di tenere in considerazione le condizioni di viaggio:

$$\textbf{Trasporto richiesto [veicolo*km/kg]} = (y+x)*D/m$$

Dove **y** è un coefficiente che tiene conto del carico nel viaggio di andata, **x** un secondo coefficiente che tiene conto del carico nel viaggio di ritorno, **D** è la distanza percorsa per il viaggio di andata (espresso in km) ed **m** il carico trasportato (espresso in kg). Da notare che per un viaggio di andata a pieno carico il coefficiente y è pari a 1, mentre per un viaggio di ritorno scarico il coefficiente x è pari a 0,7: ciò significa che un veicolo che viaggia privo di carico consuma il 70% di un veicolo a pieno carico. Come è visibile dalla precedente formula, esistono due modalità per abbattere gli impatti ambientali dovuti ai trasporti:

- ottimizzare i trasporti in modo che i mezzi viaggino carichi anche al ritorno;
- limitare il chilometraggio percorso dai mezzi.

Riguardo la seconda soluzione, da qualche anno sì è sviluppato, perlopiù per i prodotti alimentari, il concetto di **km zero**, che consiste nell'acquisto di beni prodotti localmente; in questo modo, accorciando la filiera produttore/consumatore, si ha una limitazione sia dei costi economici che di quelli ambientali. E' necessario chiarire che le emissioni derivanti da un camion a pieno carico che trasporta acciaio saranno sicuramente differenti da quelle di un camion che trasporta isolanti, in quanto questi ultimi possiedono un peso specifico molto minore. Ragionando in termini di massa trasportata un isolante avrà quindi un rapporto impatti/trasporto maggiori. Il caso dell'EPS prodotto in Italia ha però un vantaggio: **le aziende produttrici in Italia sono ben 130, distribuite in modo omogeneo su tutto il territorio, in modo da poter garantire la fornitura dei prodotti effettuando trasporti a distanze non superiori ai 100 km.**

Studi LCA a livello italiano

AIPE sin dai primi anni 2000 ha intrapreso un cammino virtuoso di indagine per definire i carichi ambientali caratterizzanti i prodotti in EPS attraverso studi di tipo LCA: in figura 10 sono schematizzati i diversi step attraverso i quali AIPE, in collaborazione con uno studio di ingegneria specializzato in analisi del ciclo di vita (Life Cycle Engineering di Torino), ha caratterizzato manufatti generici e specifici realizzati in polistirene espanso. I diversi studi LCA condotti sono volti a valutare il carico ambientale di ciclo-vita dei prodotti in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato) nei settori "packaging" e "edilizia" fornendo altresì una misura dell'eco-efficienza media dei sistemi industriali impiegati per la loro produzione. Lo studio riassunto in questa pubblicazione è stato impostato con l'approccio delle analisi di settore, ossia è stato diretto ad ottenere informazioni da un campione ritenuto significativo di aziende produttrici di EPS presenti sul territorio nazionale per valutarne gli impatti ambientali "dalla culla al cancello" ("from cradle to gate"). Al fine di consentire una visione complessiva del sistema "dalla culla alla tomba", la valutazione degli impatti è stata completata da un'analisi preliminare della fase d'utilizzo dei prodotti ("use phase") e da quella relativa agli scenari di fine vita.

STUDIO DI SETTORE:

Analisi dei sistemi industriali per la realizzazione di prodotti in EPS nei settori "packaging" e "edilizia" con lo scopo di calcolarne il carico ambientale medio a livello nazionale e fornire una misura dell' ECO-EFFICIENZA MEDIA dei processi indagati, per realizzare una Dichiarazione Ambientale di Prodotto settoriale.

UNITA' FUNZIONALE:

In assenza di regole specifiche e per allineare il documento alle dichiarazione ambientali presenti sul mercato, l'unità di misura sulla base della quale sono calcolati ed espressi i vari impatti ambientali è l' unità di massa di prodotto, ovvero 1 kg di generici manufatti in EPS in uscita dai processi indagati.

Vengono comunque fornite tutte le informazioni necessarie per poter riportare gli impatti in riferimento al volume e alla prestazione termica del prodotto.

EPS MEDIO:

I risultati pubblicati si riferiscono a un prodotto in EPS "medio", calcolato adottando il principio della media verticale (media ponderata in relazione alle produzioni delle aziende indagate) sulla base di un campione rappresentativo di tutte le aziende associate ad AIPE presenti sul territorio nazionale che si occupano della formatura di prodotti in EPS a partire da granuli di PS espandibile.

CONFINI DEL SISTEMA ANALIZZATO

Per la produzione di un'unità funzionale di manufatti in EPS, si distinguono 2 diversi sottosistemi, che rappresentano le due 2 fasi di cui si compone il ciclo complessivo di produzione:

1. produzione dei granuli di Polistirene espandibile;
2. formatura dei prodotti in EPS a partire dai granuli di Polistirene espandibile.

Per ognuno sono stati considerati i flussi di materie prime, di semilavorati e di energia in entrata ed in uscita, tutti i contributi indiretti (es.: produzione e trasporto dei vettori energetici utilizzati, manutenzione dei mezzi, ecc.), i trasporti intermedi (ove presenti) necessari all'approvvigionamento delle materie prime stesse, nonché tutti i tipi di reflui direttamente o indirettamente prodotti. In merito ad alcuni aspetti specifici, sono state adottate le seguenti considerazioni e ipotesi:

- Fase d'uso dei prodotti in EPS: sono inclusi sia i trasporti relativi all'approvvigionamento delle materie prime (consegna dei granuli di PS alle aziende trasformatrici), sia i trasporti associati alla consegna dei prodotti finiti in EPS agli utilizzatori (considerando delle distanze medie di riferimento).

- Per quanto riguarda il fine vita, trattandosi di un'analisi "dalla culla al cancello", le uniche fasi analizzate in questo studio riguardano il riciclo degli scarti EPS sia di tipo chiuso, interno al processo aziendale stesso, sia di tipo aperto, in cui gli scarti sono destinati a realtà esterne all'azienda stessa.

- NON vengono qui contemplati i destini di discarica e di termovalorizzazione che si presentassero per eventuali scarti di produzione o a fine vita..

- in merito ai mix energetici di riferimento, per il sottosistema produzione dei granuli di polistirene espandibile (materie prime) si è considerato il mix energetico medio europeo, mentre per il processo di produzione dei prodotti in EPS si sono utilizzati i dati relativi al mix energetico italiano.

NUMERI E DATI DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI PRODOTI IN EPS

I valori utilizzati per la caratterizzazione degli impatti ambientali sono quelli ufficiali riportati nel Regolamento del Sistema Internazionale EPD (www.environdec.com) per l'elaborazione di una Dichiarazione Ambientale di Prodotto, strumento di comunicazione volontario che assicura informazioni rilevanti, verificate e confrontabili relative all'impatto ambientale di un prodotto o di un servizio.

I risultati sono presentati in maniera complessiva riferendosi a un prodotto in EPS "medio", rappresentativo del carico ambientale medio a livello nazionale. Al fine di comunicare un maggior dettaglio dell'analisi LCA condotta, oltre ai valori medi nazionali è evidenziato anche l'intervallo (min – max) entro cui sono stati riscontrati i parametri indagati. Le tabelle proposte riassumono tutti gli indicatori energetico-ambientali emersi dall'eco-profilo settoriale di manufatti in EPS svolto a livello associativo, soffermandosi principalmente su quelli di maggior rilevanza. I principali indicatori di uno studio LCA sono essenzialmente di due tipi:

- energetico: indicano i consumi di energia necessaria a produrre l'unità funzionale (1 kg di manufatti in EPS). Il valore è espresso dal parametro GER (Gross Energy Requirement), in MJ ed evidenzia il fabbisogno energetico complessivo;
- ambientale: illustrano il consumo di risorse naturali, le emissioni in aria e acqua e i rifiuti solidi prodotti sempre riferiti all'unità funzionale considerata. Come parametro di riferimento figura il GWP100 (Global Warming Potential), effetto serra potenziale a 100 anni espresso in Kg di CO_2.

Tabella 2 - Principali impatti ambientali-energetici per la produzione di 1 Kg di EPS

INDICATORE	Unità di misura	EPS MEDIO Valori medi nazionali	RANGE (val. min. – val. max)	
				→ aspetto energetico
GER *	MJ	113,9	94,2 – 130,5	
				→ aspetto ambientale
GWP 100 *	Kg CO2	4,6	3,3 – 5,7	

*Per la definizione completa si veda la sezione "Glossario ambientale"

ANALISI LCA dell' EPS MEDIO

RISULTATI ENERGETICI E AMBIENTALI

Risultati energetici complessivi (dati espressi in MJ per kg di prodotto)

Classificazione e caratterizzazione delle emissioni (dati espressi al kg di prodotto)

AZIENDA "MEDIA"

Rappresentiva a livello nazionale

Vettore energetico	Energia indiretta	Energia diretta	Energia di trasporto	Energia feedstock	TOTALE
Energia elettrica	5,2	2,5	0,1	0,0	7,8
Olio combustibile	1,2	13,1	1,2	24,3	39,8
Altri combustibili	4,6	35,1	0,1	26,4	66,3
Totali	11,0	50,7	1,4	50,8	**113,9**

INDICATORE	UNITÀ DI MISURA	VALORE/kg
GWP_{100}	kg CO_2	4,6
AP	mol H^+	1,0
EP	g O_2	102,0
ODP	g CFC11	-
POCP	g C_2H_4	23,4

Per una più facile e comprensione dei risultati, gli stessi relativi alle emissioni sono anche riferiti al m^3 di prodotto, considerando una massa volumica di 20 Kg/m^3

INDICATORE	UNITÀ DI MISURA	VALORE/kg m^3
GWP_{100}	kg CO_2	92
AP	mol H^+	20
EP	g O_2	2.040
ODP	g CFC11	-
POCP	g C_2H_4	468

Per una migliore comprensione, i dati espressi in MJ/kg, dovrebbero essere interpretati considerando la densità dei materiali. Considerando per esempio un tipico materiale edile quale un Kg di cemento, seppur l'energia in esso inglobata risulta molto bassa (~ 7 MJ/Kg), non bisogna dimenticare che 1 metro cubo di quel materiale pesa tra i 1000 e i 2000 kg: per ottenere un metro cubo di EPS sono infatti necessari solo 20 - 30 kg.

IL CONTRIBUTO DELL'EPS NELLA FASE D'USO DELL'EDIFICIO

Nel campo delle costruzioni, un approccio completo e integrato alla sostenibilità ambientale degli edifici non può prescindere dalla valutazione della "fase di esercizio di un edificio", rappresentata dall'energia necessaria per il suo funzionamento, poiché è proprio questa ad avere un peso determinante per consumi energetici ed emissioni di CO_2. Considerando inoltre che il 30% dei consumi energetici italiani è attribuibile all'edilizia, è opportuna un'analisi a scala di edificio: la qualità dei materiali impiegati in fase di realizzazione determina un'elevata percentuale sui consumi in fase di utilizzo di un edificio e per tal motivo una giusta quanto importante attenzione dovrebbe essere posta sulla scelta qualitativa dei prodotti, in primis agli isolanti termici, considerati un investimento energetico di immediato e vantaggioso ritorno. Secondo quanto riportato nel Libro Bianco ENEA "Energia-Ambiente-Edificio" mentre la costruzione di un appartamento costa in media 5 tonnellate equivalenti di petrolio (tep), un alloggio consuma mediamente 1 tep all'anno per il suo esercizio. In 50 anni quindi il flusso di energia che attraversa un'abitazione è superiore a 50 tep. I consumi in fase di costruzione possono essere meglio definiti come energia grigia, ovvero tutta l'energia impiegata per le fasi di realizzazione, trasporto, installazione, dismissione o sostituzione del prodotto e delle componenti. Gli isolanti termici, seppur incidono per meno del 2% nel costo totale di 5 tep (mediamente circa 0,1 tep per alloggio, cioè meno del 2 per mille dei consumi totali), determinano un diverso livello di sostenibilità in fase d'esercizio, dimezzando o riducendo ad un quarto i costi di gestione dell'edificio stesso. L'obiettivo prioritario di una nuova progettazione sostenibile dovrebbe quindi essere quello di selezionare opportunamente materiali e componenti dell'edificio

allo scopo di ridurre, in prima istanza, soprattutto i suoi consumi energetici più rilevanti (circa il 90%) imputabili alla fase di esercizio. Tutto questo naturalmente cercando di ottenere le migliori prestazioni in fase di esercizio a fronte dei minori costi ambientali in fase di produzione.

L'impiego di prodotti isolanti in EPS comporta un notevole abbattimento dei consumi energetici degli edifici e delle loro emissioni di CO_2, contribuendo al contempo a un miglior confort abitativo per chi ci vive.

Gli isolanti termici in EPS rappresentano un esempio di investimento energetico di immediato e vantaggioso ritorno.

ENERGIA RISPARMIATA ED EMISSIONI EVITATE IN ATMOSFERA

È riconosciuto il ruolo fondamentale del risparmio energetico nell'edilizia quale importante fattore su cui agire per ridurre i consumi energetici e le relative emissioni climalteranti. Il settore dell'edilizia è infatti responsabile di circa il 30% dei consumi energetici italiani. Il ruolo degli isolanti termici consiste proprio nel contribuire alla riduzione dei consumi termici per la climatizzazione e i benefici associati alla fase d'uso dell' EPS derivano appunto dal contributo al miglioramento delle prestazioni termiche degli edifici attraverso la diminuzione della domanda di energia sia per il riscaldamento sia per il raffrescamento. Sulla base dei diversi studi di tipo LCA svolti dell'AIPE nel corso degli anni è possibile indicare che **per 1 MJ consumato per la produzione di un pannello isolante in EPS (spessore 10 cm con densità 25 kg/m^3) è possibile risparmiare, durante 10 anni di vita in opera, l'emissione di circa 1 Kg di CO_2 equivalente grazie alle prestazioni termiche che riducono le dispersioni termiche attraverso l'involucro edilizio.**

Per valutare i benefici dell'utilizzo in una costruzione, in virtù del fatto che la funzione del prodotto considerato è specificatamente l'isolamento termico degli edifici, si considerando una parete avente una stratigrafia "tipo" come quella riportata in tabella x. Mantenendo costanti tutte le caratteristiche e modificando via via lo spessore dell'isolante si può quantificare la conseguente riduzione di fabbisogno energetico per mantenere le stesse condizioni climatiche interne.

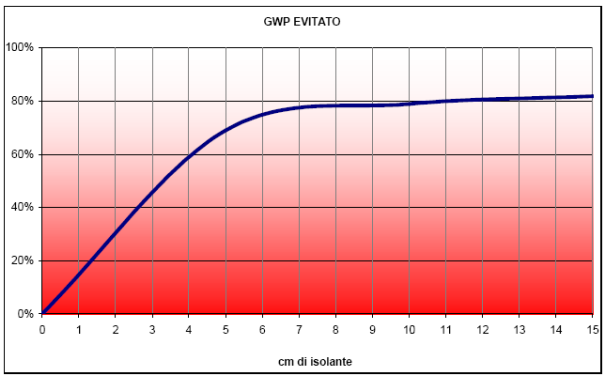
Strato n.	Materiale	Spessore (mm)	λ (W/m·K)
1	Intonaco	15	0,900
2	Mattone pieno	300	0,800
3	Intonaco	15	0,900
4	Isolante (EPS)	variabile	0,035
5	Rete+rasatura	3	0,870
6	Finitura	1,5	0,700

Stratigrafia della parete "tipo": lo spessore dell'ESP è la variabile utilizzata per valutare i differenti scenari

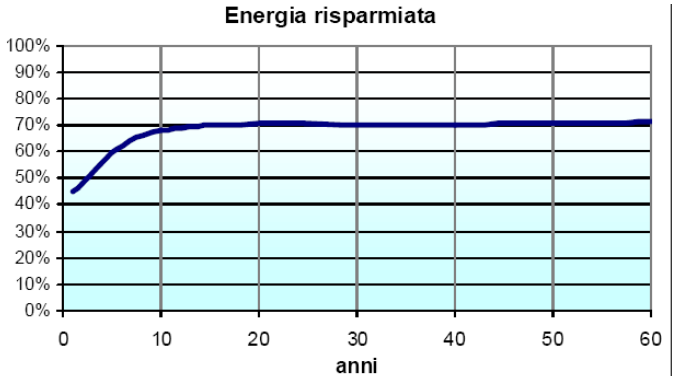
Sulla base di queste ipotesi e facendo riferimento alle leggi della fisica tecnica sono state costruite le curve sotto riportate, che evidenziano i benefici ottenuti in termini sia di emissioni di CO_2 evitate, sia di energia risparmiata.

RISULTATI

- Percentuale di emissione di CO_2 evitata in funzione dello spessore di isolante (situazione a 10 anni di vita)



- Percentuale di emissione di CO_2 evitata in funzione dello spessore di isolante (situazione a 10 anni di vita)



PRESTAZIONI TECNICHE DELL'EPS

Inoltre, relativamente alla fase d'uso e di fine vita del prodotto EPS si evidenzia che:

-le **prestazioni tecniche del materiale EPS** medio possono essere ricondotte essenzialmente alla sua resistenza termica, ovvero

Parametro	UdM	EPS medio
λ_D	W/mK	0,035
Spessore necessario ad ottenere una resistenza termica pari a R = 1 W/m^2K.	m	0,035
Densità	Kg/m^3	20
Fabbisogno di materiale	Kg/m^2	0,70

-**durata delle lastre in EPS per isolamento termico di edifici: vita utile in esercizio coincide con quella della struttura in cui viene utilizzato.**

Il comportamento nel tempo del pannello è caratterizzato dalle sue caratteristiche intrinseche di non degradabilità, di non putrescibilità, di resistenza alle muffe e di stabilità. L'invariabilità nel tempo delle caratteristiche del prodotto permette di considerare la durata del pannello pari a quella della struttura o del sistema in cui esso viene impiegato.

-**alla fine del ciclo di vita, il materiale disponibile può essere avviato a riciclo o a termovalorizzazione in modo da recuperarne l'energia feedstock contenuta (pari a circa 40 MJ/kg).**

L'INFLUENZA DEL RICICLO SULL'LCA

Tutti gli studi LCA commissionati da AIPE allo studio LCE di Torino hanno sempre dedicato una sezione di approfondimento sull'influenza dell'impiego di rifiuti e/o scarti di prodotti in EPS come materia prima seconda nel ciclo produttivo. Lo studio di LCA condotto, per quanto riguarda il fine vita, considera il riciclo degli scarti EPS sia di tipo chiuso, interno al processo aziendale stesso (ove il materiale sostituisce materiale vergine), sia di tipo aperto, in cui gli scarti sono destinati a realtà esterne all'azienda stessa. Trattandosi di un'analisi "dalla culla al cancello", come scenari di fine vita non sono stati contemplati i destini di discarica e di termovalorizzazione. Per valutare l'influenza dell'utilizzo di scarti di EPS si presenta di seguito l'ultima analisi condotta su una specifica

azienda che attua un riciclo di tipo chiuso, indagando i principali indicatori di riferimento, il GER e GWP_{100} , sia nel caso di inserimento del 50 % che del 90 % di scarti di EPS.

INFLUENZA DEL CONTENUTI DI EPS RICICLATO SULL'ANALISI LCA

ANALISI DEI BENEFICI DERIVANTI DALL'USO DI EPS RICICLATO NEL CASO DI:

- **Riciclo del 50% di EPS**
- **Riciclo del 90% di EPS**

Risultati energetici (dati espressi in MJ per kg di prodotto)	**Classificazione e caratterizzazione delle emissioni** (dati espressi al kg di prodotto)

RICICLO DEL 50% DI EPS

GER = 111,3 MJ/kg

Indicatore	Unità di misura	Valore /Kg
GWP	Kg CO_2	4,3
AP	mol H^+	0,6
EP	g O_2	76,3
ODP	g CFC11	-
POCP	g C_2H_4	19,6

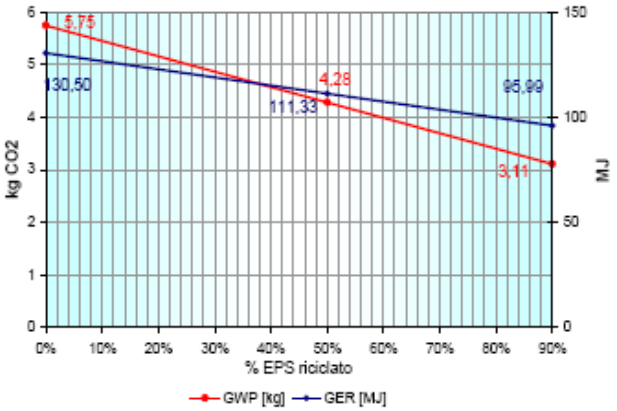
RICICLO DEL 90% DI EPS

GER = 111,3 MJ/kg

Indicatore	Unità di misura	Valore /Kg
GWP	Kg CO_2	3,1
AP	mol H^+	0,4
EP	g O_2	46,0
ODP	g CFC11	-
POCP	g C_2H_4	18,7

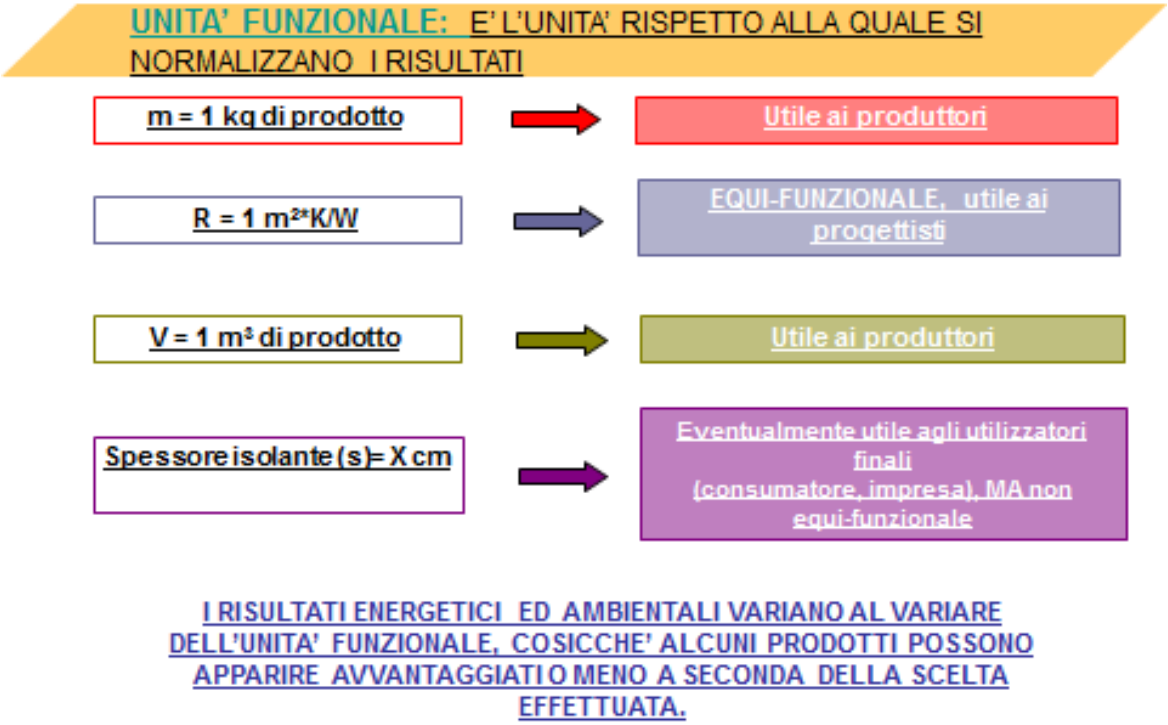
Andamento indicativo del GER e GWP100 all'aumentare della percentuale di utilizzo di scarti di EPS

(Dati riferiti al Kg di EPS)



L'IMPORTANZA DELL'UNITA' FUNZIONALE PER UN CORRETTO CONFRONTO

Disporre di uno strumento scientifico che permetta una valutazione corretta della sostenibilità ambientale di un dato prodotto è sicuramente un punto fondamentale e necessario per poter effettuare una scelta. Ma per operare una scelta oggettiva è necessario altresì basarsi su un confronto tra diverse opzioni che consentono di svolgere la stessa funzione, individuando l'unità funzionale più appropriata in relazione al tipo di prodotto analizzato, nonché applicazione a cui è destinato. Un aspetto assai critico per una corretta valutazione dei risultati di una LCA è la definizione della cosiddetta "unità funzionale" che fissa l'"unità di misura" sulla base della quale calcolare i vari impatti ambientali. Tale "unità funzionale" deve essere scelta in modo coerente e sulla base della specifica applicazione: può quindi essere diversa per uno stesso materiale/articolo utilizzabile in differenti modalità. Attualmente, per quanto riguarda il **settore degli isolanti termici**, **non è ancora stato sviluppato un PCR comune** (Product Category Rules), ovvero documenti tecnici contenenti le regole per permettere confronti equi-funzionali e rendere le analisi LCA e le dichiarazioni EPD comparabili tra loro per una data categoria di prodotti. In mancanza di queste regole comuni non si ha quindi la certezza che l'analisi del ciclo di vita sia stata condotta con gli stessi obiettivi, gli stessi confini del sistema preso in esame e la stessa unità funzionale**:** il confronto tra LCA e EPD (Enviroment Product Declaration) sviluppate con diversi criteri può risultare falsato e l'analisi comparativa di LCA di diversi prodotti non è così immediata e potrebbe portare a conclusioni errate.



Analisi di alcuni prodotti reperibili sul mercato

I prodotti reperibili sul mercato difficilmente possono essere organizzati per un confronto secondo lo schema delle Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD). Questa è la base della tesi che si vorrebbe portare avanti nel presente capitolo, e cioè la necessità di definire un documento di *Product Category Rules* (PCR) che permetta ai produttori interessati di pubblicare una dichiarazione ambientale di prodotto e conseguentemente fornire agli utilizzatori, ovvero alle organizzazioni terze di particolare interesse come le Pubbliche amministrazioni, informazioni effettivamente confrontabili. Partendo da questo presupposto, è stato deciso di selezionare una serie di prodotti disponibili sul mercato e realizzati con i materiali indagati in questo studio, al fine di evidenziarne lo specifico carico ambientale di ciclo vita sulla base di una superficie nota da isolare. Le caratteristiche fisico-geometriche dei diversi manufatti sono evidentemente fondamentali per poter identificare con esattezza i prodotti in questione. La selezione, che in questa fase non era mirata ad un confronto equi-funzionale, è partita da considerazioni sugli spessori disponibili sul mercato, riconoscendo che per una larga parte di applicazioni in edilizia il *range* varia mediamente da 4 a 10 cm. La tabella 36 riassume i valori dei principali indicatori espressi al kg di prodotto e al m^3 dei **differenti tipologie di isolanti per l'edilizia**. I valori di GER e GWP espressi al kg, nonché densità e conducibilità termica, dei diversi materiali fanno riferimento agli studi precedentemente analizzati.

Materiale	Conducibilità termica λ	Densità media kg/m^3	GER MJ/kg	CO_2 eq. Irreversibile kg/kg	GER MJ/m^3	CO_2 eq. Irreversibile kg/m^3
Sughero	0,040	120	57	1	6840	120
Lana di roccia	0,038	120	20	2	2400	240
Lino	0,042	30	42	1,4	1260	42
Lana di vetro	0,039	20	47	3	940	60
PS estruso	0,036	34	89	3,1	3026	105
PU rigido[1]	0,027	32	92	3,9	2944	125
EPS medio 100% vergine	**0,035**	**20**	**113,9**	**4,6**	**2278**	**92**
EPS 90% riciclato	**0,035**	**20**	**96**	**3,1**	**1920**	**60**

Tabella 1 - GER e GWP riferiti al kg e al m3 per le differenti tipologie di materiali isolanti per edilizia.

IL WATERFOOT PRINT

TRA LE MATERIE PRIME CONSUMATE VI E' L'ACQUA

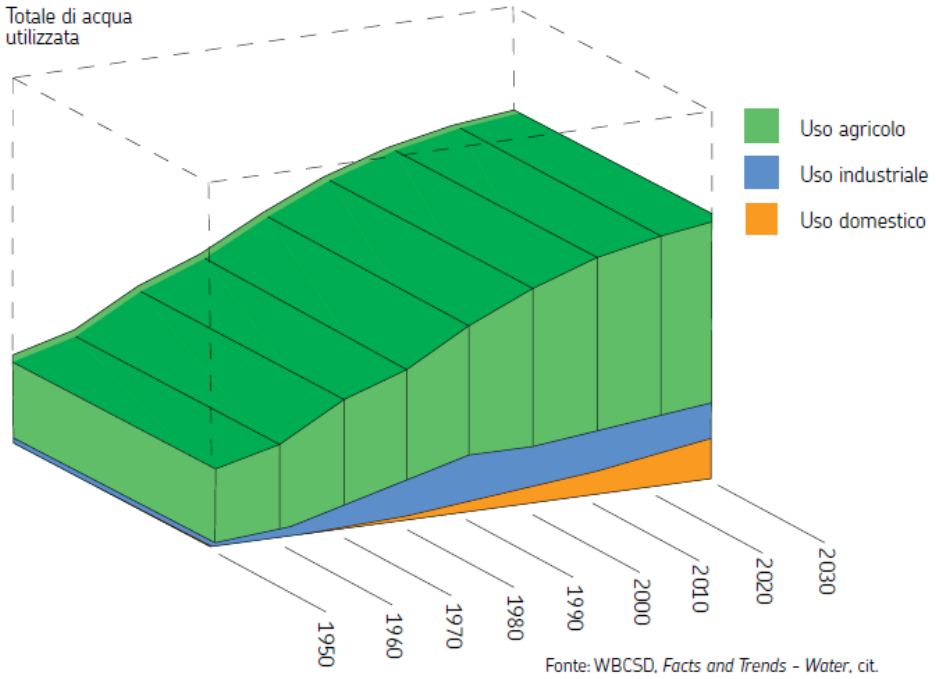
L'acqua rappresenta un bene primario, la cui distribuzione non uniforme, scarsità e sfruttamento sempre più massiccio, rendono lo stress oggi applicato intorno alla sua corretta gestione sempre maggiore.

Il **Water Footprint** permette di misurare la "quantità di acqua necessaria" per produrre un determinato prodotto, verificabile e confrontabile da parte di qualsiasi utilizzatore.

Lo scenario attuale di utilizzo delle risorse idriche disponibili ci sta portando allo sfruttamento di quantità di acqua enormi, specialmente se si pensa che soltanto lo 0,001% dell'acqua presente sul nostro pianeta è effettivamente disponibile per l'utilizzo da parte dell'uomo, poiché di sufficiente qualità e accessibile a costi accettabili.

In un futuro prossimo, anche a causa del riscaldamento globale e dell'inquinamento, la quantità di acqua dolce a disposizione potrebbe non essere più sufficiente a soddisfare la crescente domanda.

Il prelievo delle risorse idriche per tipologia di settore: le prospettive future



Fonte: WBCSD, *Facts and Trends - Water*, cit.

Il peso dell'industria rimarrà stabile o in lieve diminuzione, grazie soprattutto all'**incremento di efficienza** che caratterizzerà i processi produttivi.

I consumi del settore domestico, invece, subiranno un **rapido incremento** sorpassando il settore industriale.

WFP: Che cosa si intende?

Il Water Footprint – detto anche *impronta idrica* o *virtual water content* – è un indicatore complessivo e multidimensionale caratterizzato dai volumi di acqua dolce direttamente o indirettamente consumati per realizzare un prodotto e calcolato tenendo conto di tutte le fasi della catena di produzione.

Come indicatore per il "consumo di acqua", il Water Footprint differisce dalla classica misura di "prelievo di acqua":

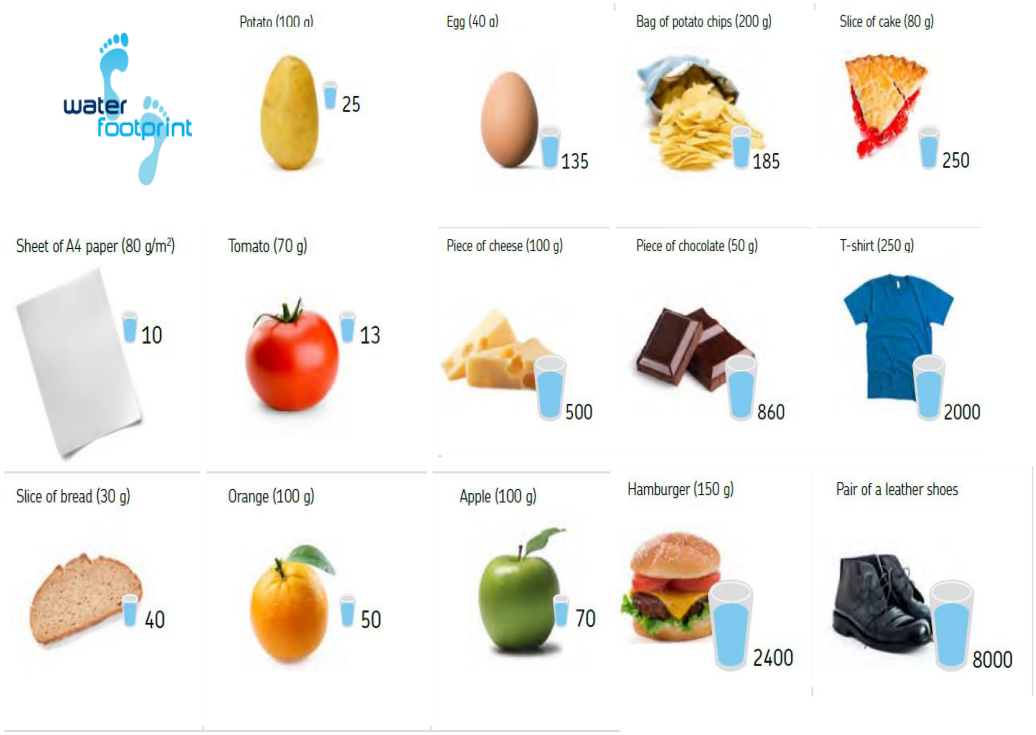
1. *La quota di acqua prelevata e non consumata* (ossia che ritorna alla fonte dalla quale è stata prelevata), *non deve essere conteggiata* nel calcolo.
2. Tiene conto sia del consumo diretto e indiretto dell'acqua, sia dell'acqua di evapotraspirazione, che di quella inquinata a seguito del suo utilizzo.

Il Water Footprint ha tre componenti:

- la **green water** (o impronta idrica verde) rappresenta principalmente il volume di acqua evapotraspirata dalle piante durante la fase di coltivazione;
- la **blue water** (o impronta idrica blu) rappresenta il volume di acqua utilizzata che non torna, a valle del processo produttivo, alla fonte dalla quale proviene;
- la **grey water** (o impronta idrica grigia) rappresenta il volume di acqua inquinata, che può essere quantificata calcolando il volume di acqua necessario per diluire gli agenti inquinanti, riportando la concentrazione ai livelli naturali del corpo ricettore entro il quale viene rilasciata.

Il Water Footprint di un prodotto

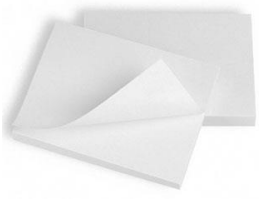
- è il **volume di acqua** utilizzato per realizzare un prodotto, sommando tutti gli usi nei diversi step della catena di produzione;
- Ha una dimensione temporale e spaziale: quando e dove l'acqua viene utilizzata;
- Tiene conto :
  - dell'utilizzo diretto di acqua nelle attività condotte per produrre il prodotto finale;
  - dell'utilizzo indiretto di acqua necessaria alla produzione delle materie prime;
- Ha tre componenti: green, blue e grey water.



Water Footprint medio globale di alcuni tipi di prodotti di uso comune (espresso in litri)

Esempi per alcuni materiali da imballaggio

valori espressi in litri per kg di prodotto



Carta vergine: 1.092 litri
Green Water: 1.029 litri
Blue Water: 63 litri

Carta riciclata: 29 litri
Green Water: - litri
Blue Water: 29 litri

Cartoncino vergine: 825 litri
Green Water: 776 litri
Blue Water: 49 litri

Legno: 923 litri
Green Water: 921 litri
Blue Water: 2 litri

ALU: 34 litri
Green Water: - litri
Blue Water: 34 litri

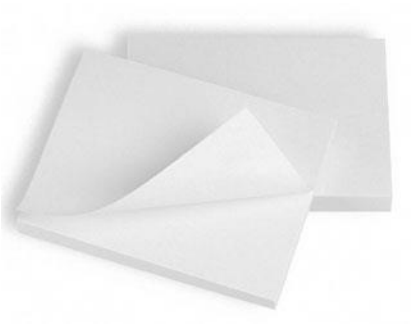
PET: 7 litri
Green Water: - litri
Blue Water: 7 litri

EPS: 6 litri
Green Water: - litri
Blue Water: 6-20 litri

PUR rigid foam: 74 litri
Green Water: - litri
Blue Water: 74 litri

Esempi per alcuni materiali da imballaggio

Valori arrotondati ed espressi in litri per kg di prodotto



CARTA

- **Carbon Footprint: 1÷2 kg CO_2**
- **GER: 30÷55 MJ** di cui
- da fonte rinnovabile: 5÷37 MJ
- da fonte non rinnovabile: 8÷24MJ (<<1kg)
- **Water Footprint: 30÷1092 litri**
- Green Water: 0÷1.029 litri
- Blue Water: 30÷63 litri

LEGNO

- **Carbon Footprint: 0,5 kg CO_2**
- **GER:30 MJ** di cui
  - da fonte rinnovabile: 20 MJ
  - da fonte non rinnovabile: 6 MJ (<<1 kg)
- **Water Footprint: 923 litri**
- Green Water: 921 litri
- Blue Water: 2 litri

PLASTICA

- **Carbon Footprint: 2÷3,3-4,7kg CO_2**
- **GER: 70÷100 MJ** di cui
- da fonte rinnovabile: 1÷3 MJ
- da fonte non rinnovabile: 69÷98 MJ (1,5÷2 kg)
- **Water Footprint: 5÷90 litri**
- Green Water: - litri
- Blue Water: 5÷90 litri
- Grey water:

7. PERCHE' L'EPS E' UN MATERIALE SOSTENIBILE

La sostenibilità di un materiale viene analizzata considerando tre aspetti:

- Funzionale
- Ambientale
- Sociale

In precedenza sono stati riportati i termini di riferimento, mentre in questa sezione si riassumono le conclusioni in merito alla sostenibilità.

DICHIARAZIONE DI SOSTENIBILITA'

AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

AIPE

ASSOCIAZIONE ITALIANA POLISTIRENE ESPANSO

Sulla base delle dichiarazioni allegate, rilasciate da Organi accreditati a livello nazionale, quali:

LCE Life Cycle Engineering www.studiolce.it

IIP Istituto Italiano dei Plastici www.iip.it

Afferma

LA SUSSISTENZA DEI REQUISITI DI ECO-COMPATIBILITA' E DI LUNGA DURATA DELL'EPS, POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO.

Le dichiarazioni sono conformi agli standard e sono redatte sulla base di norme nazionali europee ed internazionali vigenti, in modo da garantire l'adeguatezza al committente e all'ente appaltante.

I dati riportati nella dichiarazione di eco-compatibilità e di lunga durata rappresentano valori medi e possono essere riferiti a prodotti immessi sul mercato da aziende associate ad AIPE, in quanto le verifiche sperimentali sono state condotte su campioni da queste prodotte.

Si evidenziano i seguenti indicatori:	
Risorse	Considerate naturali e, ad oggi, non rinnovabili
Riciclabilità	I prodotti sono riciclabili al 100%
Salute umana	I prodotti non contengono sostanze tossiche o nocive
Processo produttivo	Il processo produttivo avviene con metodi di "best practices"
Durata	I prodotti, in condizioni standard di riferimento, mantengono le proprie prestazioni nel tempo
Conformità/marcatura CE	I prodotti sono conformi alla norma di prodotto UNI EN 13163 e sono marcati CE per il settore dell'isolamento termico
Regolamento Reach	Materia prima registrata e prodotto conforme al regolamento europeo

Sostenibilità funzionale:

Durata prestazionale	+++	Le prestazioni dell'EPS durano per moltissimi anni
Isolamento termico	+++	L'EPS è un ottimo isolante
Assorbimento H_2O	+	L'EPS assorbe poca acqua – 3%
Permeabilità vapore	++	L'EPS è permeabile al vapore al pari di un mattone
Capacità termica	++	L'EPS ha grande capacità termica ma ha bassa densità, quindi accumula poco calore
Sfasamento	+	L'EPS ha poca massa quindi crea poco sfasamento dell'onda termica estiva
Attenuazione	+++	L'EPS è un ottimo isolante quindi attenua molto l'onda termica estiva
GER	++	L'EPS presenta un contenuto di energia nel suo LCA di pari valore di altri materiali se confrontati con un'unità funzionale a m^3
GWP	++	L'EPS presenta un'emissione di CO_2 in ambiente nel suo LCA di pari valore di altri materiali se confrontati con un'unità funzionale a m^3
Tossicità	+++	L'EPS nella fase di utilizzo finale non rilascia sostanze tossiche
Reazione al fuoco	+	L'EPS tal quale ha una classificazione E ovvero non propagante l'incendio
Reazione al fuoco con rivestimento	++	L'EPS con rivestimento in cartongesso o intonaco ha una classificazione B ovvero …….
Sostanze emesse in incendio	++	L'EPS emette bassissime quantità di CO e limitati prodotti organici a paragone con altri materiali combustibili
Assenza di fibre	+++	L'EPS non contiene fibre tossiche
WFP	+++	L'EPS consuma pochissima acqua nel ciclo di vita
Assenza di CFC	+++	L'EPS non ha mai utilizzato e non contiene CFC
Rispetto norme e regolamenti	+++	L'EPS rispetta tutte le norme attualmente in vigore
Sostenibilità ambientale		
Recupero e riciclo post uso	+++	
Recupero e riciclo scarti produzione	+++	
Recupero e riciclo scarti da cantieri	+++	
VOC	++	L'EPS dopo la stagionatura non emette sostanze tossiche
Sostenibilità sociale		
Produzione a distanza limitata	+++	L'EPS viene prodotto in molte aziende distribuite nel territorio con facile accesso
Trasformazione in Italia	+++	L'EPS viene trasformato in Italia garantendo attività e lavoro alle aziende nazionali
Rapporto costo/prestazioni	+++	L'EPS è uno dei materiali migliori per tutte le applicazioni
Facilità di utilizzo	+++	L'EPS è considerato il materiale isolante per eccellenza per la facilità di utilizzo in tutte le applicazioni

Scala di valutazione:

+++ ottima ++ buona + sufficiente

8. LE PUBBLICAZIONI DI AIPE

AIPE pubblica periodicamente documenti indirizzati all'utente finale, al progettista ed al costruttore.

Tutte le informazioni in essi contenute sono supportate da riferimenti nazionali ed europei basati su ricerche ed analisi specifiche.

La documentazione definita "divulgativa" è utilizzata allo scopo di facilitare la conoscenza delle caratteristiche dell'EPS, di certo non per ingannare il lettore che con la propria volontà può approfondire con documentazione più dettagliata.

I LIBRI

Costruire rilevati stradali e fondazioni con EPS
Il bioprogetto
Il polistirene e l'impatto ambientale
Isolamento esterno a cappotto
Le condense interne e superficiali
Prontuario dei materiali isolanti e del risparmio energetico
Sistemi innovativi in EPS

I QUADERNI

Volume 1 - Isolare
Volume 2 - Costruire
Volume 3 - Comportamento al fuoco
Volume 4 – Impatto ambientale
Volume 5 – I cambiamenti climatici
Volume 6 – EPS, impatto ambientale e ciclo di vita
Volume 7 – Isolamento acustico di pareti esterne a cappotto
Volume 8 – I sistemi a pannelli radianti in EPS
Volume 9 – Dichiarazione prestazioni ambientali dell'EPS
Volume 10- EPS e durata prestazionale
Volume 11- Le pareti ventilate
Volume 12- Riciclare l'EPS
Volume 13- L'EPS e il comfort estivo
Volume 14- Isolamento esterno a "cappotto"

LE BROCHURE

Quello che ti hanno detto su di lui sono tutte palle
Se siete imballo
Efficienza per la sostenibilità
Il design creativo
Imballare trasportare proteggere
EN 13163
Le passive house

i libri
Costruire rilevati stradali e fondazioni con l'EPS
Il bioprogetto
Il polistirene e l'impatto ambientale
Isolamento esterno a cappotto
Le condense interne e superficiali
Prontuario dei materiali isolanti e del risparmio energetico
Sistemi innovativi in EPS

AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso
aipe@epsass.it
www.aipe.biz
le brochure
i libri
i quaderni

i quaderni
Isolare - Volume 01
Costruire - Volume 02
Comportamento al fuoco - Volume 03
Impatto ambientale - Volume 04
I cambiamenti climatici - Volume 05
EPS, impatto ambientale e ciclo di vita - Volume 06
Isolamento acustico di pareti esterne a cappotto - Volume 07
I sistemi a pannelli radianti in EPS - Volume 08
Dichiarazione prestazioni ambientali dell'EPS - Volume 09
EPS e durata prestazionale - Volume 10
Le pareti ventilate - Volume 11
Riciclare l'EPS - Volume 12
L'EPS e il comfort estivo - Volume 13
Isolamento Esterno a "Cappotto" - Volume 14

le brochure
Quello che ti hanno detto su di lui sono tutte palle
Se siete imballo
Efficienza per la sostenibilità
Il design creativo
Imballare trasportare proteggere
EN 13163
Le passive house

NOTA INTEGRATIVA

Vengono riportate alcune note ad integrazione di quanto riportato in precedenza a supporto dell'attività svolta dall'Associazione AIPE.

1. Presentazione AIPE

AIPE è l'Associazione nazionale fondata nel 1984 con la finalità di promuovere l'utilizzo dell'EPS di qualità nei settori applicativi principali: edilizia ed imballaggio, senza trascurarne le applicazioni minori, quali la vetrinistica, la floro-vivaistica, i caschi, l'auto, la modellistica.

AIPE raccoglie le esigenze degli utilizzatori e degli utenti finali, dei progettisti e dei decisori.

Predispone la documentazione tecnico-divulgativa per rispondere alle diversificate richieste del mercato.

Aiuta il consumatore ad operare una corretta scelta prestazionale ed ambientale per l'utilizzo dell'EPS.

2. L'attività di comunicazione di AIPE è da sempre supportata dall'obiettivo primario della correttezza e trasparenza dei dati pubblicati
3. AIPE e le Aziende iscritte ad essa operano con il rispetto di un codice etico condiviso dalla rete europea che raccoglie tutta l'operatività dei produttori e trasformatori di EPS
4. La comunicazione dell'Associazione è sempre rivolta all'analisi corretta delle caratteristiche e delle prestazioni dell'EPS senza mai coinvolgere materiali alternativi o sostitutivi
5. L'Associazione non ha mai operato su commesse di Enti e di operatori commercialmente interessati ad aspetti economici di mercato
6. AIPE è l'Associazione Italiana che opera senza fini di lucro a favore delle aziende italiane iscritte alla stessa e che produce e trasforma EPS nel territorio nazionale.

Via M. A. Colonna, 46 • 20149 Milano • Tel. +39 02 33606529 • Fax +39 02 33606604 • e-mail: aipe@epsass.it • http://www.aipe.biz • Cod. Fisc. n. 80204170155

AIPE

Associazione Italiana Polistirene Espanso

Via M. A. Colonna 46

20149 Milano

Tel. 02 33 60 65 29

Fax 02 33 60 66 04

e-mail: aipe@epsass.it

www.aipe.biz