

"Edifici a consumo quasi zero"
in regioni calde del bacino del Mediterraneo

*“ per raggiungere lo standard **ZNE (zeronet energy building)** bisogna partire dalla considerazione che ogni edificio è unico, ha una sua tipicità e, come tale, va analizzato mediante un approccio bioclimatico, lavorando non sui singoli elementi, ma in maniera integrata”*

www.0-co2.it

Caratteristiche degli edifici ad alta efficienza energetica in regioni calde del bacino del Mediterraneo

Gli edifici ad alta efficienza energetica costruiti in Europa adottano prevalentemente la tecnologia delle pareti multistrato leggere (pareti stratificate a secco con la tecnologia S/R, pareti prefabbricate con il sistema SAAD, pareti in legno, etc) con un pacchetto costituito, quasi totalmente, da materiali strutturali a bassa densità ed isolanti termici ad elevato spessore (anche 20-30 cm), a basso peso specifico e, quindi, a bassa massa di accumulo, al fine di ottenere valori di trasmittanza termica stazionaria molto bassi (inferiori comunque a 0,15 W/mqK). E', comunque, da considerare che tali tecniche di super-isolamento, trovano indicazione soprattutto in zone climatiche continentali del nord e centro Europa, dove i consumi per il riscaldamento invernale prevalgono nettamente su quelli per il raffrescamento estivo. Inoltre, mentre nel periodo invernale il requisito principale è la protezione del trasferimento del calore dagli ambienti interni all'esterno, durante il periodo estivo, uno dei requisiti è quello dello smaltimento, di notte, del sovraccarico termico accumulato durante il giorno: purtroppo, questa tipologia di involucro "iperisolata", essendo caratterizzata da una bassa massa termica e, quindi, da una limitata inerzia termica, non permette di "scaricare" adeguatamente nelle ore notturne, il calore accumulato durante il giorno innescando, così, un processo di surriscaldamento. In zone climatiche calde e temperate come, ad esempio, l'area del bacino del mediterraneo, tale fenomeno di sovraccarico termico risulta molto spesso irreversibile se non vi è, nella costruzione, un perfetto controllo delle fonti di irraggiamento solare (effetto serra) ed un'adeguata gestione degli apporti gratuiti di calore all'interno dell'edificio (persone, elettrodomestici ed apparecchiature elettriche, illuminazione artificiale, etc). Oltretutto, con questa tipologia di involucro non è possibile sfruttare i benefici dei sistemi passivi di riscaldamento, vista la limitatezza e, in alcuni casi, la totale mancanza di superfici dotate di massa di accumulo termico in grado, quindi, di accumulare il calore quando necessario, per poi distribuirlo agli spazi interni quando l'effetto del guadagno solare cessa.

Anche per quanto riguarda il raffrescamento passivo, la massa di accumulo termico appare necessaria in quanto potrebbe essere sfruttata come vero e proprio pozzo termico.

A questi inconvenienti si è cercato di porre rimedio mediante l'adozione di elementi strutturali dotati di massa di accumulo termico (come, ad esempio, solai e pavimenti massivi, corpi scala in cemento armato, strati di intonaco interno ad alto spessore, etc) e/o l'impiego, nella stratificazione delle tamponature esterne, di materiali dotati di una maggiore densità e/o calore specifico (ad esempio pannelli in legno massiccio tipo X-LAM, lana di legno e fibra di legno ad alta densità, fibra di legno mineralizzata, fibre di cellulosa o canapa, intonaci in terra cruda, etc.); tuttavia, il ricorso a tali soluzioni, anche se in alcuni casi consente di raggiungere degli ottimali valori di trasmittanza termica periodica e dei discreti valori di sfasamento ed attenuazione, non permette, comunque, di raggiungere degli adeguati valori di capacità termica areica interna periodica, di massa termica e di ammettenza interna estiva. Infatti, in area climatica mediterranea e, comunque, in zone dal clima caldo e/o temperato, un involucro edilizio altamente performante dal punto di vista energetico, se caratterizzato da una scarsa ammettenza interna e da un'insufficiente capacità termica areica interna periodica, (che in parole povere rappresenta la capacità di un componente edilizio di accumulare i carichi termici provenienti dall'interno) può innescare, all'interno dell'edificio, dei fenomeni di surriscaldamento sia nella stagioni estive che nelle stagioni intermedie, (soprattutto in ambienti con alto indice di affollamento) e, quindi, delle condizioni di estremo discomfort termico.

eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE

www.0-co2.it

Dalla lettura della Direttiva EUROPEA 2010/31/UE (EPBD), si evince la definizione di “edificio a consumo quasi zero”: *“è un edificio ad altissima prestazione energetica in cui il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze”*.

È una definizione estremamente aleatoria che, lasciando spazio ad ampie possibilità, può dare origine ad incomprensioni in quanto:

- 1) non definisce una soglia precisa dei consumi energetici;
- 2) si limita a stabilire “l'eventualità” di produrre in loco l'energia rinnovabile;
- 3) non fa alcun riferimento alla sostenibilità bio-ecologica del processo edilizio, dei materiali e delle tecnologie costruttive impiegate.

Pertanto, nel cantiere sperimentale di Lecce, i principi che sono stati adottati, al fine di raggiungere l'obiettivo della costruzione di un “edificio a consumo quasi zero”, sono stati i seguenti :

- 1) drastica riduzione dei consumi energetici mediante un approccio progettuale basato sui criteri dell'architettura bioclimatica e della “progettazione passiva” (standard Passivhaus) al fine di raggiungere la classe energetica A+;**
- 2) fabbisogno energetico interamente garantito da fonti rinnovabili “on site”;**
- 3) alta sostenibilità bio-ecologica dell'intervento sulla base del protocollo ITACA ;**

Infatti, i criteri progettuali di un edificio ad alta efficienza energetica per lo più sviluppati, sperimentati e messi a punto nei paesi dell'Europa centrale e settentrionale (in cui la priorità è costituita dal contenimento della dispersione del calore nella stagione invernale), sono stati adeguatamente ponderati, rivisitati ed adattati al clima mediterraneo, poiché, alle nostre latitudini, è fondamentale risolvere il problema del surriscaldamento estivo e del conseguente contenimento energetico delle spese di condizionamento, così come annunciato dalle direttive europee 2010/31/UE (EPBD) e dalla recente direttiva 2012/27/UE.

Nel dettaglio il progetto è caratterizzato da:

- 1) Progettazione attenta alle condizioni bioclimatiche e microclimatiche del sito, attraverso un'analisi adeguata del microclima locale, della posizione geografica, dell'orientamento dell'edificio, della presenza di vegetazione e delle caratteristiche della stessa, dell'ubicazione degli edifici adiacenti, più o meno alti e della loro distanza dalla costruzione, dello studio dei venti dominanti, al fine del calcolo degli apporti solari gratuiti (solare passivo) ovvero del contributo che viene dato per il riscaldamento dell'edificio da parte dell'irraggiamento solare attraverso le aperture vetrate.
- 2) Sfruttamento degli apporti gratuiti di energia solare in regime invernale ed adeguato controllo dei carichi interni in regime estivo mediante adeguate "masse di accumulo termico": più nel dettaglio è stato progettato un involucro edilizio caratterizzato da elementi capacitivi opportunamente combinati con materiali resistivi (isolanti caratterizzati sia da una bassa densità che, soprattutto, da una bassa conducibilità termica del tipo **STIFERITE GT ed SK**), in maniera tale da raggiungere, **con uno spessore complessivo della parete di soli 43 cm**, delle trasmittanze termiche (U) inferiori a 0,15 W/mqK (limite consigliato dallo standard Passivhaus). L'involucro è stato studiato in maniera tale da garantire una perfetta tenuta all'aria ed al vento e l'assenza di ponti termici, condense e/o muffe.

- 3) la protezione ed il controllo dell'irraggiamento solare attraverso un adeguato dimensionamento delle aperture vetrate, con una percentuale di superficie vetrata di molto inferiore rispetto a quanto consigliato dallo standard tedesco Passivhaus, soprattutto per le facciate orientate ad est, sud/est, ovest. Più nel dettaglio, sono stati impiegati infissi con vetrocamera costituito da triplo vetro basso emissivo con un fattore solare del 47%, $U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 0.92 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_w < 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ e permeabilità all'aria di classe 4 secondo DIN EN 12207. I ponti termici sono stati risolti mediante l'impiego di controtelai coibentati della Maico serie Libra. Tutte le aperture saranno inoltre completate con schermature solari esterne controllate da sistemi di Building Automation.
- 4) Elevato comfort termico ed acustico in modo tale da garantire il più alto livello di comfort previsto dalle normative (indice ASHRAE 6% di insoddisfatti), senza l'impiego del tradizionale impianto di riscaldamento a pavimento radiante, ma mediante l'installazione di un sistema attivo di climatizzazione/deumidificazione di piccolissima taglia, alimentato da fonti energetiche rinnovabili, da utilizzare saltuariamente in inverno (in caso di assenza di sole per più giornate) e saltuariamente in estate in giornate particolarmente calde (comunque, per massimo 20 giorni), abbinato ad un impianto di ventilazione meccanica controllata con recupero termodinamico di calore e di energia. Tale impianto consente, inoltre, l'eliminazione di potenziali inquinanti emessi in ambiente dall'arredamento, la riduzione della polvere in ambiente, ed una temperatura dell'aria ottimale sia in inverno che in estate, con controllo costante del livello di umidità e delle condizioni di salubrità dell'aria.
- 5) Sfruttamento dell'energia solare per l'acqua calda sanitaria (pannelli solari) e per la corrente elettrica (pannelli fotovoltaici) con l'obiettivo di produrre più energia di quanto se ne consuma (edificio Energy plus).
- 6) Sfruttamento della ventilazione naturale passiva e del "free-cooling" notturno mediante il vano scala concepito come una "torre del vento";

- 7) Installazione di n.4 unità per il rinnovo e la purificazione dell'aria con recupero termodinamico attivo per installazione interna. Grazie alla tecnologia della pompa di calore, il recupero termodinamico attivo moltiplica tutto l'anno l'energia contenuta nell'aria espulsa ed elimina le elevate perdite di carico dei sistemi tradizionali. Il filtro elettrostatico, ad altissima efficienza, è in grado di eliminare fumi, polveri sottili, virus e batteri. Le sue caratteristiche permettono inoltre di ridurre i consumi elettrici di ventilazione.
- 8) Eliminazione dell'inquinamento da gas radon.
- 9) un'alta sostenibilità bio-ecologica dei materiali impiegati, anche riguardo alle strutture e/o manufatti in calcestruzzo: sono, infatti, state impiegate miscele di cemento portland di classe 1 (CEM I) oppure di cemento portland al calcare (CEM II/A-L oppure CEM II/A-LL) senza l'impiego di PUFA, ceneri volanti, pozzolana artificiale, loppa d'altoforno, silica fume, con una scrupolosa analisi dei valori di metalli pesanti e di costituenti secondari presenti; inoltre, sulla base dei principi della bioedilizia, sarà evitato l'impiego di materiali prodotti e tecnologie contenenti nanoparticelle di biossido di titanio, silicio, quarzo di diametro inferiore a 5 micron.

eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE

www.0-co2.it

Caratteristiche dei tamponamenti esterni

Le pareti esterne, sono costituite da una muratura doppia, realizzata in cantiere, mediante l'impiego di due strati omogenei di materiali differenti, con caratteristiche termiche essenzialmente "capacitive" (strati pesanti "strutturali", dotati di resistenza meccanica, ad alta massa volumica) ed a ridotto spessore, alternati ad uno strato (o pluristrato) di materiali con caratteristiche termiche essenzialmente "resistive" (coibentazione termica a bassa densità e/o densità e tipologia differenziata), da finire in cantiere con un ulteriore strato di rivestimento a cappotto. Nel dettaglio i manufatti capacitivi sono costituiti da un elemento interno in tufo locale (di spessore differente sulla base dell'esposizione solare della parete) e da un elemento esterno costituito da un blocco di cemento alleggerito e non, con argilla espansa, (di densità e conduttività termica differente sempre in base all'orientamento della parete). Per lo strato resistivo, in intercapedine, sono stati invece impiegati pannelli isolanti in **PUR STIFERITE GT**, adeguatamente alternati, solo per l'involucro edilizio orientato ad EST, a pannelli in fibra di legno ad alta densità.

L'alternanza di manufatti straordinariamente capacitivi ad elementi altamente resistivi a densità, calore specifico e diffusività differente, garantisce, non solo la riduzione delle perdite di calore verso l'esterno e lo sfruttamento dei guadagni di energia solare in inverno, ma assicura, contemporaneamente, anche la protezione dagli apporti solari estivi e, soprattutto, il controllo e lo smaltimento adeguato degli apporti di calore gratuiti interni.

L'involucro così concepito ha permesso di ottenere, senza variare lo spessore complessivo del pacchetto di tamponamento, differenti valori di sfasamento dell'onda termica, compresi tra le 15 e le 21 ore, variabili in base all'orientamento-esposizione solare della parete dell'edificio, in modo da "spostare", il picco di temperatura, nelle ore in cui la temperatura esterna è inferiore (ovvero alle prime ore dell'alba) : infatti, negli edifici ad alta efficienza energetica, soprattutto in aree climatiche calde e/o temperate, tale

caratteristica dell'involucro edilizio è di fondamentale importanza in quanto consente di mitigare eventuali fenomeni di surriscaldamento estivo, permettendo di far “scaricare” nelle ore notturne più fresche, il calore accumulato, dall'involucro edilizio, durante il giorno.

Più nel dettaglio, le pareti sono connotate dalle seguenti 3 tipologie di sfasamento dell'onda termica sulla base dell'orientamento-esposizione dell'involucro edilizio:

- i. **Per le pareti orientate ad EST il pacchetto stratigrafico è stato calibrato in maniera tale da ottenere uno sfasamento dell'onda termica di circa 20 ore;**
- ii. **Per le pareti orientate a SUD il pacchetto stratigrafico è stato calibrato in maniera tale da ottenere uno sfasamento dell'onda termica di circa 17 ore;**
- iii. **Per le pareti orientate ad OVEST il pacchetto stratigrafico è stato calibrato in maniera tale da ottenere uno sfasamento dell'onda termica di circa 15 ore.**

Considerando che il fattore di sfasamento assume un'importanza minore con valori del fattore di attenuazione “praticamente nulli”, come quelli dell'involucro in oggetto, è comunque da evidenziare che riuscire a garantire anche dei valori ottimali di sfasamento dell'onda termica appare senza dubbio vantaggioso in termini di prestazioni energetiche, soprattutto in questo particolare ambito applicativo, ove è necessaria una puntuale ed attenta progettazione dell'involucro edilizio. **Da un'attenta indagine di mercato, circa il 70% dei sistemi e/o manufatti destinati al mercato dell'edilizia ad alte prestazioni energetiche, oggi in commercio, presentano dei valori di sfasamento dell'onda termica decisamente eccessivi (anche superiori alle 24 ore), che di fatto annullano lo sfasamento stesso, spostando il picco, in regime estivo, in fasi della giornata con temperature già alte, non permettendo così, alla parete, di scaricare in maniera ottimale il calore accumulato durante la giornata precedente.**

Esaminando più in particolare le prestazioni energetiche, l'involucro edilizio si distingue per le seguenti caratteristiche:

- 1) Possiede degli eccellenti valori di trasmittanza termica stazionaria “U” compresi tra **0,12-0,13 W/mqK**; pur essendo dell'opinione che, in regime dinamico, (ovvero quando il “fattore tempo”, come ad esempio nei mesi estivi, non può essere trascurato poichè la temperatura sui due lati della parete varia nell'arco delle 24 ore), la trasmittanza termica stazionaria è un indicatore insufficiente a descrivere la prestazione energetica, il sistema costruttivo in oggetto è comunque caratterizzato da valori così performanti di trasmittanza termica stazionaria, per le seguenti motivazioni:
 - a. Rispettare lo standard tedesco “Passivhaus”, che considera il valore di 0,15 W/mqK come limite massimo consigliato per le pareti di tamponamento di edifici ad alta efficienza energetica; inoltre, sulla base di recenti monitoraggi su case passive edificate in zone climatiche temperate si è constatato che valori di trasmittanza termica stazionaria compresi tra 0,12 e 0,14 W/mqK, comunque contribuiscono a migliorare le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio, non solo in regime invernale, ma anche in regime estivo;
 - b. le stesse norme tecniche che disciplinano l'analisi energetica del sistema edificio impianto, (come le norme UNI/TS 11300, oggi adottate per il calcolo delle verifiche di legge), sono state redatte sulla base dei concetti di fisica tecnica applicata alle verifiche energetiche invernali (ereditata da un approccio scientifico e da un assetto legislativo d'impostazione mitteleuropea-continentale), in cui la rappresentazione del comportamento energetico dell'edificio, degli impianti, o delle strutture edilizie che compongono l'involucro, è sviluppata attraverso modelli matematici “semplificati” in “regime statico o stazionario”, che non considerano il fattore “tempo” all'interno degli algoritmi di calcolo;

- 2) Sulla base delle valutazioni di cui al punto precedente, considerato che il metodo di calcolo più appropriato di analisi energetica risulta essere quello condotto in “regime dinamico”, soprattutto in climi caldi e/o temperati, l'obiettivo primario del progetto è stato quello di “minimizzare” anche i valori di trasmittanza termica periodica (trasmittanza termica dinamica “U_{din}” o “Y_{ie}”), poiché si ritiene che essa rappresenti uno dei parametri più idonei a contenere gli effetti derivanti dall'oscillazione della temperatura superficiale esterna del componente edilizio causati dall'irraggiamento solare e dalla temperatura dell'aria esterna: pertanto l'involucro edilizio **è caratterizzato da ottimali valori di trasmittanza termica periodica, variabili tra 0,0016-0,0019 W/mqK e da un fattore di attenuazione estiva compreso tra 0,0157- 0,0168.**
- 3) **E' caratterizzato da adeguati valori di capacità termica areica interna periodica (cip), pari a 55 kJ/mqK, parametro estremamente importante in zona climatica calda e/o temperata tipo il bacino del mediterraneo, sia per prevenire ogni fenomeno di surriscaldamento estivo a causa degli apporti gratuiti interni, che consentire un adeguato accumulo termico passivo nei mesi invernali e nelle stagioni intermedie.** Sulla base di recenti ricerche scientifiche condotte dall'ing. Costanzo di Perna dell'Università di Ancona e di monitoraggi di edifici ad alta efficienza energetica in regime dinamico, vengono prese come riferimento le seguenti coppie **Y_{ie} - Cip** a cui corrispondono analoghe risposte di comfort abitativo in fase estiva:

Tabella 1 – Trasmittanza termica periodica e capacità termica areica interna periodica.

Trasmittanza termica periodica Y _{ie} [W/mqK]	Capacità termica areica interna periodica [kJ/mqK]
Y _{ie} ≤ 0,04	Cip ≥ 50
0,04 < Y _{ie} ≤ 0,08	Cip ≥ 70
0,08 < Y _{ie} ≤ 0,12	Cip ≥ 90

Purtroppo il 90% dei manufatti e sistemi costruttivi oggi impiegati per l'edilizia ad alta efficienza energetica (ovvero caratterizzati da una $Y_{ie} \leq 0,04 \text{ W/mqK}$), presenta una capacità termica areica interna periodica insufficiente (inferiore a 50 kJ/mqK).

- 4) Possiede adeguati valori di massa termica superficiale (escluso intonaci), variabile tra i 280 ed i 290 kg/mq e degli eccellenti valori di ammettenza interna estiva compresi tra 4,02- 4,20 W/mq/k, parametro estremamente importante in zona climatica calda e/o temperata, tipo il bacino del mediterraneo, sia per prevenire ogni fenomeno di surriscaldamento estivo (a causa degli apporti gratuiti interni) che consentire un adeguato accumulo termico passivo nei mesi invernali.**

eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE

www.0-co2.it

Sostenibilità economica ed ambientale delle pareti di tamponamento esterno

- 1) Uso di materiali capacitivi di produzione locale a ridotto spessore, (tufo e manufatti in cls alleggerito e non) in modo da limitare non solo la quantità del materiale impiegato ma, soprattutto, contenere l'impatto ambientale dovuto agli oneri ed alle emissioni relative ai trasporti dal luogo di produzione al cantiere.
- 2) Uso di materiali resistivi (**PUR stiferite GT ed SK**) caratterizzati, a parità di prestazioni energetiche, dalla minore massa volumica e spessore, in modo da ottimizzare il consumo di risorse e contenere i costi economici ed ambientali dovuti al trasporto del materiale.
- 3) Semplicità di separazione di ogni singolo componente dell'involucro edilizio in fase di futura dismissione, trasporto a discarica e riciclo, rispetto ad altri manufatti in cui, i materiali isolanti, vengono insufflati o solidalmente integrati negli strati capacitivi.
- 4) Il maggiore onere economico della posa in opera della doppia parete è stato ampiamente compensato dal costo limitato dei singoli componenti dell'involucro, dalla semplicità di posa e movimentazione in cantiere e, non ultima, dalle straordinarie prestazioni energetiche che consentono, in pochi anni, il ritorno economico dell'investimento. Oltretutto, il ricorso ad altri sistemi costruttivi (pareti leggere stratificate a secco, blocchi termici monostrato con isolamento integrato od insufflato) avrebbero reso più oneroso il controllo della perfetta tenuta all'aria ed al vento della muratura e dei ponti termici.

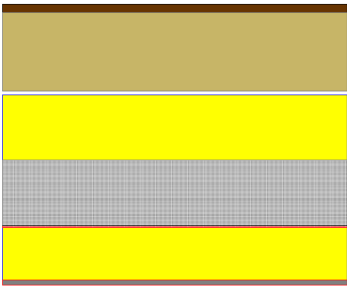
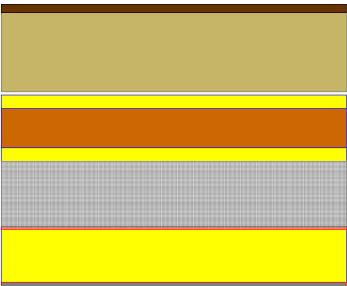
eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE

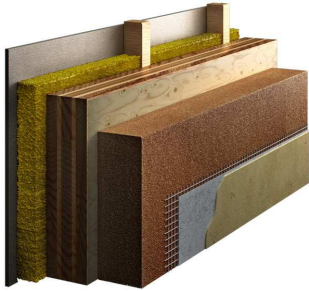
www.0-co2.it

Risultati di una valutazione comparativa delle prestazioni termiche tra diversi sistemi di involucro edilizio, con rivestimento a cappotto esterno, utilizzati per la costruzione di edifici ad alta efficienza energetica

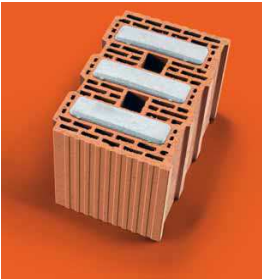
Si è proceduto ad esaminare più di 100 stratigrafie differenti di pareti esterne portanti e/o di tamponamento con rivestimento a cappotto esterno, mediante una verifica termica ed igrometrica dettagliata, utilizzando differenti programmi di calcolo validati, sia in regime dinamico che stazionario. Tra queste 100 stratigrafie, non solo sono stati inclusi i migliori manufatti e sistemi costruttivi, oggi in commercio, ma sono stati anche compresi manufatti tradizionali da assemblare in cantiere, tecnologie sperimentali, materiali alternativi e sistemi innovativi, (come, ad esempio, stratigrafie di involucro edilizio simili al progetto “MED IN ITALY” che ha rappresentato l'Italia al DECATLON 2012 di Barcellona, oppure alcuni pacchetti di involucro edilizio adottati per cantieri di case passive e/o in progetti sperimentali di costruzioni ad alta efficienza energetica in aree climatiche mediterranee come la California, Francia, Italia, Spagna, Portogallo, Grecia, Turchia, Sud Africa. **Da questa prima analisi, sono state scelte le 14 stratigrafie che, a parità di spessore complessivo della parete (comprensivo di rivestimento a cappotto termico esterno), garantivano le prestazioni energetiche più efficienti in zone climatiche calde e/o temperate, ovvero scartando:**

- a. tutte le stratigrafie caratterizzate da una trasmittanza termica stazionaria superiore a 0,21 W/mqK;
- b. tutte le stratigrafie caratterizzate da una trasmittanza termica periodica superiore a 0,01 W/mqK;
- c. tutte le stratigrafie caratterizzate da un fattore di attenuazione estivo maggiore di 0,06;
- d. tutte le stratigrafie caratterizzate da una capacità periodica areica interna minore di 25 KJ/mqK;
- e. tutte le stratigrafie con massa superficiale minore a 130 kg/mq;
- f. tutte le stratigrafie con sfasamento inferiore alle 8 ore e superiori alle 30 ore;

	Descrizione del manufatto o del sistema costruttivo	Tipologia e spessore del cappotto esterno	Spessore complessivo
	eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE PARETE SUD Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) intonaco a calce idraulica =1,5 cm 2) blocchi di tufo=12,5 cm 3) camera d'aria non ventilata= 5 mm 4) barriera al vapore 5) PUR STIFERITE GT = 10 cm 6) Blocchi in cemento alleggerito con argilla espansa = 10 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 8 cm	43 cm
	eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE PARETE EST Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) intonaco a calce idraulica =1,5 cm 2) blocchi di tufo=12,5 cm 3) camera d'aria non ventilata= 5 mm 4) barriera al vapore 5) PUR STIFERITE GTC = 2 cm 6) Fibra di legno densità 160 kg/mc = 6 cm 7) PUR STIFERITE GTC = 2 cm 8) Blocchi in cemento alleggerito con argilla espansa = 10 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 8 cm	43 cm
	eco-condominio ZNE (Zeronet Energy Building) - LECCE PARETE OVEST Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) intonaco a calce idraulica =1,5 cm 2) blocchi di tufo=9,5 cm 3) camera d'aria non ventilata = 3 cm 4) barriera al vapore 5) PUR STIFERITE GT = 10 cm 6) Blocchi in cemento = 10 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 8 cm	43 cm

	Descrizione del manufatto o del sistema costruttivo	Tipologia e spessore del cappotto esterno	Spessore complessivo
	Parete leggera con stratigrafia simile al progetto Sperimentale "Med in Italy" -Decatlon 2012 (Barcellona) Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Pannelli in argilla =3,5 cm 2) Fermacell=1,8 cm 3) Sabbia asciutta= 11cm 4) OSB= 1,8 cm 5) Fibra di legno densità 230 kg/mc= 20 cm 6) Fermacell= 1,8 cm	Fibra di legno 180 kg/mc Spessore 10 cm	50 cm
	Parete leggera con stratigrafia simile al progetto Sperimentale "Med in Italy" -Decatlon 2012 (Barcellona) Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Pannelli in argilla =3,5 cm 2) Fermacell=1,8 cm 3) Sabbia asciutta= 11cm 4) OSB= 1,8 cm 5) Fibra di legno densità 230 kg/mc = 11 cm 6) Fermacell= 1,8 cm	Fibra di legno 180 kg/mc Spessore 12 cm	43 cm
	Parete leggera in legno in XLAM Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Fermacell= 3,6 cm 2) Fibra di legno densità 50 kg/mc = 4 cm 3) XLAM= 8,5 cm	Fibra di legno 180 kg/mc Spessore 26 cm	43 cm

	Descrizione del manufatto o del sistema costruttivo	Tipologia e spessore del cappotto esterno	Spessore complessivo
	YTONG CLIMA-GOLD blocco il calcestruzzo areato autoclavato Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Blocco YTONG CLIMA GOLD = 36,5 cm	PUR STIFERITE GT Spessore 4 cm	43 cm
	YTONG THERMO MED blocco il calcestruzzo areato autoclavato Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Blocco YTONG Thermo med = 35 cm	PUR STIFERITE GT Spessore 6 cm	43 cm
	GASBETON ENERGY 300 blocco il calcestruzzo cellulare autoclavato Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Blocco gasbeton Energy 300 = 36 cm	PUR STIFERITE GT Spessore 5 cm	43 cm

	Descrizione del manufatto o del sistema costruttivo	Tipologia e spessore del cappotto esterno	Spessore complessivo
	Parete SAAD sistemi ad armatura diffusa con casseri a perdere in EPS Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) EPS = 10 cm 3) Calcestruzzo armato= 20 cm 4) EPS = 8 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 3 cm	43 cm
	Leca blocco "BIOCLIMA ZERO" blocco in argilla espansa con isolamento in EPS integrato Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Lecablocco bioclimazero 27t = 36 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 5 cm	43 cm
	POROTON THERMOK24 blocco in laterizio con isolamento in Neopor integrato Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Poroton Thermok24 = 38 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 3 cm	43 cm

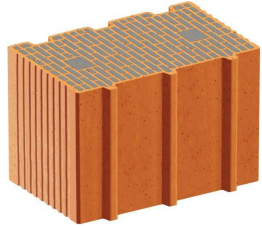
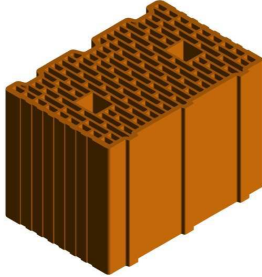
	Descrizione del manufatto o del sistema costruttivo	Tipologia e spessore del cappotto esterno	Spessore complessivo
	POROTON PLAN T700 TS8 termoblocco in laterizio rettificato con EPS insufflato nei fori Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Blocco poroton plan T700 TS8= 35 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 6 cm	43 cm
	POROTON P700 TS35 termoblocco in laterizio a setti sottili Stratigrafia dall'interno all'esterno: 1) Intonaco a calce idraulica=1,5 cm 2) Blocco porotonP700 TS35= 35 cm	PUR STIFERITE SK Spessore 6 cm	43 cm

Tabella 2

CONFRONTO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DI DIFFERENTI TIPOLOGIE E STRATIGRAFIE DI PARETI ESTERNE

Cod		Sp cm	Ms escluso intonaci	U (W/mqK)	Fa estivo	Δt (ore)	CIP estiva (kJ/mqK)	Yie estiva (W/mqK)	Yii estiva (W/mqK)	Yee estiva (W/mqK)
789	Parete 1	43	139	0,12	0,0097	1,25	38,53	0,0012	2,80	1,39
777	Eco-condominio ZNE parete SUD	43	280	0,12	0,0157	17,30	55,43	0,0019	4,03	0,65
774	Eco-condominio ZNE parete OVEST	43	285	0,12	0,0168	15,05	57,81	0,0021	4,20	0,61
778	Eco-condominio ZNE parete EST	43	289	0,13	0,0119	20,23	55,27	0,0016	4,02	0,65
788	Parete 2	43	503	0,14	0,0168	10,35	25,89	0,0023	1,88	0,64
781	Parete 3	43	319	0,15	0,0050	2,52	39,13	0,0008	2,85	0,71
784	Parete 4	43	198	0,16	0,0258	20,41	35,89	0,0041	2,61	0,75
783	Parete 5	43	315	0,18	0,0090	0,25	40,17	0,0016	2,92	0,72
782	Parete 6	43	298	0,18	0,0109	0,45	47,52	0,0019	3,46	1,30
786	Parete 7	43	154	0,18	0,0580	17,31	34,94	0,0102	2,55	0,81
785	Parete 8	43	349	0,19	0,0100	23,22	42,41	0,0019	3,09	0,70
787	Parete 9	43	310	0,19	0,0088	1,24	39,20	0,0088	2,85	0,92
776	Parete 10	43	190	0,19	0,0532	16,55	37,84	0,0102	2,76	0,71
793	Parete 11	50	315	0,15	0,0040	5,17	47,55	0,0006	3,46	1,28

CONCLUSIONI

Nella TABELLA 2, si può rilevare che tutte le stratigrafie analizzate, avendo dei valori eccellenti (praticamente nulli) di trasmittanza termica periodica e del fattore di attenuazione, trovano indicazione per la costruzione di edifici ad alta efficienza energetica.

Tuttavia alcuni di questi sistemi costruttivi e manufatti edilizi, soprattutto se impiegati per la costruzione di “edifici a consumo quasi zero” in regioni calde del bacino del Mediterraneo, presentano dei valori non ottimali, in relazione ai seguenti parametri termo-fisici:

- 1) Il 79% delle stratigrafie, anche con riferimento ai manufatti edilizi commercializzati come sistemi costruttivi “ad alta capacità termica”, è caratterizzato da valori di capacità termica areica interna periodica (CIP) insufficiente, essendo inferiori al limite di 50 kJ/mqK.
- 2) Il 50% delle stratigrafie presenta dei valori di sfasamento termico (Δt) superiori alle 24 ore, che di fatto annullano lo stesso sfasamento: come già accennato, un involucro edilizio caratterizzato da valori eccessivi di questo parametro, non permette, nei mesi più caldi dell'anno, di far “scaricare”, nelle ore più fresche (ossia dalle 4 alle 5 del mattino), il calore accumulato durante la giornata precedente;
- 3) Il 50% delle stratigrafie è connotato da valori di trasmittanza termica stazionaria (U) maggiore di 0,15 W/mqK, ossia superiori al limite consigliato dallo standard Passivhaus per le pareti esterne;
- 4) Il 29% delle stratigrafie, presenta dei valori di Massa superficiale (Ms) inferiori ai 230 kg/mq, bilanciati, comunque, da valori molto bassi di trasmittanza termica periodica (YIE);

Più nel dettaglio, tra tutte le 14 stratigrafie ideali, a parità di spessore complessivo dell'involucro edilizio (parete di tamponamento e/o strutturale + cappotto esterno) e di trasmittanza termica stazionaria e periodica, il sistema costruttivo utilizzato in questo cantiere sperimentale, è quello che garantisce le migliori prestazioni, sia in termini di efficienza energetica, che di comfort, all'interno dell'edificio.

Quindi, si può concludere che l'uso di isolanti tipo **PUR STIFERITE GT ed SK**, ovvero di materiali resistivi caratterizzati da un ridotto spessore e minore massa volumica, attraverso un attento approccio bioclimatico ed un adeguato studio stratigrafico del pacchetto dell'involucro edilizio, **consente di raggiungere delle straordinarie prestazioni energetiche, anche in regioni calde del bacino del Mediterraneo e, comunque, del tutto paragonabili, se non superiori, a quelle che possono essere conseguite con l'utilizzo di isolanti termici ad alta densità.**