IG PASSIVHAUS
Friuli Venezia Giulia

2/1
DICEMBRE 2017

LA CASA PASSIVA
Collana di approfondimenti tecnici
a cura dell'IGP FVG.
Seguici su www.ape.fvg.it/passivhaus

La casa passiva: involucro opaco

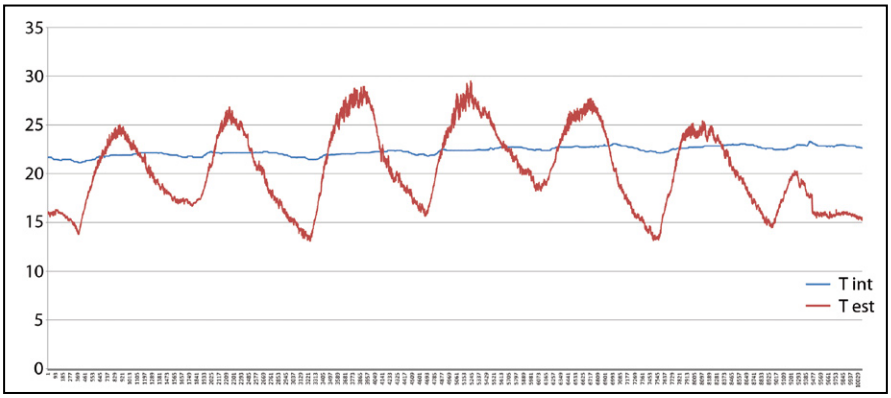
I dettagli tecnici e costruttivi della casa passiva

Paolo Gon

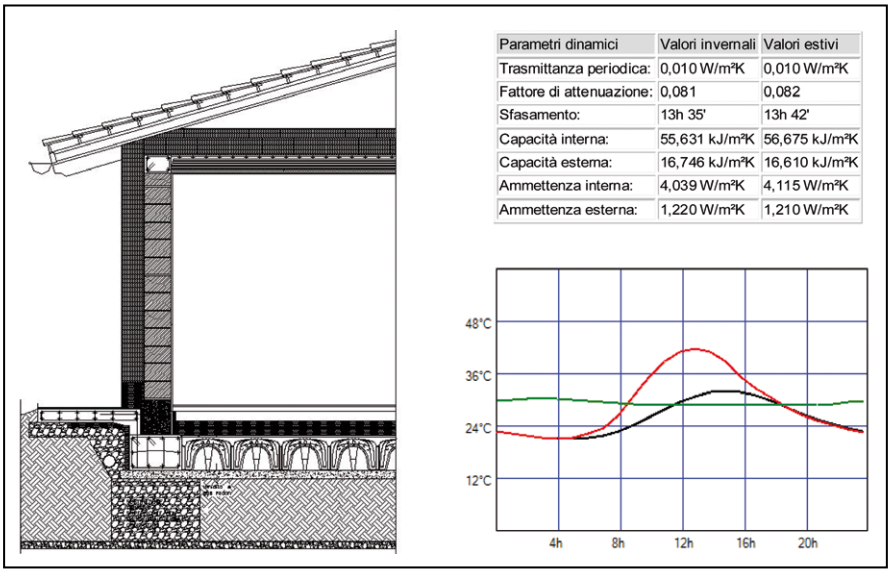
Lo studio approfondito dei dettagli costruttivi racchiude tutte le componenti principali che caratterizzano una Passivhaus. La realizzazione di un corretto e performante dettaglio costruttivo deve poter soddisfare i requisiti di una perfetta tenuta all'aria, di una valida scelta dei materiali costruttivi, di una corretta risoluzione dei ponti termici, deve creare i presupposti per l'installazione efficace dei serramenti e per la regolare posa delle canalizzazioni della ventilazione controllata e degli altri impianti. Ma non solo!
Attraverso lo studio del dettaglio costruttivo analizziamo le problematiche acustiche, l'abbattimento delle barriere architettoniche, l'utilizzo di giusti e idonei metodi per evitare infiltrazioni d'acqua nella struttura. Pertanto anche nel dettaglio sono richiesti un approccio multidisciplinare e una progettazione integrata al fine di ottenere risultati congrui alle aspettative e alle complessità del progetto.
Nella progettazione di una casa passiva, tutte le stratigrafie e i nodi costruttivi devono essere valutati e analizzati per garantire in prima analisi il rispetto dei criteri di comfort e in seconda analisi quelli energetici. Nello studio e sviluppo delle stratigrafie che costituiscono l'involucro edilizio, dal punto di vista termico in regime invernale puntiamo al raggiungimento di elevati

Posa in opera di un sistema a cappotto in EPS con grafite con spessore 30 cm.

valori di isolamento termico che si ottengono con spessori importanti di materiale coibente.
Dal punto di vista estivo, oltre a perseguire ottimi risultati in termini di isolamento termico, punteremo anche al raggiungimento di valori di capacità termica, ammettenza termica e capacità areica interne elevate per – semplificando – "smorzare" e "sfasare" l'onda termica estiva.
In genere sono da privilegiare valori di ammettenze termiche interne elevati in quanto contrastano il surriscaldamento estivo.
Allo stesso modo, una parete con buona capacità termica interna porta ad avere maggiore capacità di immagazzinare calore con conseguenze tangibili nel comportamento sia estivo che invernale della nostra abitazione. In tal modo, d'inverno il comportamento migliora grazie ad una elevata utilizzazione degli apporti gratuiti, mentre d'estate questo grande "serbatoio" è utile per togliere parte dell'energia in eccesso.
Il risultato, in questo caso, è un edificio con un'oscillazione estremamente ridotta delle temperature interne, nei periodi iniziali della stagione calda anche in condizione di free-cooling, e quasi insensibile alle variazioni delle temperature esterne.
È importante specificare che a tali edifici bisogna dare il giusto tempo e modo per attivarsi e raggiungere performance elevate.
In edifici passivi con valori di ammettenze termiche interne e capacità termica interna inferiori, come può accadere in caso di strutture leggere e non massive, il comportamento passivo dell'involucro creerà invece le condizioni per un'oscillazione maggiore delle temperature interne.
La domanda classica e spontanea che viene posta a questo punto è: ma servono tutti questi centimetri di materiale isolante per la nostra nuova casa? La risposta è affermativa, questa è una condizione indispensabile per soddisfare il criterio del comfort termico. Aumentando il grado di isolamento termico delle strutture del fabbricato, siano esse pareti, pavimenti o coperture, si riduce il flusso di calore tra interno ed esterno e, conseguentemente, quello tra l'aria della stanza e la superficie interna degli elementi costruttivi perimetrali dell'edificio, riducendo quindi la differenza di temperatura.
Nella definizione di una stratigrafia da utilizzare come parete esterna dovremo valutare in modo preciso la scelta dei materiali idonei per la tenuta all'aria della stessa, come per esempio l'intonaco interno nelle strutture in muratura o un telo nelle strutture in legno. Uno dei concetti cardine nella realizzazione di una casa passiva è la grande ermeticità all'aria che deve possedere l'edificio: il valore di n_{50} da raggiungere nel Blower door test deve essere inferiore a 0,60 h^{-1}. Per ottenere tali risultati è necessaria una accurata progettazione di tutti i nodi costruttivi, tra i quali l'attacco a muro dei serramenti ed il nodo parete-copertura, e porre massima attenzione ai passaggi impiantistici tra le zone riscaldate e non riscaldate dell'immobile.
Per ottenere valori di tenuta all'aria elevati, nulla deve essere lasciato al caso sia in fase progettuale che in fase esecutiva. In tal senso una direzione lavori giornaliera è indispensabile, ma non sufficiente in quanto anche le maestranze che operano in cantiere devono essere correttamente formate ed essere a conoscenza delle problematiche di posa e della giusta soluzione al problema della tenuta all'aria.
Fortunatamente, per ovviare alle problematiche di infiltrazione dell'aria, ci vengono in aiuto dal mondo dell'edilizia molteplici soluzioni e materiali come nastri espandenti, nastri butilici, nastri igroregolabili e tutta una serie di accessori per le plurime necessità che possono verificarsi in cantiere.
Dal punto di vista termo-igrometrico porremo attenzione ad abbinare strati che partendo dall'interno verso l'esterno siano più aperti alla diffusione del vapore acqueo al fine di evitare spiacevoli conseguenze come le condense interstiziali.

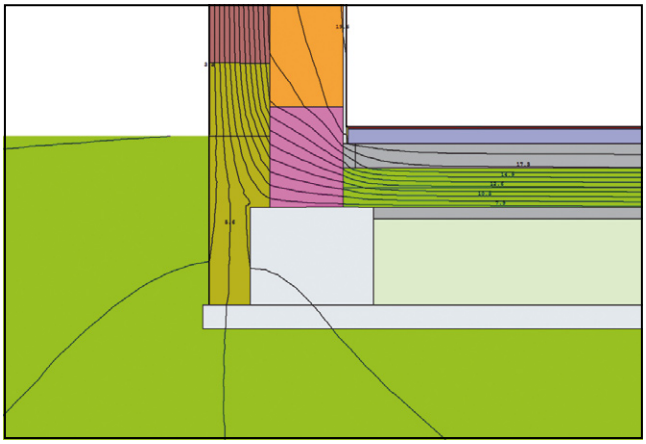


Confronto dell'andamento della temperatura interna e della temperatura esterna nel periodo estivo in una casa passiva massiva realizzata nella pianura friulana.
Sotto, analisi dei parametri dinamici di una muratura perimetrale per una casa passiva.



Parametri dinamici	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza periodica:	0,010 W/m²K	0,010 W/m²K
Fattore di attenuazione:	0,081	0,082
Sfasamento:	13h 35'	13h 42'
Capacità interna:	55,631 kJ/m²K	56,675 kJ/m²K
Capacità esterna:	16,746 kJ/m²K	16,610 kJ/m²K
Ammettenza interna:	4,039 W/m²K	4,115 W/m²K
Ammettenza esterna:	1,220 W/m²K	1,210 W/m²K

Sigillatura – completata e in fase di completamento – delle tubazioni passanti dell'impianto elettrico.



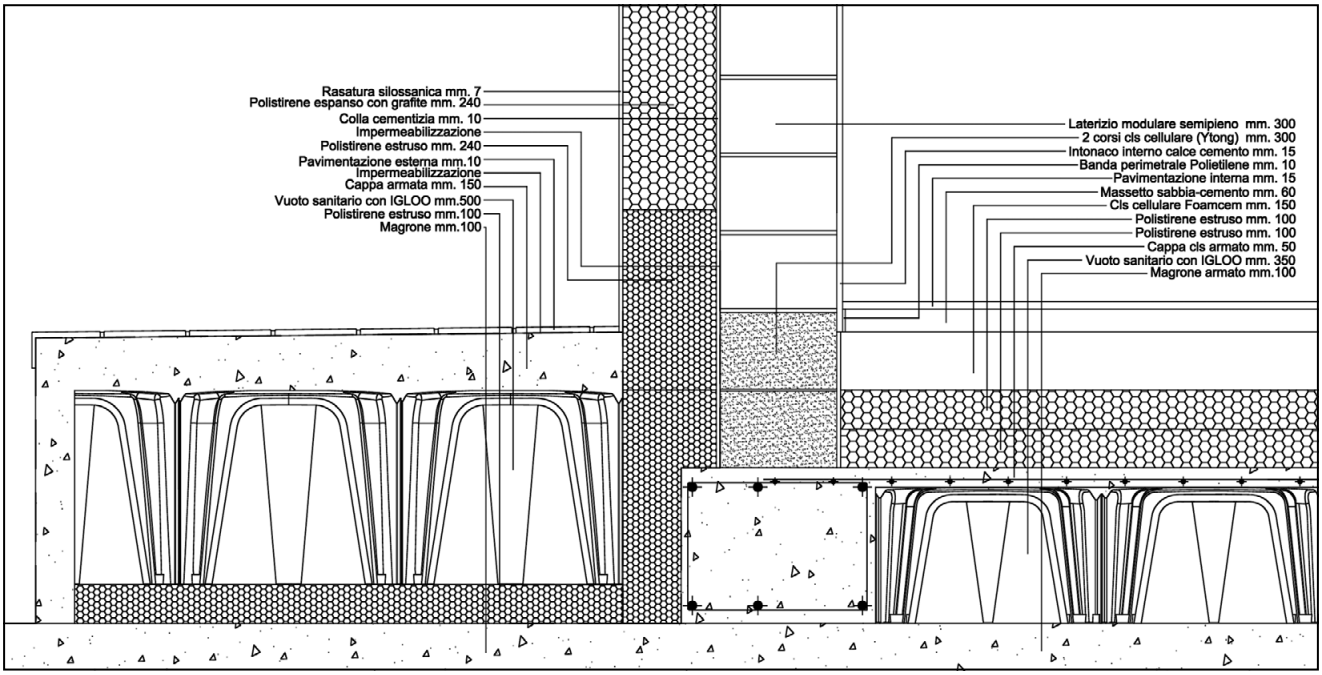
Analisi agli elementi finiti del nodo solaio-terreno: temperatura superficiale interna minima nel nodo 18,9°C, Ψ 0,03 W/mK.

Condensazioni superficiali e muffe anche in corrispondenza dei nodi critici vengono evitati sia grazie all'analisi agli elementi finiti dei dettagli costruttivi sia grazie alla necessaria presenza dell'impianto di ventilazione controllata.

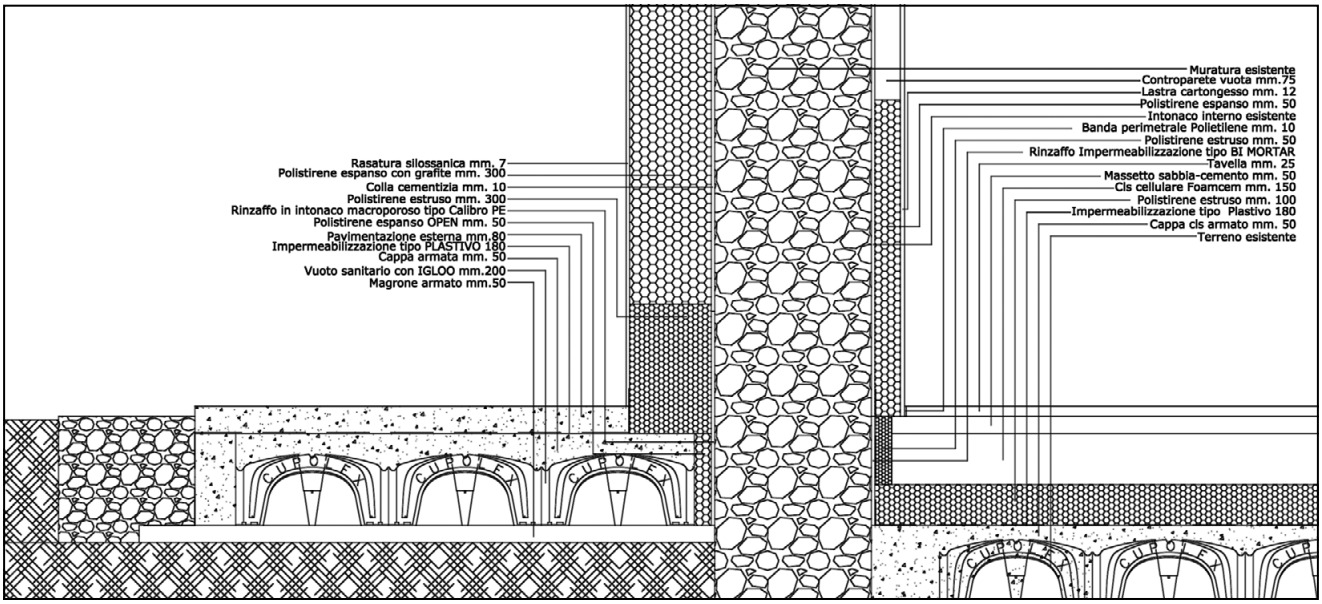
Criteri di comfort

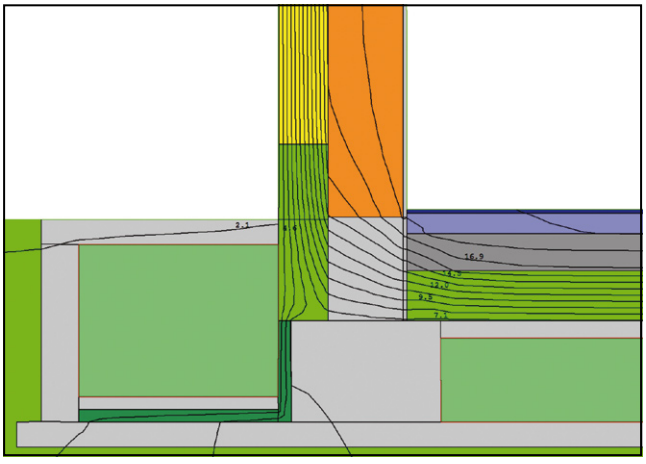
Il benessere all'interno dell'abitazione dipende principalmente dal "comfort termico", i cui fattori determinanti sono l'uniformità delle temperature interne, l'assenza di movimenti significativi dell'aria (spifferi, correnti, ecc.), il tasso di umidità. L'elevata uniformità delle prestazioni dell'involucro è ciò che serve per sentirsi a proprio agio mantenendo in una condizione costante l'equilibrio termico. I disturbi a questo equilibrio provengono principalmente dalle influenze esterne, per esempio le basse temperature potrebbero portare ad infiltrazioni indesiderate d'aria fredda, che saranno invece evitate con una corretta progettazione dell'involucro edilizio.
Uno dei criteri da rispettare punta a garantire una stratificazione della temperatura dell'aria interna inferiore a 2°C tra la testa e le caviglie di una persona seduta. Migliore sarà la realizzazione dell'involucro termico, minore sarà la necessità di introdurre superfici riscaldate a compensazione delle radiazioni fredde. Risultano quindi differenze interne minime di temperatura che rendono quasi impercettibili le correnti convettive, a tal punto che si instaura un "clima radiante" indipendentemente dal modo in cui viene integrato il calore attraverso l'impianto di climatizzazione. Pertanto, una minuziosa cura nella risoluzione del ponte termico è indispensabile per far sì che si instaurino le condizioni idonee per l'attuazione dei fenomeni sopradescritti e ottenere un immobile di qualità costruttiva elevata. I presupposti per una giusta progettazione impongono di evitare l'interruzione dei materiali isolanti, i ponti termici strutturali, le geometrie termicamente svantaggiose, e al contrario di garantire l'uniformità dell'isolamento termico e acustico.
In tal modo otterremo temperature superficiali interne elevate, superiori ai 17°C anche negli inverni rigidi, eviteremo il formarsi di muffe e condense superficiali, soddisfacendo i criteri di comfort richiesti dallo standard Passivhaus. Nel contempo, otterremo valori di perdite di calore dovute ai ponti termici molto limitati che comporteranno un minimo dispendio energetico aggiuntivo.

Analizzando il nodo di attacco del pavimento sul terreno, dal punto di vista della scelta dei materiali coibenti si opterà per dei prodotti che a contatto con il terreno si dimostrino il meno permeabili possibile, come per esempio il polistirene estruso. Gli stesso materiali verranno utilizzati per la prima parte fuori terra del cappotto coibente (almeno 30 cm oltre il piano calpestabile) mentre per la rimanente parte in elevazione c'è la massima libertà di scelta (lana di roccia, polistirene espanso, idrato di silicato di calcio, ecc.). A questo si aggiunge, in genere, l'inserimento di blocchi altamente performanti dal punto di vista termico alla base della muratura, per mitigare il flusso termico che dall'interno della casa tende a scendere attraverso la parete verso le fondazioni in calcestruzzo armato.
L'uniformità e la continuità dell'isolamento termico devono essere sempre considerate nell'elaborazione dei nodi di raccordo tra le varie strutture edilizie. Nello specifico, l'isolamento orizzontale della struttura edilizia solaio va a raccordarsi con l'isolamento a cappotto della parete perimetrale, garantendo quella continuità che assicura l'uniformità nelle temperature superficiali interne dell'edificio.
Mentre negli edifici di nuova costruzione le soluzioni per la risoluzione del ponte termico alla base della muratura sono molteplici, con effetti più o meno performanti, nelle ristrutturazioni edilizie le strade percorribili sono più limitate. I vincoli operativi sono fondamentalmente strutturali, senza la possibilità tecnica di interporre tra gli strati freddi sottostanti la muratura e la muratura stessa idonei materiali isolanti per eliminare il ponte termico. In questo caso è fondamentale riuscire a mitigare il più possibile il ponte termico presente e ridurre in modo efficace gli effetti negativi che esso può produrre, applicando contemporaneamente uno strato di isolamento perimetrale sia esterno che interno. In quest'ottica, si può quindi puntare ad ottenere temperature superficiali elevate che permettano di evitare l'insorgenza di fenomeni di muffa e di condensazione, accettando però di valori di trasmittanza termica lineica Ψ non particolarmente contenuti; i valori di dispersione energetica dovuti dal ponte termico devono essere accuratamente calcolati e tenuti in debita considerazione nella compilazione del foglio di calcolo PHPP, in quanto particolarmente impattanti sull'indice di fabbisogno energetico per climatizzazione invernale.

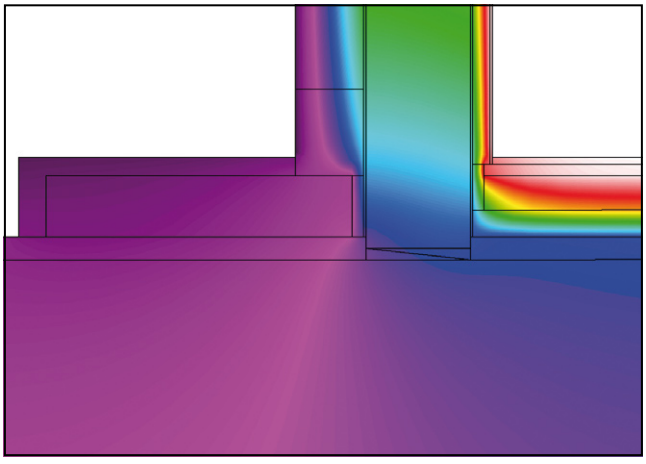


Dettagli del nodo costruttivo tra parete e solaio del piano terra: sopra una nuova costruzione, sotto una ristrutturazione senza possibilità di taglio termico della muratura.



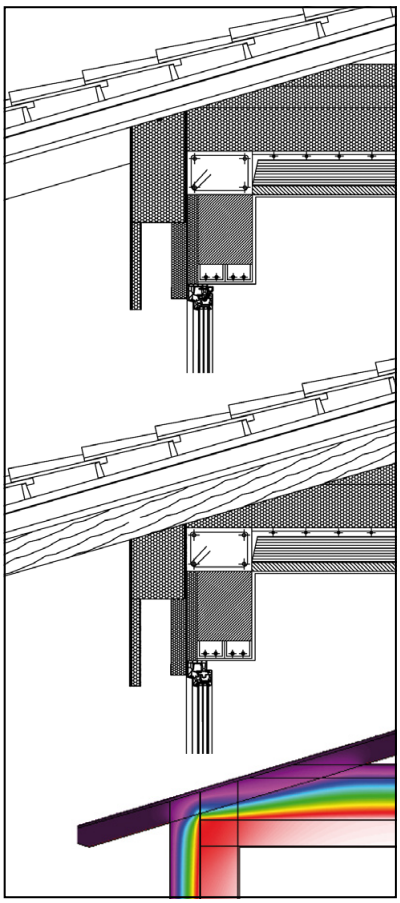


Temperatura superficiale interna minima nel nodo 18,4°C.

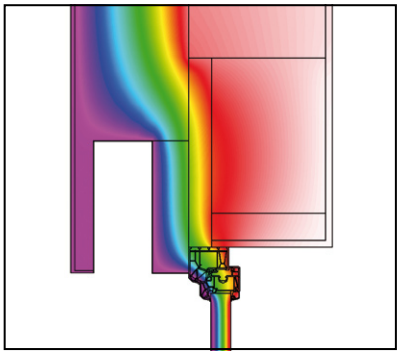


Temperatura superficiale interna minima nel nodo 17,7°C.

Nella figura a lato è riportato un esempio di nodo tra copertura e parete. Il punto debole contraddistinto dal puntone è stato risolto interponendo un minimo strato di materiale coibente altamente prestante e resistente che ha portato ad ottenere valori puntuali di temperatura superiori ai 17°C, un solo grado in meno rispetto le zone con isolamento uniforme e continuo. Altro aspetto curato in fase progettuale che si nota nel nodo è il restringimento dello spessore del cappotto coibente di ben 16 cm, cappotto che passa da 24 a soli 8 cm per alloggiare il cassonetto del raffstore. Per compensare la differenza di valore di trasmittanza termica tra la parete indisturbata, pari a 0,113 W/m²K, e la zona in prossimità del cassonetto sono stati aggiunti 5 cm di materiale isolante in corrispondenza dell'attacco del serramento. Inoltre, è stato utilizzato un blocco con elevate performance termiche e con riempimento in perlite espansa su tutta la zona esposta alla riduzione dello spessore dell'isolamento a cappotto. Alla fine, è stata calcolata una trasmittanza termica nella zona oggetto di analisi pari a 0,127 W/m²K.
Spostando l'attenzione dalle strutture opache a quelle trasparenti si nota da subito che le grandezze in gioco dal punto di vista termico sono significativamente diverse.
In tema di serramenti, per garantire lo standard qualitativo Passivhaus dobbiamo rispettare un ulteriore criterio di comfort, ancora legato alle temperature superficiali interne: la differenza tra le temperature registrate sulla muratura e quelle della finestra (sia vetro che telaio) devono rientrare in un intervallo massimo di 3-3,5 K. Le conseguenze benefiche a livello di comfort indoor sono sempre le stesse: presenza minima di correnti convettive e velocità dell'aria impercettibile anche in prossimità delle zone con temperatura più bassa. Per raggiungere questi risultati è necessario ricercare un serramento con trasmittanza termica U_W inferiore a 0,80 W/m²K. La nostra scelta cadrà, gioco forza, su telai ad alte prestazioni in pvc, legno o legno alluminio e in qualche caso anche sull'alluminio se equipaggiato da un ottimo taglio termico. Le vetrature dovranno essere molto performanti, del tipo a doppia camera con gas nobile, con valoridi trasmittanza termica U_g generalmente inferiori a 0,60 W/m²K e fattore solare maggiore del 50%, così da agevolare il passaggio della radiazione solare termica nel periodo invernale. Ma tutto questo non è sufficiente, in quanto anche il posizionamento del serramento all'interno del foro finestrato è di notevole importanza e influisce sensibilmente sul valore del ponte termico di installazione dello stesso. Serramenti posati a filo interno muro ("alla padovana", per esempio) sono penalizzanti dal punto di vista energetico in quanto il ponte termico d'installazione che si viene a creare è molto impattante e l'andamento delle isoterme in prossimità del nodo di attacco tra muro e serramento non è armonioso ma disturbato. Viceversa, un posizionamento sul filo esterno o, comunque, il più esternamente possibile verso il cappotto è da privilegiare in quanto il ponte termico di installazione risulta molto contenuto e l'andamento delle isoterme si presenterà armonioso ed equilibrato. Per questo motivo il Passivhaus Institut considera anche un valore limite molto vincolante per la trasmittanza termica del serramento comprensiva dell'installazione, pari a 0,85 W/m²K.



Nodo perimetrale della copertura, con evidenziata la soluzione in prossimità dei puntoni e relativa analisi agli elementi finiti.



Esempio di frangisole esterno integrato nell'involucro edilizio e analisi agli elementi finiti del nodo superiore: temperatura superficiale interna minima 16,2°C, Ψ -0,017 W/mK.

Dispositivi di protezione solare

Una casa passiva deve garantire un benessere climatico interno ottimale sia nel periodo invernale sia nel periodo estivo e in tal senso si deve porre molta attenzione nella progettazione delle schermature solari. Ne esistono di varie tipologie sia fisse che mobili, come scuretti, tapparelle avvolgibili e tende tecniche ma tutte queste tipologie, quando vengono chiuse per evitare il passaggio della luce solare, generano oscurità nel locali interni. Risultano invece molto indicati e funzionali gli ombreggiamenti esterni ottenuti tramite l'integrazione architettonica di frangisole mobili che assicurano protezione dalla radiazione solare diretta e contemporaneamente non impediscono il passaggio della luce diffusa indiretta. In questo modo, oltre al beneficio della protezione dall'irraggiamento diretto che porterebbe ad un innalzamento indesiderato della temperatura interna dell'immobile nel periodo estivo, otterremo anche un notevole comfort visivo senza l'utilizzo della luce artificiale.
Deve essere sempre garantito lo stacco termico degli elementi metallici, come i binari dei frangisole, degli avvolgibili e delle zanzariere, o i cassonetti. Il nodo di raccordo tra

Realizzazione di frangisole esterno integrato nell'involucro edilizio di una casa passiva.

serramento, muro e sistemi ombreggianti o oscuranti deve essere sempre studiato in modo da garantire la continuità dei materiali isolanti così da mitigare l'influenza del ponte termico, evitare infiltrazioni d'acqua piovana e, perché no, anche per risultare esteticamente gradevole.

Conclusioni

Il mondo dell'edilizia offre diversi prodotti studiati per agevolare la realizzazione di nodi e giunti esenti da ponti termici;
in particolare troviamo:

- disgiuntori termici che garantiscono contemporaneamente la continuità termica da un lato e strutturale dall'altro;
- profili strutturali a base di polimeri rinforzati con la fibra di vetro, o soluzioni innovative in legno per minimizzare i ponti termici puntuali;
- materiali isolanti molto prestanti dal punto di vista termico (p.e. aerogel, pannelli vacuum) per "rinforzare" termicamente quei punti dove lo spessore di isolamento è necessariamente limitato;
- materiali isolanti con buone resistenze a compressione (p.e. vetro cellulare, xps speciali, purenite, ecc.) per risolvere i nodi soggetti a carichi strutturali;
- materiali isolanti sfusi per riempire cavità e intercapedini;
- viti e sistemi di fissaggio a taglio termico, anche per il montaggio o il raccordo di elementi pesanti in facciata;
- accessori di installazione per raccordare cappotti, serramenti, strutture a secco, componenti impiantistiche, ecc.
- cornici isolanti monoblocco per facilitare la continuità termica tra serramenti e pareti.

Rimane fondamentale però il ruolo del progettista competente, l'unico in grado di trovare di volta in volta la soluzione più adatta ed efficace, anche sotto il profilo dei costi.

IG PASSIVHAUS
Friuli Venezia Giulia

Passivhaus significa competenze progettuali, attenzione ai dettagli, accuratezza nell'esecuzione e garanzia di professionalità da parte di consulenti, progettisti, tecnici, imprese e maestranze.
L'associazione IG Passivhaus FVG (IGP FVG) vuole contribuire a livello territoriale a diffondere questo sapere e a promuovere i necessari criteri di qualità.

Questo fascicolo fa parte di una raccolta di approfondimenti tecnici curata da IGP FVG con il coordinamento di APE FVG, suddivisi nelle segueti aree tematiche:
1. Principi e comfort
2. Involucro opaco
3. Serramenti
4. Ponti termici
5. Tenuta all'aria
6. Impianti

I contenuti sono di proprietà degli autori, sono sviluppati in autonomia e non necessariamente rispecchiano la posizione del Passivhaus Institut, o di altri enti che rappresentano lo standard Passivhaus.
È vietato l'uso del presente materiale, da parte di chiunque, per scopi di carattere commerciale o per finalità estranee a quelle di IGP FVG e di APE FVG.

Testo e immagini:
geom. Paolo Gon (studio Green Choice)

Pubblicazione:
dicembre 2017

APE Agenzia Per l'Energia del Friuli Venezia Giulia
www.ape.fvg.it

Coordinamento e impaginazione grafica:
Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia
via Santa Lucia, 19
33013 Gemona del Friuli (UD)
tel. + 39 0432 980 322
info@ape.fvg.it