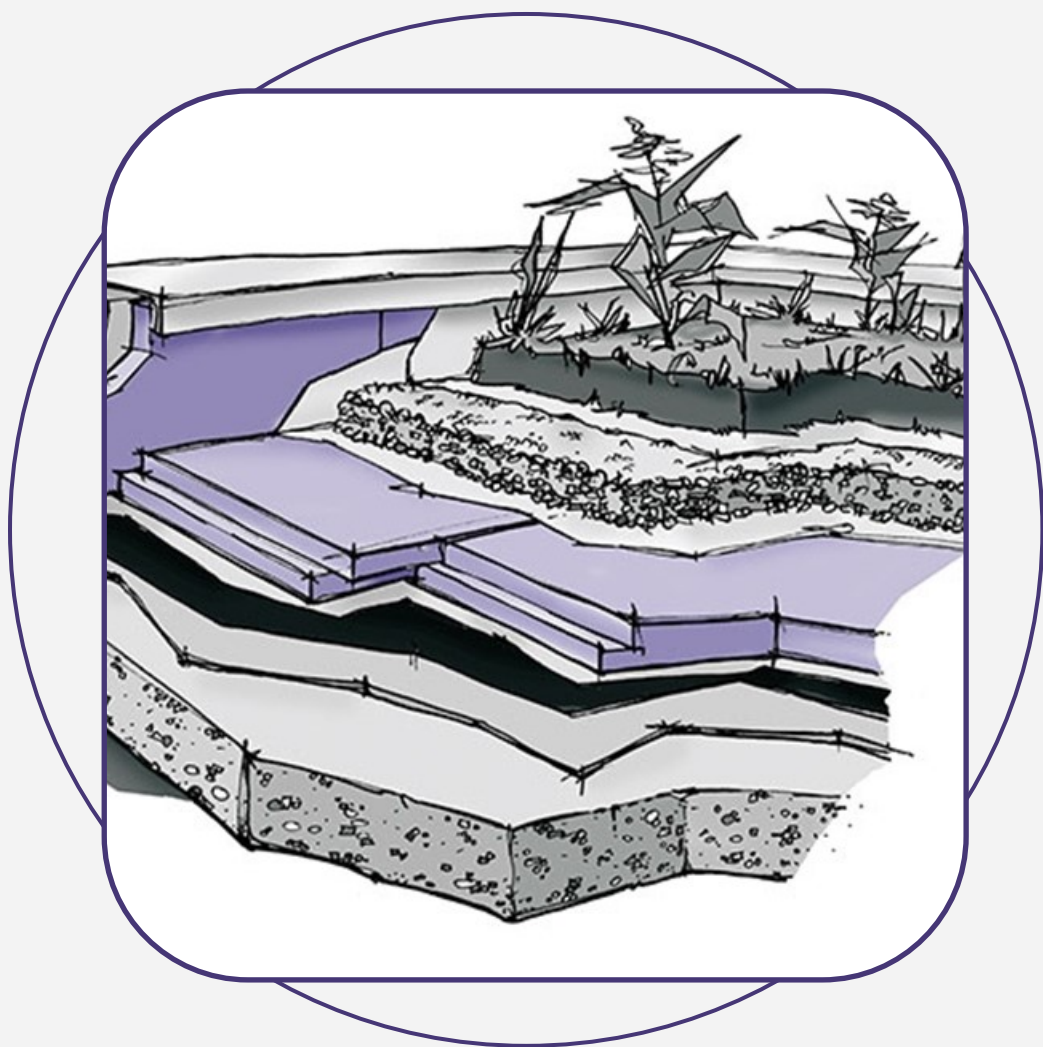


COMFORT ED EFFICIENZA ENERGETICA IN COPERTURA

Soluzioni di efficientamento energetico in
configurazione estiva ed invernale per coperture
piane ed inclinate



I MANUALI ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **guide e manuali** sulle tematiche legate all'efficienza energetica e all'isolamento acustico degli edifici.

Gli argomenti trattati riguardano la legislazione, le norme tecniche di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro.

Le **guide** sono riservate ai Soci ANIT e analizzano leggi e norme del settore, i **manuali** sono scaricabili per tutti gratuitamente e affrontano con un taglio pratico temi sviluppati in collaborazione con le Aziende associate.



STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante **aggiornamento sulle norme in vigore** con le GUIDE



I software per calcolare **tutti i parametri** energetici, igrotermici e acustici degli edifici



Servizio di **chiarimento tecnico** da parte dello Staff ANIT

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato (Individuale, Azienda, Onorario).

Il presente manuale è realizzato in collaborazione con:



Tutti i diritti sono riservati.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di Tep Srl. I contenuti sono curati dallo Staff ANIT e sono aggiornati alla data in copertina.

Le informazioni riportate sono da ritenersi comunque indicative ed è sempre necessario riferirsi anche a eventuali documenti ufficiali. Sul sito www.anit.it sono disponibili i testi di legge. Si raccomanda di **verificare sul sito www.anit.it l'eventuale presenza di versioni più aggiornate di questo documento.**

INDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | PREMESSA..... | 2 |
| 2 | REQUISITI MINIMI DEL DM 26 GIUGNO 2015..... | 3 |
| 2.1 | Ambiti di applicazione..... | 3 |
| 2.2 | Esclusioni..... | 6 |
| 3 | CRITERI AMBIENTALI MINIMI..... | 7 |
| 4 | PARAMETRI INVERNALI..... | 9 |
| 4.1 | Trasmittanza termica..... | 9 |
| 4.2 | Coefficiente medio globale di scambio termico H'_T | 12 |
| 5 | PARAMETRI ESTIVI E COMFORT..... | 14 |
| 5.1 | Trasmittanza termica periodica..... | 14 |
| 5.2 | Riflettanza solare e indice di riflessione solare SRI..... | 17 |
| 5.3 | La temperatura operante..... | 18 |
| 5.4 | Il comfort adattivo..... | 19 |
| 6 | COMPORAMENTO ESTIVO E INVERNALE CON SOLUZIONI EDILTEC..... | 20 |
| 6.1 | Villetta unifamiliare..... | 20 |
| 6.2 | Condominio..... | 26 |
| 6.3 | Uffici..... | 31 |
| 7 | CONCLUSIONI..... | 36 |
| | CONTATTI..... | 37 |

1 PREMESSA

I sistemi di copertura rappresentano strutture nevralgiche dal punto di vista energetico sia invernale sia estivo. Sempre di più la legislazione propone prescrizioni e requisiti specifici per limitare non solo le dispersioni invernali ma e soprattutto per ridurre il surriscaldamento estivo dovuto all'irraggiamento solare.

Partendo da quanto previsto dal DM 26 giugno 2015 sull'efficienza energetica, analizzando poi anche i Criteri ambientali minimi e le norme di riferimento per i calcoli, il presente manuale si soffermerà su quegli aspetti che riguardano nello specifico il sistema tetto presentando alcuni risultati elaborati nel periodo estivo.

Questo Manuale ha lo scopo quindi di guidare il professionista nell'analisi dei requisiti previsti nel caso di interventi in copertura.

Il lavoro è stato prodotto in collaborazione con l'azienda EDILTEC che ha realizzato con ANIT uno studio sul comportamento estivo degli immobili in regime dinamico.

Da oltre 25 anni EDILTEC è un punto di riferimento nel mercato dell'isolamento termico offrendo soluzioni per le più svariate tipologie di applicazioni. Produce e commercializza pannelli isolanti in schiuma polyiso (poliuretano espanso rigido) a marchio POLIISO e lastre isolanti in polistirene estruso a marchio X-FOAM, oltre ad una serie di pannelli sandwich, semi-sandwich, fresati, ventilati, curvi e pendenzati. Questa vasta gamma è finalizzata a risolvere problematiche di isolamento termico in coperture, pareti, pavimenti, fondazioni, ponti termici ecc.

2 REQUISITI MINIMI DEL DM 26 GIUGNO 2015


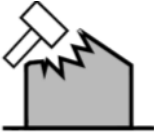


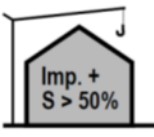
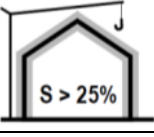
Focalizzando l'attenzione solo sulla struttura tetto ricordiamo di seguito quali sono gli ambiti di applicazione e gli interventi eventualmente esclusi dall'applicazione dei requisiti minimi del DM 26 giugno 2015. Nei capitoli successivi approfondiremo le FAQ, pubblicate dal MISE tra il 2015 e il 2018 che integrano, chiariscono e forniscono interpretazioni ufficiali su alcuni aspetti del decreto stesso. Nel presente documento daremo per scontata la conoscenza del decreto sui requisiti minimi nelle sue parti fondamentali e focalizzeremo l'attenzione alla progettazione delle coperture nel rispetto dei requisiti di legge.

Per maggiori approfondimenti su tutti i requisiti si rimanda alla Guida ANIT.

2.1 Ambiti di applicazione

Si riporta nella tabella 1 lo schema degli ambiti di intervento del decreto ministeriale (ripreso dalla Guida ANIT) mentre la tabella 2 indica, in base a questi ambiti, quali siano i requisiti specifici in cui sono importanti le prestazioni delle coperture.

Tabella 1: ambiti di intervento DM 26 giugno 2015

| | |
|---|---|
|  | <p>Nuova costruzione (All.1 Art.1.3) Per edificio di nuova costruzione si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del DM 26/6/15 (<i>ndr, ovvero dal 1° ottobre 2015</i>)</p> |
|  | <p>Demolizione e ricostruzione (All. 1, Art. 1.3) Rientrano in questa categoria gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario.</p> |
|  | <p>Ampliamento volumetrico di edifici esistenti o recupero di volumi esistenti precedentemente non riscaldati con installazione di nuovo impianto dedicato (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³ <p>La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.</p> |
|  | <p>Ampliamento volumetrico di edifici esistenti o recupero di volumi esistenti precedentemente non riscaldati collegati all'impianti tecnico che gestisce anche il volume precedentemente riscaldato (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³ |
|  | <p>Ristrutturazioni importanti di primo livello (All. 1 Art. 1.4.1) La ristrutturazione prevede contemporaneamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • un intervento che interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio; • la ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio. <p>In tal caso i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.</p> |
|  | <p>Ristrutturazioni importanti di secondo livello (All. 1 Art. 1.4.1) L'intervento interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.</p> |


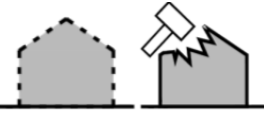
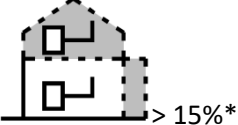
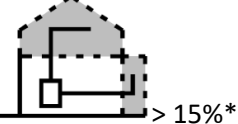
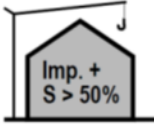

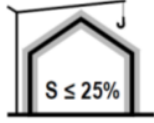
| | |
|---|--|
|  | <p>Riqualificazione energetica dell'involucro (All. 1 Art. 1.4.2) Interventi sull'involucro che coinvolgono una superficie $\leq 25\%$ della superficie disperdente lorda complessiva dell'edifici. Ricadono in questo ambito anche gli ampliamenti/recuperi $< 15\%$ o a 500m^3</p> |
|---|--|

Tabella 2: requisiti da rispettare per interventi in copertura

| | Dove si applica | Requisito invernale richiesto | Requisito estivo richiesto | Altro requisito di comfort |
|---|----------------------------------|---|----------------------------|---|
|  | Intero immobile | $EP_{gl, tot} - EP_{H,nd}$ H'_T $U_{lim-divisorio}$ | $EP_{C,nd}$ Y_{ie} | Verifiche termoisometriche Verifica riflettanza solare |
|  | Nuovo volume o volume recuperato | $EP_{gl, tot} - EP_{H,nd}$ H'_T $U_{lim-divisorio}$ | $EP_{C,nd}$ Y_{ie} | Verifiche termoisometriche Verifica riflettanza solare |
|  | Nuovo volume o volume recuperato | H'_T | | Verifiche termoisometriche Verifica riflettanza solare |
|  | Intero immobile | $EP_{gl, tot} - EP_{H,nd}$ H'_T $U_{lim-divisorio}$ | $EP_{C,nd}$ Y_{ie} | Verifiche termoisometriche Verifica riflettanza solare |
|  | Superficie oggetto di intervento | U_{lim} H'_T | | Verifiche termoisometriche Verifica riflettanza solare |
|  | Superficie oggetto di intervento | U_{lim} | | Verifiche termoisometriche Verifica riflettanza solare |

È importante ricordare che i requisiti imputati ai vari ambiti di applicazione dipendono dalla categorizzazione del DPR 412/93 che elenca gli edifici con le destinazioni d'uso.

(*) Nel caso di ampliamento con volume $\leq 15\%$ del volume lordo climatizzato e $\leq 500\text{m}^3$ l'intervento va ricondotto agli altri ambiti d'applicazione (FAQ. 2.11).

Dove:

- $EP_{gl, tot}$: indice di prestazione energetica globale dell'edificio totale [kWh/m^2]
- $EP_{H,nd}$: indice di prestazione termica utile per il riscaldamento [kWh/m^2]
- $EP_{C,nd}$: indice di prestazione termica utile per il raffrescamento [kWh/m^2]
- H'_T : coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- Y_{ie} : trasmittanza termica periodica [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- U_{lim} : trasmittanza termica limite [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
- $U_{lim-divisorio}$: trasmittanza termica limite per divisori interni [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Per quanto riguarda le verifiche termigrometriche, occorre adempiere ai requisiti richiesti dal DM 26 giugno 2015, che sono i seguenti:

Si procede alla verifica:

- dell'assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- dell'assenza di condensazioni interstiziali*.

Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice alla UNI EN ISO 13788, secondo il metodo delle classi di concentrazione o in condizioni fisse qualora esiste un sistema di controllo dell'umidità.

(*) (FAQ 3.11 di dicembre 2018) per la verifica della condensa interstiziale si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788). Si ritiene che la condensazione interstiziale possa considerarsi assente quando siano soddisfatte le condizioni poste dalla norma, ovvero la quantità massima ammissibile e nessun residuo alla fine di un ciclo annuale.

Focus sulla valutazione delle superfici oggetto di intervento o ampliamento

Risulta fondamentale chiarire su quale superficie o volume va computata la percentuale che discrimina gli ambiti di applicazione. Il Ministero dello sviluppo economico ha pubblicato due distinte FAQ:

FAQ 2.13 del 1/08/2016

Con riferimento alla superficie superiore al 25% o 50% per definire gli ambiti di intervento (...) la superficie su cui calcolare la percentuale di intervento è quella dell'involucro dell'intero edificio, costituito dall'unione di tutte le unità immobiliari che lo compongono.

FAQ 3.13 del 12/2018

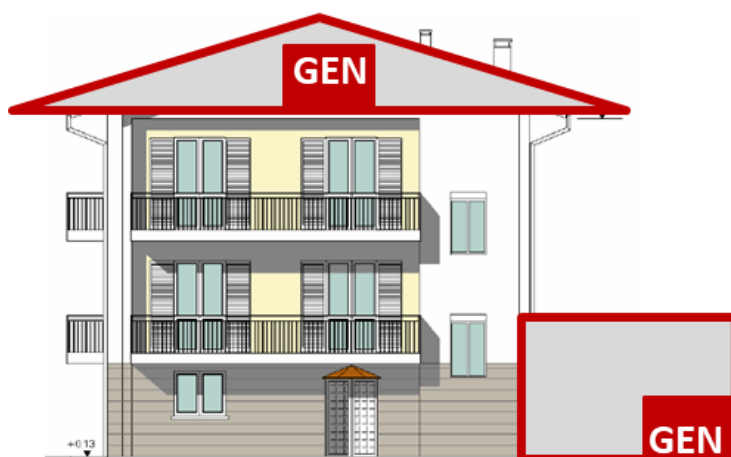
Con riferimento al volume superiore al 15% per gli ampliamenti e recuperi il volume dell'ampliamento deve essere valutato in maniera dipendente dal tipo di impianto di riscaldamento presente:

- impianto di riscaldamento centralizzato: il volume dell'ampliamento deve essere valutato per intero edificio, in riferimento al volume lordo climatizzato prima dell'ampliamento;
- impianto di riscaldamento autonomo: il volume dell'ampliamento deve essere valutato in riferimento al volume lordo climatizzato della singola unità immobiliare.

Questa ultima FAQ porta a due considerazioni:

Sarà più facile ricadere negli ambiti di ampliamento volumetrico con rispettivi requisiti da rispettare laddove ho unità con riscaldamento autonomo.

Nel caso di nuovo volume che rappresenta un'unità immobiliare a sé stante (con proprio impianto) non è chiaro quale sia la zona da considerare per valutare le percentuali.



La figura evidenzia il caso di ampliamento volumetrico con nuovo impianto

2.2 Esclusioni

L'Art. 3 del DLgs 192/05 modificato dalla Legge 90/13 nonché il DM 26 giugno 2015 e le successive FAQ hanno indicato e poi chiarito le tipologie di edificio e le casistiche di intervento che risultano escluse dall'applicazione dei requisiti.

Per quanto riguarda le categorie di edifici (sia che siano nuovi sia che siano oggetto di intervento) vengono comunque esclusi quegli edifici in cui:

- gli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del DLgs 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio solo nel caso in cui, previo giudizio dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione ai sensi del codice di cui al DLgs 42 del 22 gennaio 2004, il rispetto delle prescrizioni implichi un'alterazione sostanziale del loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai profili storici, artistici e paesaggistici.
- gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando refluì energetici (si veda la FAQ 3.17 di dicembre 2018) non altrimenti utilizzabili;
- gli edifici rurali non residenziali sprovvisti di impianti di climatizzazione;
- gli edifici dichiarati inagibili o collabenti;
- i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati;
- gli edifici che risultano non compresi nelle categorie di edifici classificati sulla base della destinazione d'uso di cui all'articolo 3 del DPR 412/93, il cui utilizzo standard non prevede l'installazione e l'impiego di sistemi tecnici, quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, fatto salvo le porzioni eventualmente adibite ad uffici e assimilabili, purché scorporabili ai fini della valutazione di efficienza energetica;
- gli edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose.

Negli edifici esistenti si escludono dall'applicazione dei requisiti minimi:

- interventi su strati di finitura ininfluenti dal punto di vista termico (secondo la FAQ 2.41 tra questi si può considerare anche la posa in opera di uno strato di impermeabilizzazione, con l'applicazione di vernici bituminose o assimilabili, direttamente sull'estradosso del solaio senza demolizione della pavimentazione, sarebbe comunque opportuno verificare l'efficacia dell'utilizzo di materiali impermeabilizzanti ad elevata riflettanza solare);
- rifacimento di porzioni di intonaco su superfici < 10% della superficie disperdente*.

*dove con superficie disperdente si intende la superficie disperdente lorda degli elementi opachi e trasparenti che delimitano il volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati quali le pareti verticali, i solai contro terra e su spazi aperti, i tetti e le coperture.

Un'applicazione parziale dei requisiti si verifica nel caso del rispetto delle trasmittanze termiche di legge U_{lim} nel caso di interventi su edifici esistenti che ricadano nelle casistiche denominate "ristrutturazione importante di secondo livello e riqualificazione energetica". In questi casi non è previsto il rispetto della trasmittanza termica media nel caso la destinazione d'uso degli edifici sia E.8. In sostanza gli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili non hanno un minimo di trasmittanza termica da rispettare per le coperture.

La deroga non si applica agli altri requisiti minimi igrotermici e di controllo di surriscaldamento estivo. Inoltre nel caso di ristrutturazione importante di secondo livello rimane in essere il requisito relativo al coefficiente di scambio termico medio H'_T .

Nel caso di edificio con sottotetto non riscaldato sul quale si interviene solamente per il rifacimento della copertura non occorre effettuare alcuna verifica energetica tuttavia, per la tipologia di intervento esposto, è fortemente consigliato l'isolamento dell'ultimo solaio facente parte dell'involucro climatizzato. (FAQ 3.4 del 12/2018).

3 CRITERI AMBIENTALI MINIMI

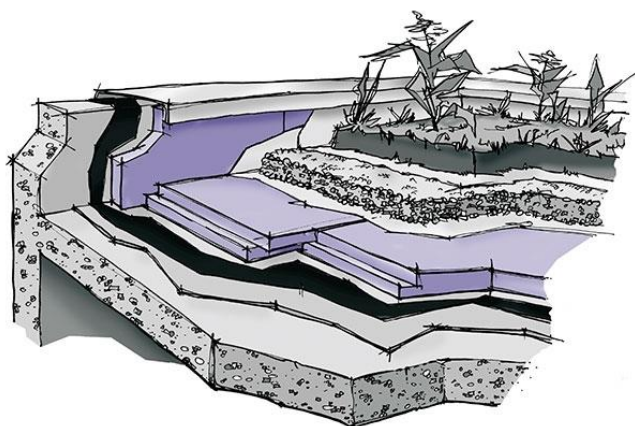
Il decreto che attualmente definisce i **criteri ambientali minimi (CAM)** per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici è il **Decreto 23 giugno 2022, in vigore dal 4 dicembre 2022**. Esso ha sostituito il decreto 11 ottobre 2017 precedentemente in vigore. Devono rispettare il decreto 23 giugno 2022 tutti gli interventi il cui titolo abilitativo sia stato richiesto a partire dal 4 dicembre 2022. I titoli precedenti fanno invece riferimento al decreto 11 ottobre 2017.

Il decreto prevede requisiti macro su gruppi di edifici e quartieri, più specifici per i singoli edifici fino a prestazioni ambientali su prodotti e materiali.

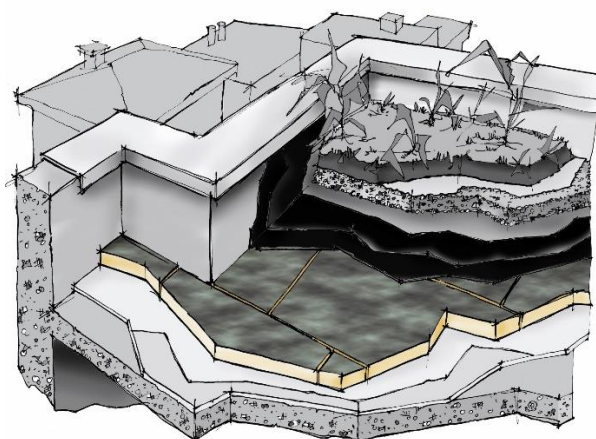
Tra le specifiche tecniche progettuali di livello territoriale-urbanistico che comportano un'attenzione particolare alle strutture tetto sicuramente c'è il **critério 2.3.3** che riguarda la riduzione dell'effetto "isola di calore estiva" e dell'inquinamento atmosferico.

Il criterio prevede, tra l'altro, che:

- per le coperture degli edifici (ad esclusione delle superfici utilizzate per installare attrezzature, volumi tecnici, pannelli fotovoltaici, collettori solari e altri dispositivi), siano previste sistemazioni a verde, oppure tetti ventilati o materiali di copertura che garantiscano un indice SRI di almeno 29 nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76 per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.



Tetto rovescio giardino con X-FOAM



Tetto caldo giardino con POLIISO

Tra i criteri tecnici richiesti al singolo edificio risulta fondamentale per l'efficienza energetica il **critério 2.4.2** per il quale i progetti degli interventi di **nuova costruzione, di demolizione e ricostruzione e di ristrutturazione importante di primo livello**, ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi (es. regolamenti urbanistici e edilizi comunali, etc.), garantiscono adeguate condizioni di comfort termico negli ambienti interni tramite una delle seguenti opzioni:

- verifica che la massa superficiale di cui al comma 29 dell'Allegato A del decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 192, riferita ad ogni singola struttura opaca verticale dell'involucro esterno sia di almeno 250 kg/m²;
- verifica che la trasmittanza termica periodica Y_{ie} riferita ad ogni singola struttura opaca dell'involucro esterno, calcolata secondo la UNI EN ISO 13786, risulti inferiore al valore di 0,09 W/m²K per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nordovest/Nord/Nord-Est) ed inferiore al valore di 0,16 W/m²K per le pareti opache orizzontali e inclinate;
- verifica che il numero di ore di occupazione del locale, in cui la differenza in valore assoluto tra la temperatura operante (in assenza di impianto di raffrescamento) e la temperatura di riferimento è inferiore a 4° C, risulti superiore all'85% delle ore di occupazione del locale tra il 20 giugno e il 21 settembre.

Nel caso di edifici storici si applicano le “Linee guida per migliorare la prestazione energetica degli edifici storici”, di cui alla norma UNI EN 16883.

Oltre agli edifici di nuova costruzione **anche gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti di primo livello devono essere edifici ad energia quasi zero.**

I progetti degli interventi di ristrutturazione importante di secondo livello, riqualificazione energetica e ampliamenti volumetrici non devono peggiorare i requisiti di comfort estivo. La verifica può essere svolta tramite calcoli dinamici o valutazioni sulle singole strutture oggetto di intervento.

La verifica prevede che per la verifica dinamica oraria del comfort termico estivo la temperatura operante estiva ($\theta_{o,t}$) si calcola secondo la procedura descritta dalla UNI EN ISO 52016-1, con riferimento alla stagione estiva (20 giugno - 21 settembre) in tutti gli ambienti principali.

La verifica garantisce quanto segue:

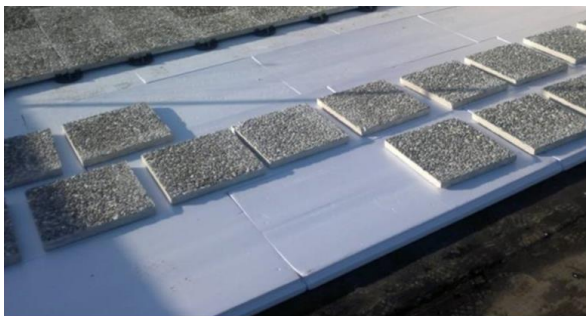
$$|\theta_{o,t} - \theta_{rif}| < 4^{\circ} \text{ C con un numero di ore di comfort} > 85\%$$

$$\text{dove: } \theta_{rif} = (0.33 \theta_{rm}) + 18.8$$

dove: θ_{rm} = temperatura esterna media mobile giornaliera secondo UNI EN 16798-1

Sempre sul singolo edificio e componente dell'edificio vanno effettuate le verifiche previste nel **critério 2.4.6 “Benessere termico”**:

- è garantito il benessere termico e di qualità dell'aria interna prevedendo condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma UNI EN ISO 7730 in termini di PMV (Voto Medio Previsto) e di PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti) oltre che di verifica di assenza di discomfort locale.



Esempio di tetto rovescio con X-FOAM



Esempio di tetto caldo con POLIISO PLUS

Rilevante per il buon funzionamento dell'edificio e delle strutture è anche il criterio 2.4.9 “Tenuta all'aria”: il criterio stabilisce che in tutte le unità immobiliari riscaldate è garantito un livello di tenuta all'aria dell'involucro che garantisca:

- il mantenimento dell'efficienza energetica dei pacchetti coibenti preservandoli da fughe di calore;
- l'assenza di rischio di formazione di condensa interstiziale** nei pacchetti coibenti, nodi di giunzione tra sistema serramento e struttura, tra sistema impiantistico e struttura e nelle connessioni delle strutture stesse;
- il mantenimento della salute e durabilità delle strutture evitando la formazione di condensa interstiziale** con conseguente ristagno di umidità nelle connessioni delle strutture stesse;
- il corretto funzionamento della ventilazione meccanica controllata, ove prevista, mantenendo inalterato il volume interno per una corretta azione di mandata e di ripresa dell'aria.

4 PARAMETRI INVERNALI

In questo capitolo si sintetizzano i parametri di verifica citati precedentemente focalizzando l'attenzione agli interventi in copertura. I parametri centrali per la progettazione invernale delle strutture opache sono la trasmittanza termica U e il coefficiente globale medio di scambio termico H'_T .

4.1 Trasmittanza termica

La trasmittanza termica U permette di valutare il grado di isolamento termico di una struttura opaca ai fini della valutazione delle dispersioni energetiche durante il periodo invernale. Caratterizza infatti il comportamento della struttura con ipotesi di regime di trasmissione del calore stazionario (molto rappresentativo del periodo invernale).

Il DM requisiti minimi e i CAM prevedono una trasmittanza termica limite $U_{lim} - [W/m^2K]$.

La verifica della trasmittanza va condotta per tutte le strutture della stessa tipologia indipendentemente dall'orientamento, dallo spessore e dalla stratigrafia delle diverse porzioni.

Le tipologie di strutture sono quelle corrispondenti alle tabelle dell'Appendice B del DM, cioè:

- strutture opache verticali;
- strutture opache orizzontali o inclinate di copertura;
- strutture opache orizzontali di pavimento.

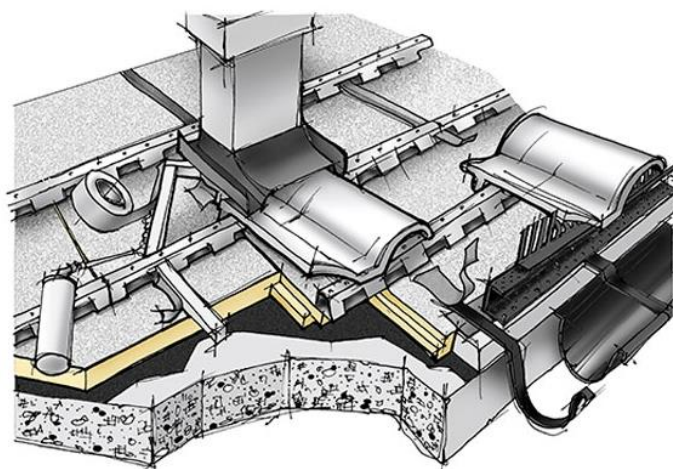
Per le strutture opache orizzontali o inclinate di copertura i limiti sono quelli riportati di seguito nella tabella 4. Nell'ultima colonna vengono riportati i valori necessari per accedere alla detrazione con Ecobonus e Superbonus ricordando che i due provvedimenti sono distinti e come tali hanno differenti requisiti.

| Strutture opache orizzontali o inclinate di <u>copertura</u>, verso l'esterno | | |
|--|---|---|
| | Trasmittanze limite di legge su edifici esistenti Tabella appendice B (DM 26/06/2015) | Trasmittanza limite per accedere alle detrazioni fiscali Ecobonus e Superbonus (Allegato E Decreto 6 agosto 2020) |
| Zona climatica | $U_{lim} [W/m^2K]$ Dal 1° gennaio 2019/2021 | $U_{lim} [W/m^2K]$ Dal 5 ottobre 2020 |
| A-B | 0,32 | 0,27 |
| C | 0,32 | 0,27 |
| D | 0,26 | 0,22 |
| E | 0,24 | 0,20 |
| F | 0,22 | 0,19 |

Per il DM 26/06/2015 tali limiti vanno rispettati tenendo conto dei ponti termici, interamente conteggiati se compresi nella superficie di intervento, conteggiati per metà se di confine con altre strutture. I valori limite per le detrazioni sono invece non comprensivi di ponti termici.

Ma a quanti cm di materiali isolante corrisponde il rispetto dei requisiti di legge o di accesso alle detrazioni?

Il calcolo della trasmittanza termica di una struttura dipende dal valore di resistenza termica delle parti non isolanti (intonaco, intercapedini d'aria, solaio laterocementizio, ecc..) e del tipo di materiale isolante scelto, ovvero dalla sua conduttività termica dichiarata λ_D .



Esempio di isolamento termico di copertura a falda con POLIISO TEGOLA

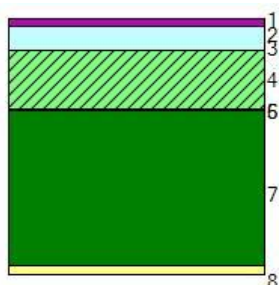
ANIT distribuisce il software PAN proprio per individuare con precisione i valori di spessore di isolamento termico da impiegare.

Le aziende producono prodotti di caratteristiche diverse e con spessori commerciali ben definiti. Per poter progettare rapidamente la stratigrafia adatta sul sito di ANIT è possibile verificare quali banche dati sono già pronte per essere importate nel software PAN. **EDILTEC ha realizzato la banca dati per il software ANIT** e segue un esempio di calcolo che evidenzia che per esempio con il prodotto POLIISO TEGOLA siano sufficienti 100 mm per ottenere un valore di trasmittanza termica U pari a $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ che possa tranquillamente rispettare i valori imposti dal legislatore tenendo conto della possibile influenza dei ponti termici.



Descrizione struttura

Nella valutazione del comportamento invernale è decisiva la valutazione della resistenza termica complessiva dell'elemento.



| | | | |
|---|-----|---|--|
| 1 | VAR | Tegole in argilla | |
| 2 | INA | Camera debolmente ventilata | |
| 3 | MET | POLIISO TEGOLA sp.100 mm - Pannello isolante costituito da schiuma polyiso (PIR) rigida, espansa fra due supporti di alluminio goffrato. Resistenza a compressione $\geq 150 \text{ kPa}$. Lunghezza 2400 mm e larghezza pari al passo della tegola. | Supporto in alluminio goffrato |
| 4 | ISO | | Schiuma polyiso (PIR) rigida, espansa fra due supporti di alluminio goffrato |
| 5 | MET | Bordi battentati. | Supporto in alluminio goffrato |
| 6 | IMP | Bitume | |
| 7 | SOL | Laterocemento sp.26 cm.rif.2.1.05 | |
| 8 | INT | Intonaco di calce e gesso | |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | m [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|----------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,012 | 2000,0 | 1,000 | 799,1 | 30,0 | 24,0 | 0,01 | 0,36 | 0,626 |
| 2 | 0,040 | 1,0 | 0,385 | 1004,2 | 1,0 | 0,0 | 0,16 | 0,04 | 0,000 |
| 3 | 0,000 | 2700,0 | 220,000 | 962,3 | 590000,0 | 0,1 | 0,00 | 29,50 | 84,672 |
| 4 | 0,100 | 35,0 | 0,022 | 1506,2 | 50,0 | 3,5 | 4,54 | 5,00 | 0,417 |
| 5 | 0,000 | 2700,0 | 220,000 | 962,3 | 590000,0 | 0,1 | 0,00 | 29,50 | 84,672 |
| 6 | 0,002 | 1200,0 | 0,170 | 920,5 | 20000,0 | 2,4 | 0,01 | 40,00 | 0,154 |
| 7 | 0,260 | 842,3 | 0,667 | 836,8 | 15,0 | 219,0 | 0,39 | 3,90 | 0,946 |
| 8 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 836,8 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,598 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduktività |
| c | Calore specifico |
| m | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | | |
|-------------------------------------|-------|--------------------|
| Spessore totale | 0,429 | m |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 249,2 | kg/m ² |
| Resistenza | 5,22 | m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,19 | W/m ² K |

Valori invernali



Esempi di applicazione su copertura a falda di POLIISO TEGOLA

4.2 Coefficiente medio globale di scambio termico H'_T

Il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente è descritto dal parametro H'_T ed è una trasmittanza media [W/m^2K]. Il valore di H'_T deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato in Tabella 3 in funzione della zona climatica e del rapporto S/V. I valori differiscono nei casi di nuova costruzione/ristrutturazione importante di 1° livello e ristrutturazione importante di 2° livello/ampliamenti.

| TABELLA 3 (Appendice A) | | | | | | |
|---|--|----------------|------|------|------|------|
| Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T [W/m^2K] | | | | | | |
| N. riga | RAPPORTO DI FORMA (S/V) | Zona climatica | | | | |
| | | A e B | C | D | E | F |
| 1 | $S/V \geq 0,7$ | 0,58 | 0,55 | 0,53 | 0,50 | 0,48 |
| 2 | $0,7 > S/V \geq 0,4$ | 0,63 | 0,60 | 0,58 | 0,55 | 0,53 |
| 3 | $0,4 > S/V$ | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,75 | 0,70 |
| TABELLA 3 (Appendice A) | | | | | | |
| Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T [W/m^2K] | | | | | | |
| N. riga | TIPOLOGIA DI INTERVENTO | Zona climatica | | | | |
| | | A e B | C | D | E | F |
| 4 | Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie | 0,73 | 0,70 | 0,68 | 0,65 | 0,62 |

La valutazione di questo parametro dipende dalle prestazioni isolanti di tutti i componenti l'involucro edilizio e si calcola come:

$$H'_T = H_{tr,adj} / \sum_k A_k \quad [W/m^2K]$$

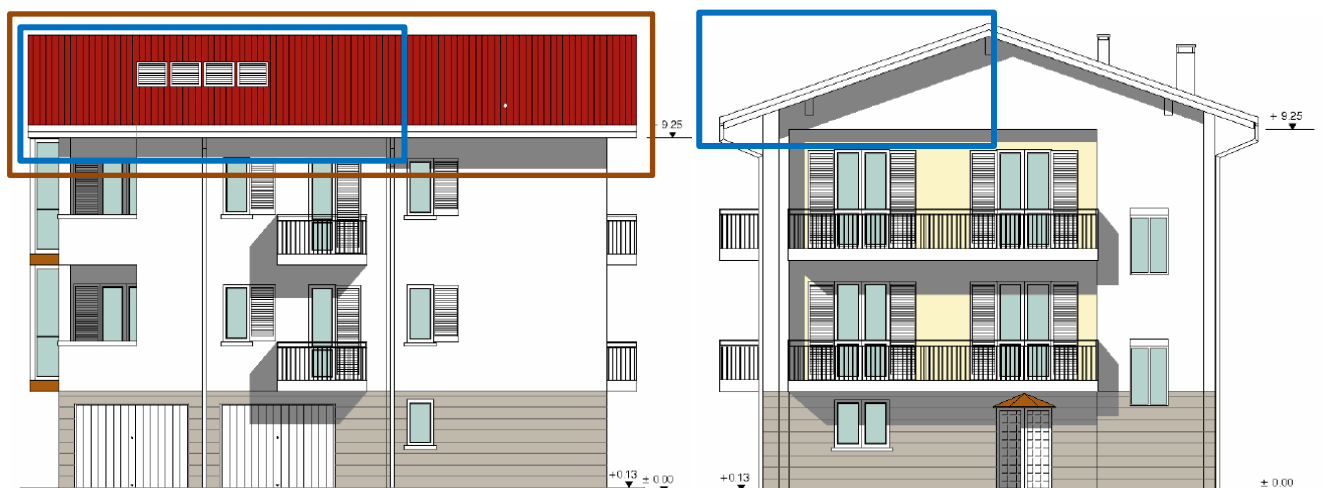
Dove:

- $H_{tr,adj}$ è il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro (UNI/TS 11300-1)[W/K];
- A_k è la superficie del k-esimo componente (opaco o trasparente) costituente l'involucro [m^2].

Nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello i requisiti si applicano all'intero immobile quindi anche H'_T va calcolato tenendo conto di involucro opaco (comprensivo di ponti termici) e involucro trasparente a prescindere dalla superficie in intervento. In questi casi la verifica si esegue per unità immobiliare.

Nel caso invece di ristrutturazione importante di 2° livello la FAQ 3.1 del 12/2018 riporta che è necessario considerare sia le parti opache sia le parti trasparenti costituenti l'involucro dell'elemento oggetto di intervento solo nel solo caso in cui entrambe siano di proprietà del medesimo soggetto giuridico; qualora le parti opache appartengano a un soggetto giuridico diverso da quello a cui appartengono le parti trasparenti, la verifica dell' H'_T deve essere eseguita solo sulla parte su cui si interviene. L'approccio suddetto vale anche nel caso di sostituzione dei soli componenti trasparenti, per la quale si ricada nella ristrutturazione importante di secondo livello.

Nelle ristrutturazioni importanti di II livello per tutta la superficie di uguale orientamento interessata, completamente o per una porzione, da lavori. Nel caso di strutture verticali si considera oggetto di verifica l'intera parete (facciata). Nel caso di strutture di copertura orizzontali o inclinate si considera oggetto di verifica l'intera falda o porzione di tetto. Nel caso in cui la superficie di uguale orientamento fosse comune a più unità immobiliari (pareti esterne continue tra piani e unità adiacenti o unica falda per unità adiacenti), la verifica dovrà riguardare solo la porzione relativa all'unità nella quale si sta effettuando l'intervento (FAQ 2.15 del 1/08/2016).



In un caso come quello rappresentato in figura per cui l'intervento insiste su circa metà della falda del tetto, il coefficiente medio di scambio termico viene calcolato tenendo conto della superficie che insiste sull'unità immobiliare unica dell'ultimo piano ma considerando tutta la falda del tetto interessata parzialmente dai lavori.

Conclusioni

Ai fini del comportamento invernale è necessario isolare le strutture opache di copertura con adeguati livelli di isolamento termico caratterizzando la trasmittanza termica U delle strutture. Questo aspetto è valutato in riferimento allo spessore dei materiali e alla conduttività termica dichiarata λ_D . L'attenzione invernale è quindi posta sulla resistenza termica e sulla correzione adeguata dei ponti termici. Tutti questi aspetti devono essere valutati in parallelo alle verifiche igrometriche di condensazione interstiziale.



Fasi di realizzazione dell'isolamento termico di una copertura industriale con POLIISO su misura

5 PARAMETRI ESTIVI E COMFORT

Il comportamento estivo dell'involucro edilizio per limitare il surriscaldamento dell'aria interna quindi per mantenere adeguate condizioni di comfort e ridotti fabbisogno energetici per il raffrescamento è stato storicamente affrontato per requisiti sui componenti (trasmissione termica periodica Y_{ie} , e riflettanza solare) e sul fabbisogno $EP_{c,nd}$ in kWh. È stato poi introdotto a livello legislativo, con i CAM, anche l'attenzione rispetto al comfort e alla temperatura operante. Aspetto già presente nei protocolli premianti o volontari tipo ITACA.

Di seguito una breve descrizione dei vari parametri.

5.1 Trasmittanza termica periodica

Il parametro è descritto come Y_{ie} e l'unità di misura è $[W/m^2K]$. La trasmittanza termica periodica 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.

La valutazione della trasmittanza termica periodica tiene conto di diverse caratteristiche dei materiali presenti nella struttura che sono conducibilità, calore specifico, densità e spessore. Variando questi parametri modificando stratigrafie e spessori è possibile raggiungere pari livelli di trasmittanza termica periodica tra strutture leggere e pesanti.

Minore il valore di trasmittanza termica periodica, migliore la capacità della struttura opaca di frenare l'energia solare entrante grazie alle sue capacità isolanti e inerziali.

Richiesta legislativa

Il DM 26/06/2015 prescrive per le coperture, per i nuovi edifici e ristrutturazioni importanti di primo livello, quanto segue:

“Il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti:

[...]

- a) esegue, a eccezione degli edifici classificati nelle categorie E.6 ed E.8, in tutte le zone climatiche a esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradiazione sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a $290 W/m^2$:

[...]

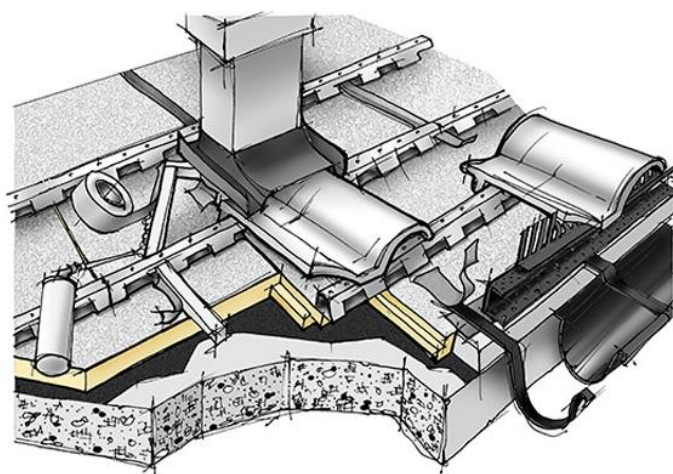
- ii. la verifica, relativamente a tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{ie} , di cui alla lettera d), del comma 2, dell'articolo 2, del presente decreto, sia inferiore a $0,18 W/m^2K$.
- b) qualora ritenga di raggiungere i medesimi effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache di cui alla lettera b), **con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti** in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare, produce adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le citate disposizioni”.

Progettare e realizzare coperture che abbiano una buona prestazione estiva è possibile?

Dal 2005, in occasione della pubblicazione del DLgs 192, l'Associazione ha mostrato che una buona prestazione estiva delle strutture opache, descritta dal valore di Y_{ie} , è progettabile a patto di descrivere adeguatamente la stratigrafia. La valutazione della trasmittanza termica periodica si realizza in accordo con il metodo di calcolo della UNI EN ISO 13786.

Come descritto in precedenza ANIT distribuisce il software PAN che oltre alla valutazione di trasmittanza termica U consente anche il calcolo della trasmittanza termica periodica Y_{ie} (e di sfasamento e attenuazione ad essa collegati).

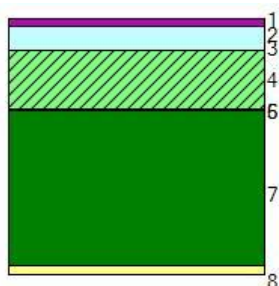
Segue l'esempio di calcolo che evidenzia come il prodotto POLIISO TEGOLA con spessore 100 mm sia un ottimo punto di partenza per realizzare una copertura con buone prestazioni estive, oltre che buone prestazioni invernali. La trasmittanza termica periodica di progetto $Y_{ie} = 0,031 \text{ W/m}^2\text{K}$ è infatti già inferiore ai limiti di legge di $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Esempio di isolamento termico di copertura a falda con POLIISO TEGOLA

Descrizione struttura

Nella valutazione del comportamento estivo è decisiva la valutazione della resistenza termica complessiva dei vari materiali, il rispettivo calore specifico e la densità.



| | | | |
|---|-----|---|--|
| 1 | VAR | Tegole in argilla | |
| 2 | INA | Camera debolmente ventilata | |
| 3 | MET | POLIISO TEGOLA sp.100 mm - Pannello isolante costituito da schiuma polyiso (PIR) rigida, espansa fra due supporti di alluminio goffrato. Resistenza a compressione $\geq 150 \text{ kPa}$. Lunghezza 2400 mm e larghezza pari al passo della tegola. Bordi battentati. | Supporto in alluminio goffrato |
| 4 | ISO | | Schiuma polyiso (PIR) rigida, espansa fra due supporti di alluminio goffrato |
| 5 | MET | | Supporto in alluminio goffrato |
| 6 | IMP | Bitume | |
| 7 | SOL | Laterocemento sp.26 cm.rif.2.1.05 | |
| 8 | INT | Intonaco di calce e gesso | |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | m [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|----------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,012 | 2000,0 | 1,000 | 799,1 | 30,0 | 24,0 | 0,01 | 0,36 | 0,626 |
| 2 | 0,040 | 1,0 | 0,385 | 1004,2 | 1,0 | 0,0 | 0,16 | 0,04 | 0,000 |
| 3 | 0,000 | 2700,0 | 220,000 | 962,3 | 590000,0 | 0,1 | 0,00 | 29,50 | 84,672 |
| 4 | 0,100 | 35,0 | 0,022 | 1506,2 | 50,0 | 3,5 | 4,54 | 5,00 | 0,417 |
| 5 | 0,000 | 2700,0 | 220,000 | 962,3 | 590000,0 | 0,1 | 0,00 | 29,50 | 84,672 |
| 6 | 0,002 | 1200,0 | 0,170 | 920,5 | 20000,0 | 2,4 | 0,01 | 40,00 | 0,154 |
| 7 | 0,260 | 842,3 | 0,667 | 836,8 | 15,0 | 219,0 | 0,39 | 3,90 | 0,946 |
| 8 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 836,8 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,598 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduktività |
| c | Calore specifico |
| m | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |



Esempi di applicazione su copertura a falda di POLIISO TEGOLA

Parametri dinamici

| | | |
|--|---------|--------------------|
| Spessore totale | 0,429 | m |
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,031 | W/m ² K |
| Sfasamento | 10h 30' | - |
| Attenuazione | 0,160 | - |

Valori estivi

| | | |
|--|---------|--------------------|
| | 0,429 | m |
| | 0,031 | W/m ² K |
| | 10h 30' | - |
| | 0,160 | - |

5.2 Riflettanza solare e indice di riflessione solare SRI

L'oscillazione di temperatura superficiale esterna è fortemente influenzata dalla capacità del rivestimento esterno di assorbire o meno energia solare. Ai fini quindi di calcoli energetici e di comfort relativi alla stagione di raffrescamento, oltre alla caratterizzazione termica delle strutture che costituiscono l'involucro oggetto di studio, è necessario valutare anche il comportamento di tali strutture nei confronti dell'irraggiamento solare.

L'indice SRI descrive la capacità di una superficie irradiata dal sole a non scaldarsi e ad emettere molta energia sotto forma di radiazione termica.

L'indice tiene conto, per il rivestimento oggetto di indagine, della riflessione solare e della emissività della superficie.

Se il rivestimento è bianco con una riflessione solare pari a 0.8 e un'emissività pari a 0.9, SRI è pari a 100, se invece è nero con una riflessione solare pari a 0.05 e un'emissività di 0.9, il valore è 0. Rivestimenti particolarmente adatti a ridurre il surriscaldamento delle superfici possono avere SRI maggiori di 100 se il valore di riflessione è superiore a 0.8 o se l'emissività è maggiore di 0.9.

Il parametro SRI è quindi il parametro maggiormente corretto per capire il comportamento di un rivestimento rispetto alle problematiche di surriscaldamento.

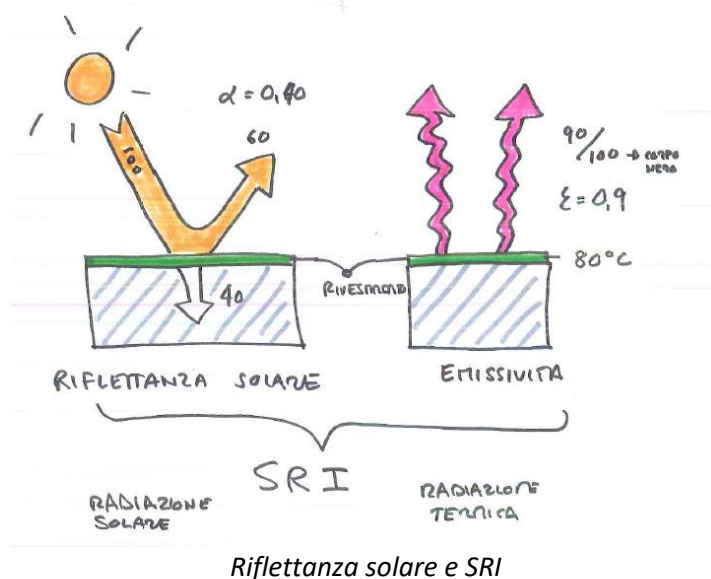
Richiesta legislativa

Il DM 26 giugno 2015 sui requisiti minimi per l'efficienza energetica degli edifici si sofferma solo sull'aspetto della radiazione solare incidente e infatti introduce la seguente prescrizione:

- per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:
 - materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:
 - 0,65 nel caso di coperture piane;
 - 0,30 nel caso di copertura a falde;
 - tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo: ventilazione, coperture a verde).

Tale indicazione prevede un obbligo sulla valutazione dell'efficacia dei due sistemi e non fornisce un limite specifico sul requisito.

I CAM, più correttamente, richiedono un indice SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76, per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.



5.3 La temperatura operante

La norma UNI 10375:2011 e la UNI EN ISO 52016-1 definiscono la **temperatura operante** come: *“temperatura uniforme di un ambiente nel quale un occupante scambierebbe per irraggiamento e convezione la stessa potenza termica scambiata nell’ambiente in esame termicamente non uniforme”*.

Il valore della temperatura operante si calcola per ogni ora come media del valore della temperatura dell’aria interna e della temperatura media radiante della stanza.

$$\theta_{op,t} = \frac{\theta_{ai,t} + \theta_{mr,t}}{2}$$

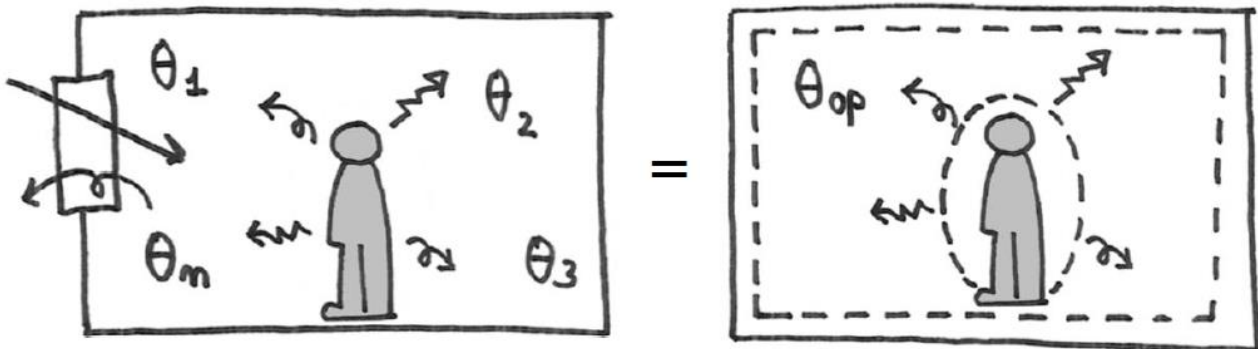
dove:

- $\theta_{op,t}$ è la temperatura operante all’ora t [°C];
- $\theta_{ai,t}$ è la temperatura dell’aria interna all’ora t [°C];
- $\theta_{mr,t}$ è la temperatura media radiante all’ora t [°C].

Il calcolo di queste grandezze si esegue oramai in regime dinamico, con passo orario e in assenza di impianti.

$\theta_{ai,t}$ e $\theta_{mr,t}$ con la nuova UNI EN ISO 52016 vengono valutate non più basandosi su un giorno tipo ma tenendo conto dei dati orari dell’intero anno previsti dalla norma sui dati climatici orari UNI 10349.

La $T_{operante}$ è il parametro che traduce la percezione termica di una persona all’interno di un ambiente confinato.



Temperatura operante: parametro fittizio rappresentativo di un ambiente uniforme nel quale un soggetto scambierebbe la stessa potenza termica di un ambiente reale non uniforme

5.4 Il comfort adattivo

Il modello di comfort adattivo è descritto nella UNI EN 16798-1:2019, che propone due formule: una per determinare la temperatura di comfort e una per determinare l'intervallo di accettabilità delle condizioni interne.

L'equazione per la determinazione del livello di comfort rispetto alla temperatura esterna è:

$$\theta_c = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8$$

dove:

ϑ_c è la temperatura di comfort [°C]
 ϑ_{rm} è la temperatura esterna continua media giornaliera [°C]

Gli intervalli di comfort sono divisi in tre categorie:

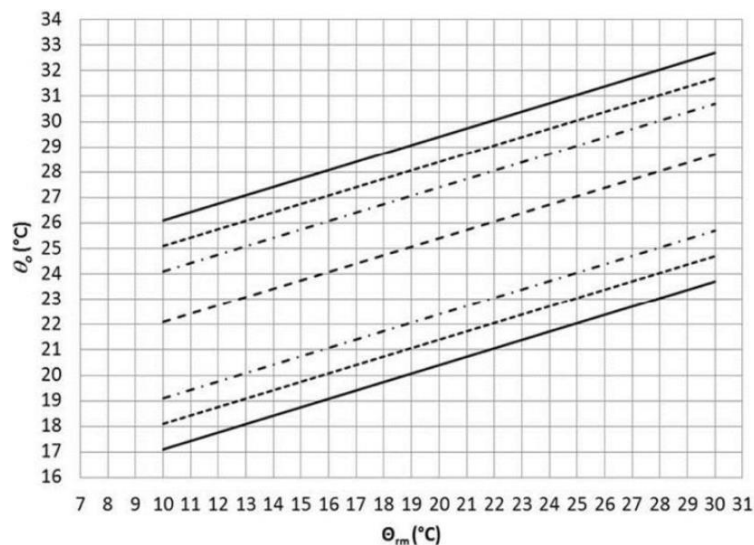
| | | |
|---------------|------------------|--|
| Categoria I | Limite superiore | $\theta_o = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8 + 2$ |
| | Limite inferiore | $\theta_o = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8 - 3$ |
| Categoria II | Limite superiore | $\theta_o = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8 + 3$ |
| | Limite inferiore | $\theta_o = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8 - 4$ |
| Categoria III | Limite superiore | $\theta_o = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8 + 4$ |
| | Limite inferiore | $\theta_o = 0.33 \cdot \theta_{rm} + 18.8 - 5$ |

dove:

ϑ_o è la temperatura operante interna [°C]

Il grafico mostra la logica di rappresentazione del comfort: i confini delle categorie di comfort I, II e III secondo la norma UNI EN 16798 sono visualizzati in rapporto al valore di comfort tratteggiato che cresce linearmente rispetto alla temperatura esterna ambientale.

Le linee si discostano dal valore di ϑ_c (linea tratteggiata) per intervalli rispettivamente di +2 e +3°C, +3 e -4°C e +4 e -5°C. Sull'asse orizzontale è rappresentata la temperatura esterna media mensile, sull'asse verticale la temperatura operante interna [°C].



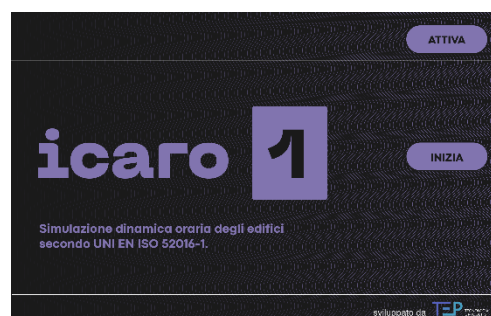
6 COMPORTAMENTO ESTIVO E INVERNALE CON SOLUZIONI EDILTEC

Il presente capitolo descrive tre studi condotti su edifici isolati termicamente con soluzioni EDILTEC per valutare il fabbisogno energetico di riscaldamento $EP_{H,nd}$ e di raffrescamento (calore sensibile) $EP_{C,nd}$ e il comfort con temperature operanti.

Il primo edificio è a destinazione d'uso residenziale ed è una villetta unifamiliare, il secondo edificio è a destinazione d'uso residenziale ed è un condominio, il terzo edificio è a destinazione d'uso uffici. Per tutti e tre i casi studio è stato modellato l'ultimo piano dell'edificio a contatto con la copertura per valutare gli effetti dell'isolamento in parete e in copertura; lo studio è stato realizzato con il software LETO, dedicato al fabbisogno energetico degli edifici in regime semi-stazionario e implementa le UNI/TS 11300, e con il software ICARO. Gli edifici sono stati analizzati nelle zone termiche C (Napoli), D (Roma), E (Torino).

ANIT distribuisce il software ICARO per analizzare con precisione il bilancio energetico degli edifici.

Il software dedicato simulazione di una zona termica in regime dinamico e orario è sviluppato in accordo con la norma UNI EN ISO 52016 del 2018. Può essere utilizzato per il calcolo del fabbisogno energetico dell'involucro, l'analisi del comfort estivo, lo studio della temperatura operante e la valutazione delle potenze necessarie al mantenimento delle temperature di progetto.



6.1 Villetta unifamiliare

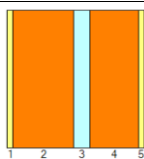
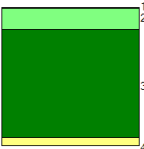
Le simulazioni realizzate hanno le seguenti ipotesi:

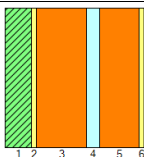
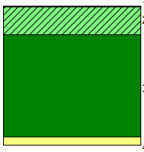
- struttura in c.a., tamponamenti in laterizio, copertura inclinata in laterocemento;
- serramenti con trasmittanza pari ai limiti posti dal DM 26/06/2015 Requisiti Minimi;
- superficie finestrata pari al 4% della totale disperdente, schermata con tende bianche interne;
- servizio di riscaldamento presente;
- servizio di raffrescamento non presente.

Soluzioni EDILTEC

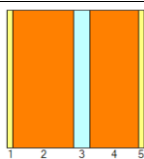
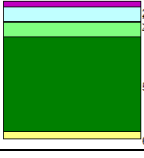
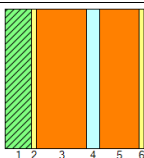
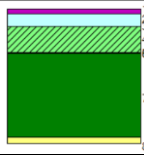
Vengono isolate le pareti e la copertura dell'edificio, con soluzioni diverse a seconda della zona climatica. Le tabelle seguenti riassumono le caratteristiche delle strutture opache dell'edificio esistente e le successive varianti con soluzioni di isolamento termico, in accordo con i limiti posti dal DM 26/06/2015 Requisiti Minimi.

Zona C – Napoli

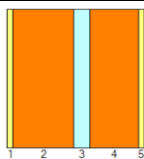
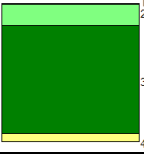
| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C_p | Y_{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|--------------------|---|---------------------------|----------|-----------|----------|--------------|------------|
| | | | W/m^2K | kJ/m^2K | W/m^2K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in doppio tavolato | 0,87 | 54 | 0,31 | 0,36 | 9h 37' |
| C |  | Copertura | 0,98 | 53 | 0,23 | 0,26 | 8h 29' |

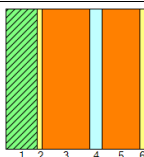
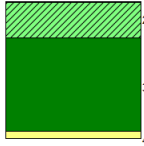
| Edificio isolato | | | | | | | |
|------------------|---|--|------|----|------|------|---------|
| M1 |  | Isolamento a cappotto con X-FOAM WAFER da 80mm | 0,29 | 50 | 0,03 | 0,10 | 12h 33' |
| C |  | Tetto caldo isolato con POLIISO PLUS da 70mm | 0,27 | 51 | 0,05 | 0,17 | 9h 33' |

Zona D – Roma

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|--------------------|---|--|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in doppio tavolato | 0,87 | 54 | 0,31 | 0,36 | 9h 37' |
| C |  | Copertura | 0,95 | 53 | 0,22 | 0,21 | 9h 03' |
| Edificio isolato | | | | | | | |
| M1 |  | Isolamento a cappotto con X-FOAM WAFER da 80mm | 0,29 | 50 | 0,03 | 0,10 | 12h 33' |
| C |  | Tetto ventilato isolato con POLIISO TEGOLA da 70mm | 0,23 | 51 | 0,04 | 0,16 | 10h 21' |

Zona E – Torino

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|--------------------|---|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in doppio tavolato | 0,87 | 54 | 0,31 | 0,36 | 9h 37' |
| C |  | Copertura | 0,98 | 53 | 0,23 | 0,26 | 8h 29' |

| Edificio isolato | | | | | | | |
|------------------|---|---|------|----|------|------|---------|
| M1 |  | Isolamento a cappotto con X-FOAM WAFER da 100mm | 0,25 | 50 | 0,02 | 0,09 | 12h 50' |
| C |  | Tetto caldo isolato con POLIISO SB da 100mm | 0,23 | 51 | 0,04 | 0,17 | 10h 16' |

Risultati delle simulazioni – Fabbisogno energetico

La villetta è stata analizzata per evidenziare i benefici in termini di fabbisogno energetico, confrontando l'edificio nella configurazione esistente e nella versione isolata per tutte e tre le zone climatiche selezionate.

Nella tabella sottostante sono riportati sia il fabbisogno energetico sia gli indici di prestazione energetica, ossia il fabbisogno sull'area utile. Per il servizio di raffrescamento è stata svolta una simulazione che considera la presenza di un impianto, per stimare la variazione di potenza necessaria.

| | | Zona C - Napoli | | Zona D - Roma | | Zona E - Torino | |
|--------------------|-------------------------|-----------------|------|---------------|-------|-----------------|-------|
| | | non iso | iso | non iso | iso | non iso | iso |
| $Q_{H,nd}$ | kWh | 10630 | 4386 | 19537 | 5100 | 37330 | 10793 |
| $\Delta Q_{H,nd}$ | kWh | - | 6244 | - | 14437 | - | 26537 |
| $EP_{H,nd}$ | kWh/m ² anno | 59,3 | 24,5 | 109,0 | 28,4 | 208,2 | 60,2 |
| $\Delta EP_{H,nd}$ | kWh/m ² anno | - | 34,8 | - | 80,6 | - | 148 |
| $Q_{c,nd}$ | kWh | 5235 | 3542 | 5647 | 3036 | 2457 | 1959 |
| $\Delta Q_{c,nd}$ | kWh | - | 1693 | - | 2611 | - | 498 |
| $EP_{c,nd}$ | kWh/m ² anno | 29,1 | 19,7 | 31,4 | 16,9 | 13,7 | 10,9 |
| $\Delta EP_{c,nd}$ | kWh/m ² anno | - | 9,4 | - | 14,5 | - | 2,9 |
| P_c | kW | 8,5 | 7,1 | 9,6 | 6,4 | 7,0 | 5,3 |

Nella valutazione dell'efficienza energetica globale bisogna tenere conto sia del periodo invernale che estivo.

Per il periodo invernale e il fabbisogno di riscaldamento l'isolamento consente per tutte e tre le località una riduzione del fabbisogno energetico, che nella città di Napoli passa da 59,3 kWh/m²anno a 24,5 kWh/m²anno, nella città di Roma passa da 109,0 kWh/m²anno a 28,4 kWh/m²anno e nella città di Torino passa da 208,2 kWh/m²anno a 60,2 kWh/m²anno. Il clima impostato nelle simulazioni influenza il dato, ma per tutte e tre le località la riduzione è sostanziale, variando dal 60 al 75% rispetto al dato di partenza.

Per il periodo estivo e il fabbisogno di raffrescamento l'isolamento consente per tutte e tre le località una riduzione del fabbisogno energetico, che nella città di Napoli passa da 29,1 kWh/m²anno a 19,7 kWh/m²anno, nella città di Roma passa da 31,4 kWh/m²anno a 16,9 kWh/m²anno e nella città di Torino passa da 13,7 kWh/m²anno a 10,9 kWh/m²anno. Il clima impostato nelle simulazioni influenza il dato, che dipende sia dall'andamento della temperatura esterna sia dall'irraggiamento solare; in generale la riduzione varia da 20 al 46%, aumentando dove l'irraggiamento è maggiore. Una riduzione di fabbisogno è correlata anche a una riduzione di potenza di picco, pari a 17%, 33% e 24% in ordine per località.

È importante sottolineare come il bilancio tra estate e inverno è sempre e comunque positivo: il risparmio invernale è più elevato rispetto alle variazioni che si verificano nel periodo estivo, ma i dati dimostrano il vantaggio dell'isolamento anche per il periodo estivo.

Risultati delle simulazioni – Carichi e temperatura operante

Si è proceduto valutando, con nuove simulazioni, che risultati consente di ottenere l'isolamento in copertura e in parete con i prodotti di EDILTEC.

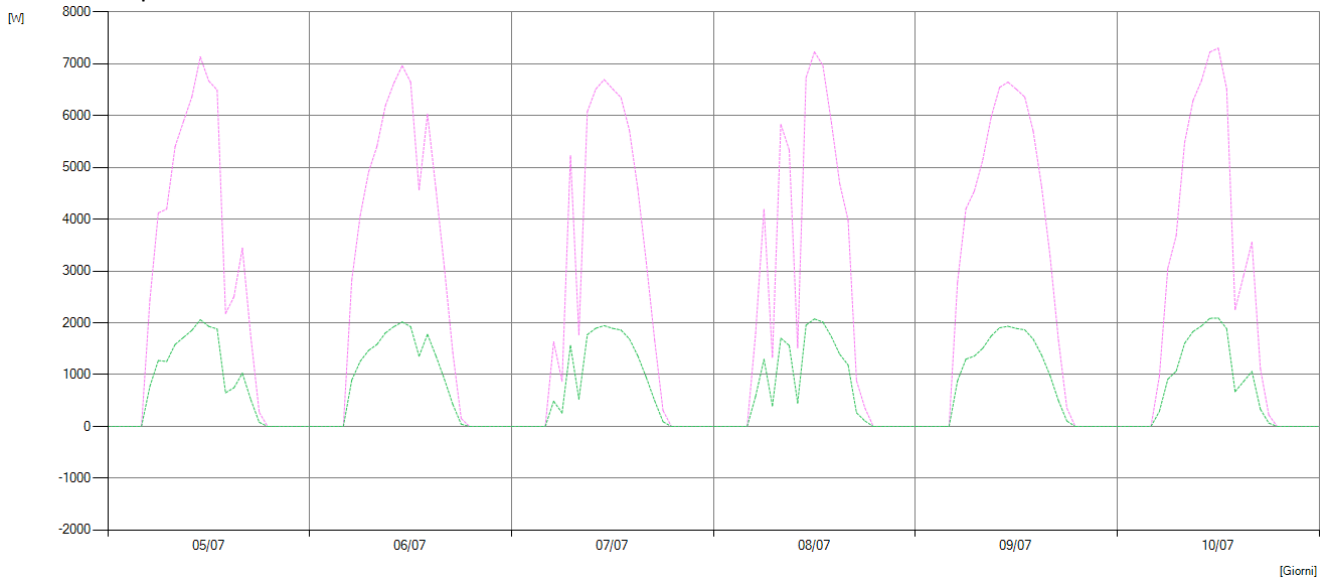
Per le simulazioni in regime dinamico sono state considerate delle condizioni di modellazione aggiuntive rispetto a quelle già descritte sono state:

- apporti interni "medi";
- ventilazione "media", differente per la stagione di riscaldamento.

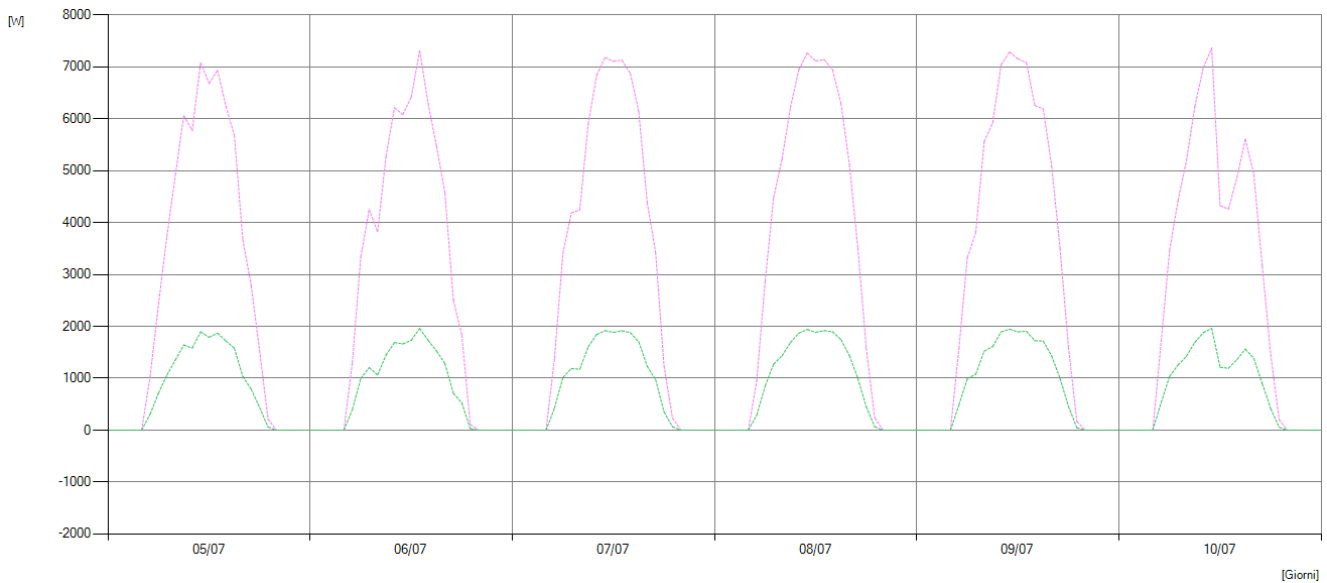
I risultati riportati riguardano i carichi solari attraverso la superficie opaca e la temperatura operante che si sviluppa all'interno della zona termica.

Sono di seguito riportati, per località, i carichi solari sulla superficie opaca per 5 giorni del periodo estivo ossia dal 5 luglio al 10 luglio. In rosa è rappresentato il dato della zona termica nella versione non isolata, in verde il dato per la zona nella versione isolata.

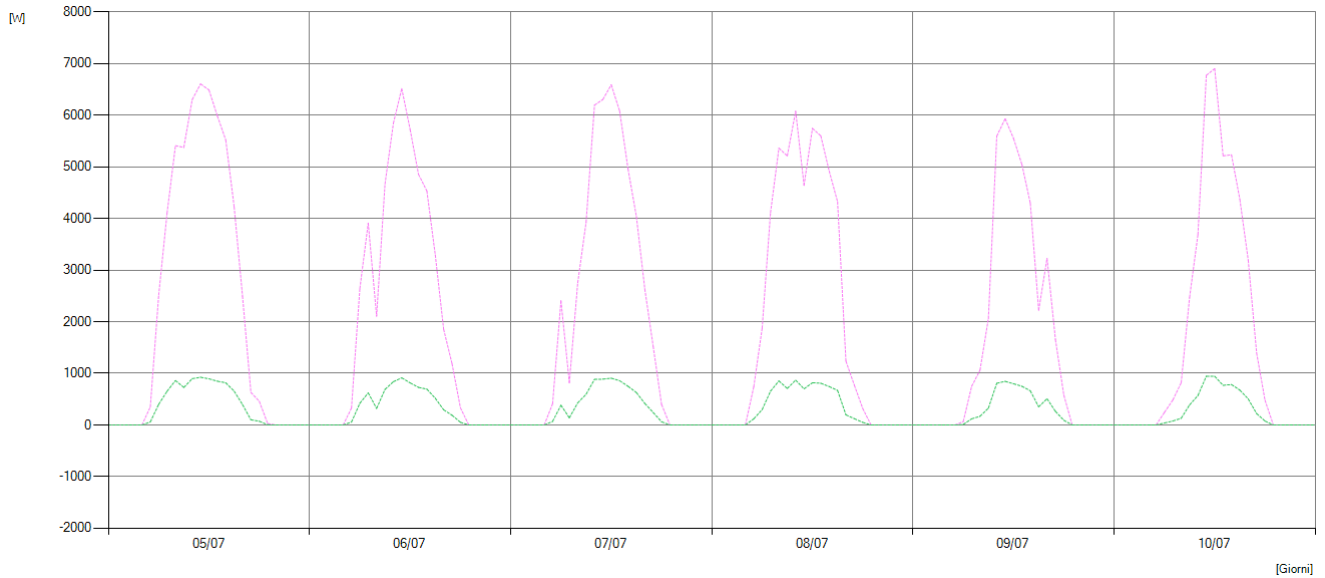
Zona C - Napoli



Zona D - Roma



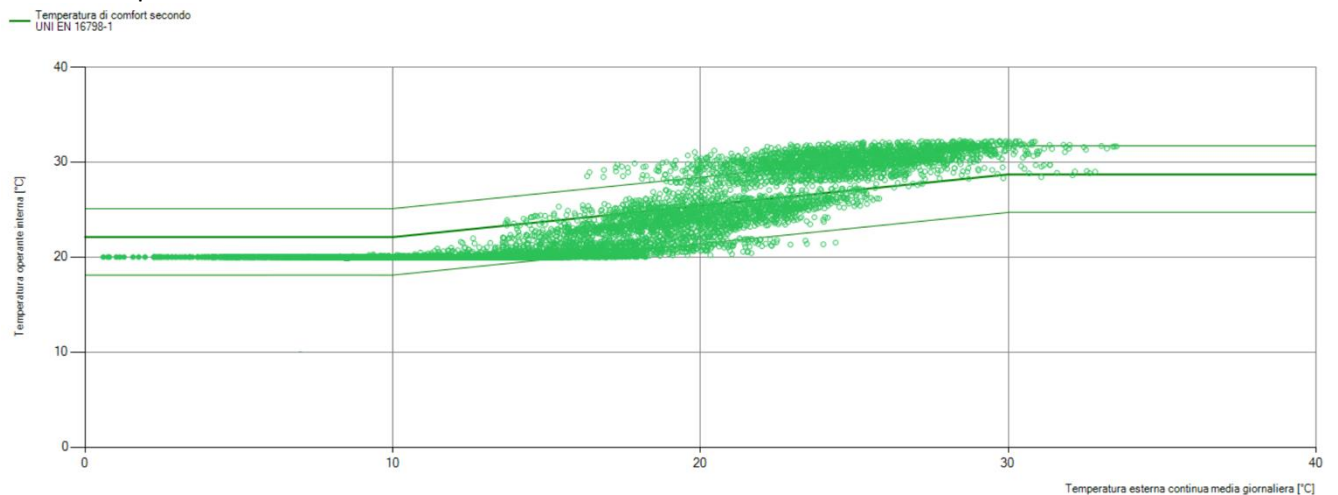
Zona E - Torino



Per tutte e tre le località l’isolamento delle strutture opache pareti e copertura consente di ridurre i carichi solari attraverso l’involucro opaco: l’andamento risulta molto più attenuato, e il dato è più che dimezzato. Quanto riportato nei tre grafici conferma quanto evidenziato nel paragrafo precedente: l’isolamento termico ha un impatto positivo anche sul comportamento estivo dell’edificio.

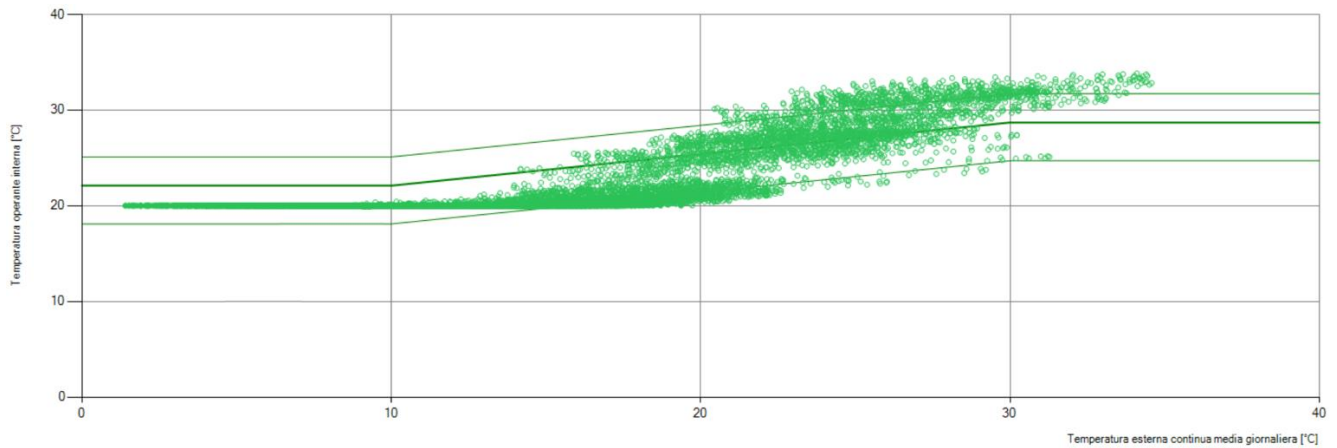
Di seguito sono riportati, per località, i grafici del comfort adattivo. Il grafico presenta la temperatura operante interna dell’edificio nella sua versione isolata.

Zona C - Napoli



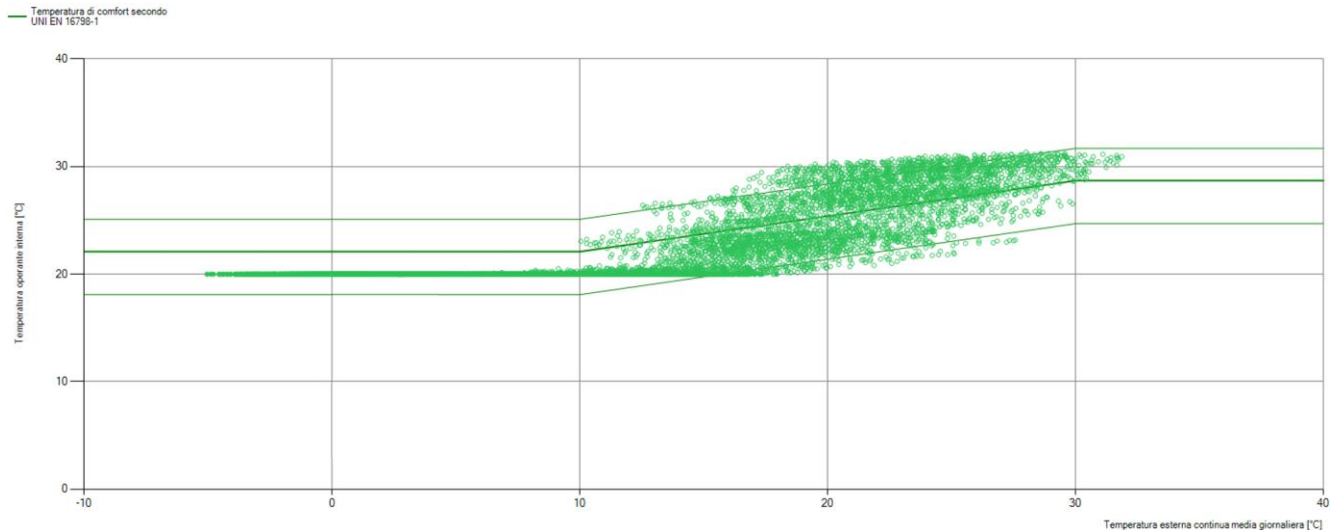
La distribuzione delle temperature è tale per cui, per la categoria II ossia quella del comfort “medio”, il 13,7% delle ore totali annuali è fuori dalla fascia di comfort – caldo; tale valore può apparire elevato, tuttavia va letto assieme al valore di distanza media dalla fascia di comfort che è pari a 0,8 °C.

Zona D - Roma



La distribuzione delle temperature è tale per cui, per la categoria II ossia quella del comfort “medio”, il 7,2% delle ore totali annuali è fuori dalla fascia di comfort – caldo; tale valore può apparire elevato, tuttavia va letto assieme al valore di distanza media dalla fascia di comfort che è pari a 0,8 °C.

Zona E - Torino



La distribuzione delle temperature è tale per cui, per la categoria II ossia quella del comfort “medio”, il 5,7% delle ore totali annuali è fuori dalla fascia di comfort – caldo; tale valore può apparire elevato, tuttavia va letto assieme al valore di distanza media dalla fascia di comfort che è pari a 0,7 °C.

Per il periodo estivo la distribuzione delle temperature si inclina seguendo la fascia di comfort termico: questo è indice di una buona progettazione dell'edificio.

6.2 Condominio

Il secondo caso-studio ha come oggetto l'ultimo piano di un condominio, a contatto con la copertura piana. Lo studio ha approfondito le conseguenze dell'impiego di materiali isolanti in copertura e in parete in termini di fabbisogno energetico per il riscaldamento e per il raffrescamento (calore sensibile).

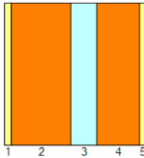
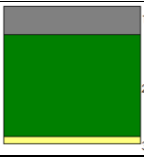
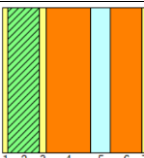
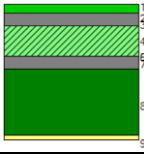
Le simulazioni realizzate hanno le seguenti ipotesi:

- struttura in c.a., tamponamenti in laterizio, copertura piana in laterocemento;
- serramenti con trasmittanza pari ai limiti posti dal DM 26/06/2015 Requisiti Minimi;
- superficie finestrata pari al 8% della totale disperdente, schermata con tende bianche interne;
- servizio di riscaldamento presente;
- servizio di raffrescamento non presente.

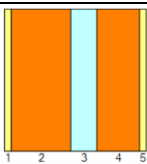
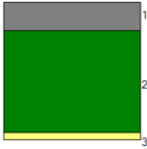
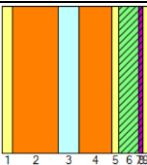
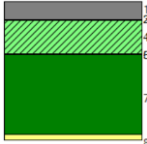
Soluzioni EDILTEC

Vengono isolate le pareti e la copertura dell'edificio, con soluzioni diverse a seconda della zona climatica. Le tabelle seguenti riassumono le caratteristiche delle strutture opache dell'edificio esistente e le successive varianti con soluzioni di isolamento termico, in accordo con i limiti posti dal DM 26/06/2015 Requisiti Minimi.

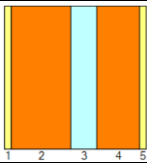
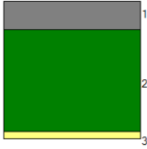
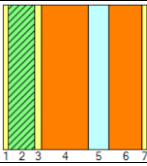
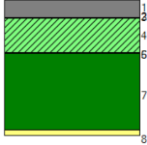
Zona C – Napoli

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _{ip} | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|---------------------------|---|---|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in doppio tavolato | 1,11 | 54 | 0,37 | 0,34 | 9h 26' |
| C |  | Copertura | 1,68 | 58 | 0,48 | 0,33 | 8h 14' |
| Edificio isolato | | | | | | | |
| M1 |  | Isolamento a cappotto con POLIISO ED da 100mm | 0,21 | 48 | 0,01 | 0,07 | 13h 22' |
| C |  | Tetto rovescio, finitura pedonabile isolato con X-FOAM HBT da 100mm | 0,29 | 52 | 0,02 | 0,09 | 14h 02' |

Zona D – Roma

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|---------------------------|---|--|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in doppio tavolato | 1,11 | 54 | 0,37 | 0,34 | 9h 26' |
| C |  | Copertura | 1,68 | 58 | 0,48 | 0,33 | 8h 14' |
| Edificio isolato | | | | | | | |
| M1 |  | Parete isolata dall'interno con GIBITEC PLUS da 60mm | 0,27 | 30 | 0,03 | 0,12 | 13h 30' |
| C |  | Tetto caldo isolato con POLIISO VV HD da 90mm | 0,25 | 53 | 0,03 | 0,12 | 12h 30' |

Zona E – Torino

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|---------------------------|---|--|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in doppio tavolato | 1,11 | 54 | 0,37 | 0,34 | 9h 26' |
| C |  | Copertura | 1,68 | 58 | 0,48 | 0,33 | 8h 14' |
| Edificio isolato | | | | | | | |
| M1 |  | Isolamento a cappotto con POLIISO ED da 80mm | 0,25 | 49 | 0,02 | 0,07 | 13h 01' |
| C |  | Tetto caldo isolato con POLIISO SB HD da 100mm | 0,23 | 53 | 0,03 | 0,12 | 12h 57' |

Risultati delle simulazioni – Fabbisogno energetico

Il condominio è stato analizzato per evidenziare i benefici in termini di fabbisogno energetico, confrontando l'edificio nella configurazione esistente e nella versione isolata per tutte e tre le zone climatiche selezionate. Nella tabella sottostante sono riportati sia il fabbisogno energetico sia gli indici di prestazione energetica, ossia il fabbisogno sull'area utile. Per il servizio di raffrescamento è stata fatta una simulazione che considera la presenza di un impianto, per stimare la variazione di potenza necessaria.

| | | Zona C - Napoli | | Zona D - Roma | | Zona E - Torino | |
|--------------------|-------------------------|-----------------|-------|---------------|-------|-----------------|-------|
| | | non iso | iso | non iso | iso | non iso | iso |
| $Q_{H,nd}$ | kWh | 12243 | 1700 | 16639 | 2234 | 31832 | 5763 |
| $\Delta Q_{H,nd}$ | kWh | - | 10543 | - | 14405 | - | 26069 |
| $EP_{H,nd}$ | kWh/m ² anno | 70,0 | 9,7 | 95,1 | 12,8 | 181,9 | 32,9 |
| $\Delta EP_{H,nd}$ | kWh/m ² anno | - | 60,3 | - | 82,3 | - | 149 |
| $Q_{c,nd}$ | kWh | 6647 | 3483 | 8554 | 4932 | 4029 | 2834 |
| $\Delta Q_{c,nd}$ | kWh | - | 3164 | - | 3622 | - | 1195 |
| $EP_{c,nd}$ | kWh/m ² anno | 38,0 | 19,9 | 48,9 | 28,2 | 23,0 | 16,2 |
| $\Delta EP_{c,nd}$ | kWh/m ² anno | - | 18,1 | - | 20,7 | - | 6,8 |
| P_c | kW | 10,0 | 5,5 | 12,8 | 6,5 | 10,3 | 5,2 |

Nella valutazione dell'efficienza energetica globale bisogna tenere conto sia del periodo invernale che estivo.

Per il periodo invernale l'isolamento consente per tutte e tre le località una riduzione del fabbisogno energetico, che nella città di Napoli passa da 70 kWh/m²anno a 10 kWh/m²anno, nella città di Roma passa da 95 kWh/m²anno a 13 kWh/m²anno e nella città di Torino passa da 182 kWh/m²anno a 33 kWh/m²anno. Il clima impostato nelle simulazioni influenza il dato, ma per tutte e tre le località la riduzione è sostanziale intorno al 80% rispetto al dato di partenza.

Per il periodo estivo e il fabbisogno di raffrescamento l'isolamento consente per tutte e tre le località una riduzione del fabbisogno energetico, che nella città di Napoli passa da 38,0 kWh/m²anno a 19,9 kWh/m²anno, nella città di Roma passa da 48,9 kWh/m²anno a 28,2 kWh/m²anno e nella città di Torino passa da 23,2 kWh/m²anno a 16,2 kWh/m²anno. Il clima impostato nelle simulazioni influenza il dato, che dipende sia dall'andamento della temperatura esterna sia dall'irraggiamento solare; in generale la riduzione varia da 30 al 50%, aumentando dove l'irraggiamento è maggiore. Una riduzione di fabbisogno è correlata anche a una riduzione di potenza di picco, pari a 45%, 48% e 50% in ordine per località.

Risultati delle simulazioni – Carichi

Si è proceduto valutando, con nuove simulazioni, che risultati consente di ottenere l'isolamento in copertura e in parete con i prodotti di EDILTEC.

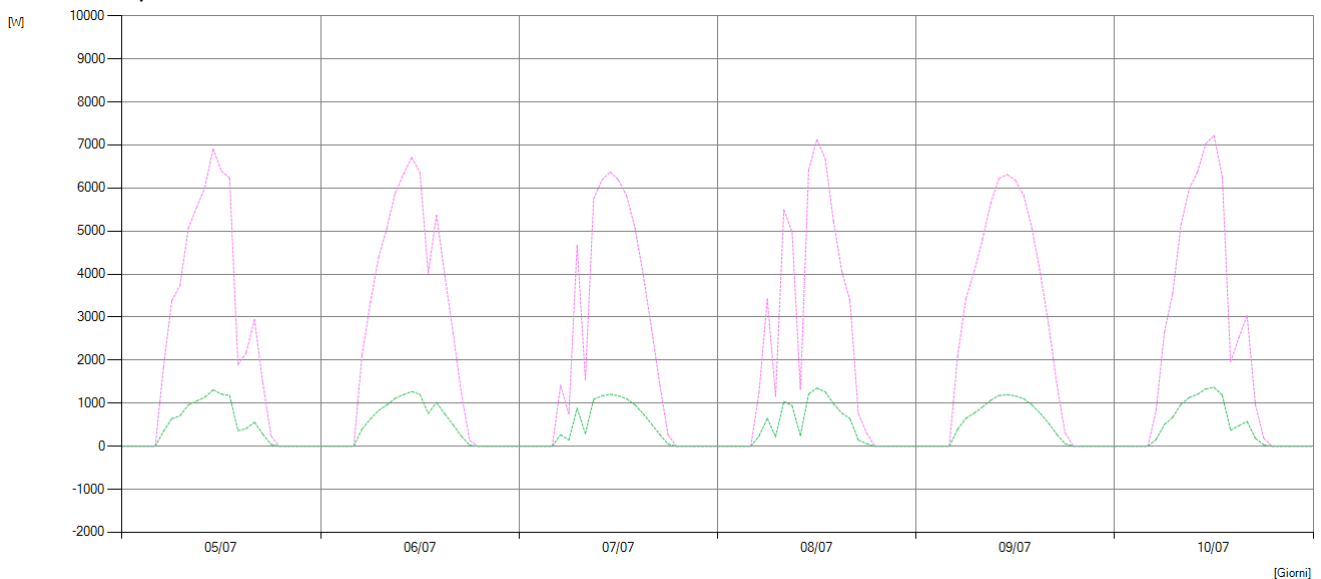
Per le simulazioni in regime dinamico sono state considerate delle condizioni di modellazione aggiuntive rispetto a quelle già descritte sono state:

- apporti interni "medi";
- ventilazione "media", differente per la stagione di riscaldamento.

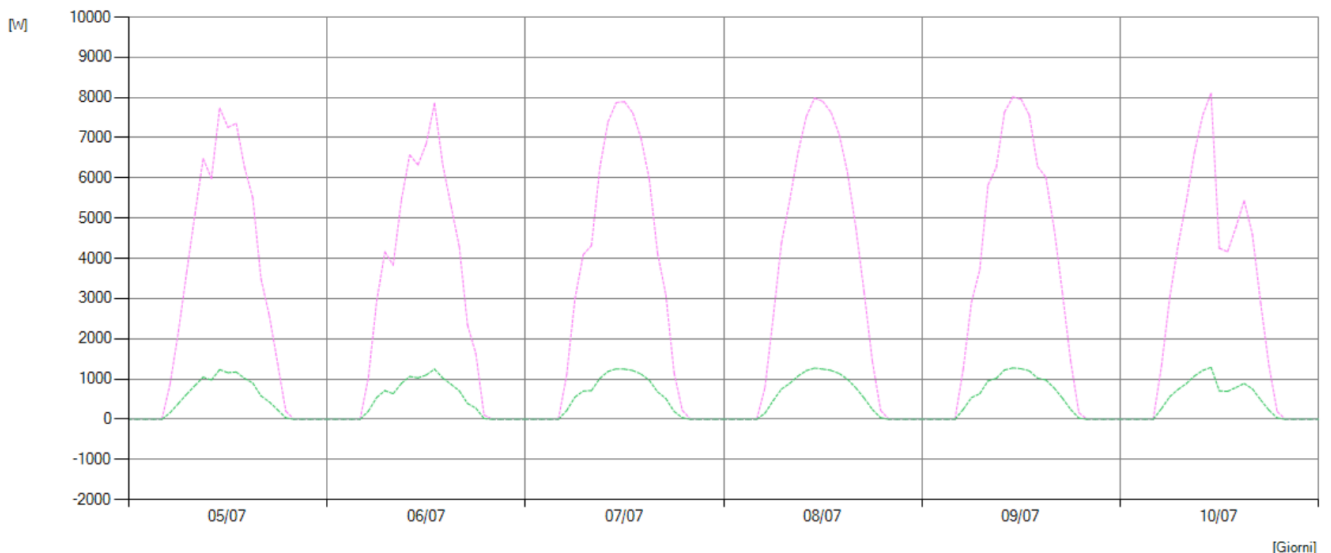
I risultati riportati riguardano i carichi solari attraverso la superficie opaca e la temperatura operante che si sviluppa all'interno della zona termica.

Sono di seguito riportati, per località, i carichi solari sulla superficie opaca per 5 giorni del periodo estivo ossia dal 5 luglio al 10 luglio. In rosa è rappresentato il dato della zona termica nella versione non isolata, in verde il dato per la zona nella versione isolata.

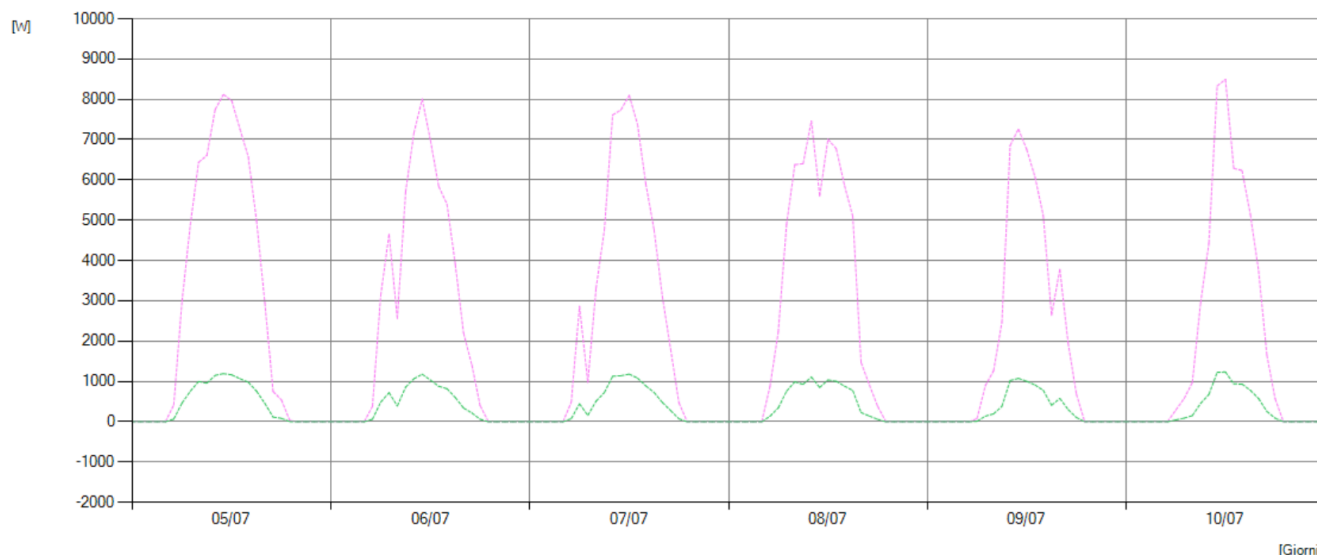
Zona C - Napoli



Zona D - Roma



Zona E - Torino



Per il condominio, come per la villetta, per tutte e tre le località l'isolamento delle strutture opache pareti e copertura consente di ridurre i carichi solari attraverso l'involucro opaco: l'andamento risulta molto più attenuato, e il dato è più che dimezzato.

Quanto riportato nei tre grafici conferma quanto evidenziato nel paragrafo precedente: l'isolamento termico ha un impatto positivo anche sul comportamento estivo dell'edificio.

La somiglianza di comportamento tra la villetta e il condominio è data da una similitudine sia per quanto riguarda le tecnologie costruttive che per la geometria degli edifici.

Lo studio del comfort adattivo per il presente caso studio non è riportato: la tecnologia costruttiva e la geometria simile alla villa portano ad avere risultati assimilabili a quelli riportati nel paragrafo precedente. Inoltre, il condominio comprende due appartamenti: lo studio del comfort adattivo è ragionevole su una stanza o su un appartamento, non su un numero elevato di stanze soprattutto se di appartamenti diversi.

6.3 Uffici

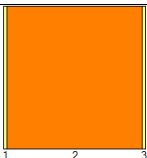
Per l'ultimo caso studio è stato simulato un edificio con destinazione d'uso differente; le simulazioni realizzate hanno le seguenti ipotesi:

- struttura in mattoni pieni, solai di pavimento e copertura piana in laterocemento;
- serramenti con trasmittanza pari ai limiti posti dal DM 26/06/2015 Requisiti Minimi;
- superficie finestrata pari al 7% della totale disperdente, schermata con tende bianche interne;
- servizio di riscaldamento presente;
- servizio di raffrescamento presente.

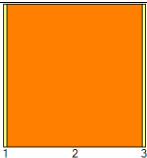
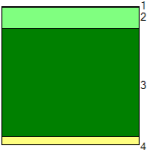
Soluzioni EDILTEC

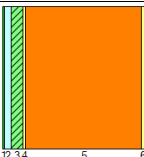
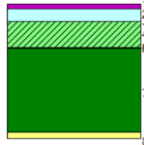
Vengono isolate le pareti e la copertura dell'edificio, con soluzioni diverse a seconda della zona climatica. Le tabelle seguenti riassumono le caratteristiche delle strutture opache dell'edificio esistente e le successive varianti con soluzioni di isolamento termico, in accordo con i limiti posti dal DM 26/06/2015 Requisiti Minimi.

Zona C – Napoli

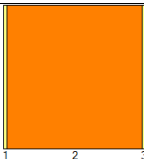
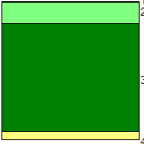
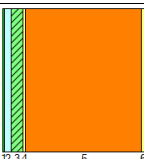
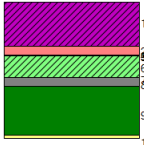
| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|---------------------------|---|---|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in mattoni pieni | 0,99 | 64 | 0,02 | 0,02 | 21h 59' |
| C |  | Copertura | 1,05 | 55 | 0,22 | 0,23 | 8h 33' |
| Edificio isolato | | | | | | | |
| M1 |  | Facciata ventilata isolata con POLIISO FB da 60mm | 0,30 | 64 | 0,00 | 0,00 | 24h 33' |
| C |  | Tetto rovescio, non pedonabile, isolato con X-FOAM HBT da 100mm | 0,29 | 52 | 0,03 | 0,12 | 11h 50' |

Zona D – Roma

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|---------------------------|---|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in mattoni pieni | 0,99 | 64 | 0,02 | 0,02 | 21h 59' |
| C |  | Copertura | 1,05 | 55 | 0,22 | 0,23 | 8h 33' |

| Edificio isolato | | | | | | | |
|------------------|---|--|------|----|------|------|---------|
| M1 |  | Facciata ventilata isolata con POLIISO FB da 60mm | 0,30 | 64 | 0,00 | 0,00 | 24h 33' |
| C |  | Tetto caldo fotovoltaico, isolato con POLIISO FB da 90mm | 0,24 | 52 | 0,03 | 0,11 | 11h 35' |

Zona E – Torino

| codice | Stratigrafia | Descrizione | U | C _p | Y _{ie} | Attenuazione | Sfasamento |
|--------------------|---|--|--------------------|---------------------|--------------------|--------------|------------|
| | | | W/m ² K | kJ/m ² K | W/m ² K | [-] | [-] |
| Edificio esistente | | | | | | | |
| M1 |  | Parete in mattoni pieni | 0,99 | 64 | 0,02 | 0,02 | 21h 59' |
| C |  | Copertura | 1,05 | 55 | 0,22 | 0,23 | 8h 33' |
| Edificio isolato | | | | | | | |
| M1 |  | Facciata ventilata isolata con POLIISO FB da 70mm | 0,27 | 64 | 0,00 | 0,00 | 24h 46' |
| C |  | Tetto caldo giardino isolato con POLIISO SB da 100mm | 0,18 | 52 | 0,00 | 0,01 | 23h 03' |

Risultati delle simulazioni – Fabbisogno energetico

Il piano uffici è stato analizzato per evidenziare i benefici in termini di fabbisogno energetico, confrontando l'edificio nella configurazione esistente e nella versione isolata per tutte e tre le zone climatiche selezionate. Nella tabella sottostante sono riportati sia il fabbisogno energetico sia gli indici di prestazione energetica, ossia il fabbisogno sull'area utile.

| | | Zona C - Napoli | | Zona D - Roma | | Zona E - Torino | |
|--------------------|-------------------------|-----------------|-------|---------------|-------|-----------------|-------|
| | | non iso | iso | non iso | iso | non iso | iso |
| $Q_{H,nd}$ | kWh | 72679 | 42056 | 92681 | 52758 | 170916 | 97707 |
| $\Delta Q_{H,nd}$ | kWh | - | 30623 | - | 39923 | - | 73209 |
| $EP_{H,nd}$ | kWh/m ² anno | 114,3 | 66,1 | 145,7 | 83,0 | 268,7 | 150,6 |
| $\Delta EP_{H,nd}$ | kWh/m ² anno | - | 48,2 | - | 62,7 | - | 118,1 |
| $Q_{C,nd}$ | kWh | 17896 | 12564 | 22504 | 14384 | 8522 | 6281 |
| $\Delta Q_{C,nd}$ | kWh | - | 5332 | - | 8120 | - | 2241 |
| $EP_{C,nd}$ | kWh/m ² anno | 28,1 | 19,8 | 35,4 | 22,6 | 13,4 | 9,9 |
| $\Delta EP_{C,nd}$ | kWh/m ² anno | - | 8,6 | - | 12,8 | - | 3,5 |
| P_C | kW | 28,5 | 19,5 | 32,4 | 21,4 | 23,7 | 16,4 |

Nella valutazione dell'efficienza energetica globale bisogna tenere conto sia del periodo invernale che estivo.

Per il periodo invernale e il fabbisogno di riscaldamento l'isolamento consente per tutte e tre le località una riduzione del fabbisogno energetico, che nella città di Napoli passa da 114 kWh/m²anno a 66 kWh/m²anno, nella città di Roma passa da 146 kWh/m²anno a 83 kWh/m²anno e nella città di Torino passa da 269 kWh/m²anno a 151 kWh/m²anno. Il clima impostato nelle simulazioni influenza il dato, ma per tutte e tre le località la riduzione è sostanziale, variando intorno al 40 - 45 % rispetto al dato di partenza.

Per il periodo estivo e il fabbisogno di raffrescamento l'isolamento consente per tutte e tre le località una riduzione del fabbisogno energetico, che nella città di Napoli passa da 28,1 kWh/m²anno a 19,8 kWh/m²anno, nella città di Roma passa da 35,4 kWh/m²anno a 22,6 kWh/m²anno e nella città di Torino passa da 13,4 kWh/m²anno a 9,9 kWh/m²anno. Il clima impostato nelle simulazioni influenza il dato, che dipende sia dall'andamento della temperatura esterna sia dall'irraggiamento solare; in generale la riduzione varia intorno al 30%.

Una riduzione di fabbisogno è correlata anche a una riduzione di potenza di picco, pari a 31%, 34% e 31% in ordine per località.

Risultati delle simulazioni – Carichi

Le simulazioni dinamiche svolte per il piano uffici hanno come obiettivo studiare i carichi della zona; il comfort adattivo non è stato studiato perché la presenza di un impianto per il servizio di raffrescamento porta la temperatura interna al valore desiderato.

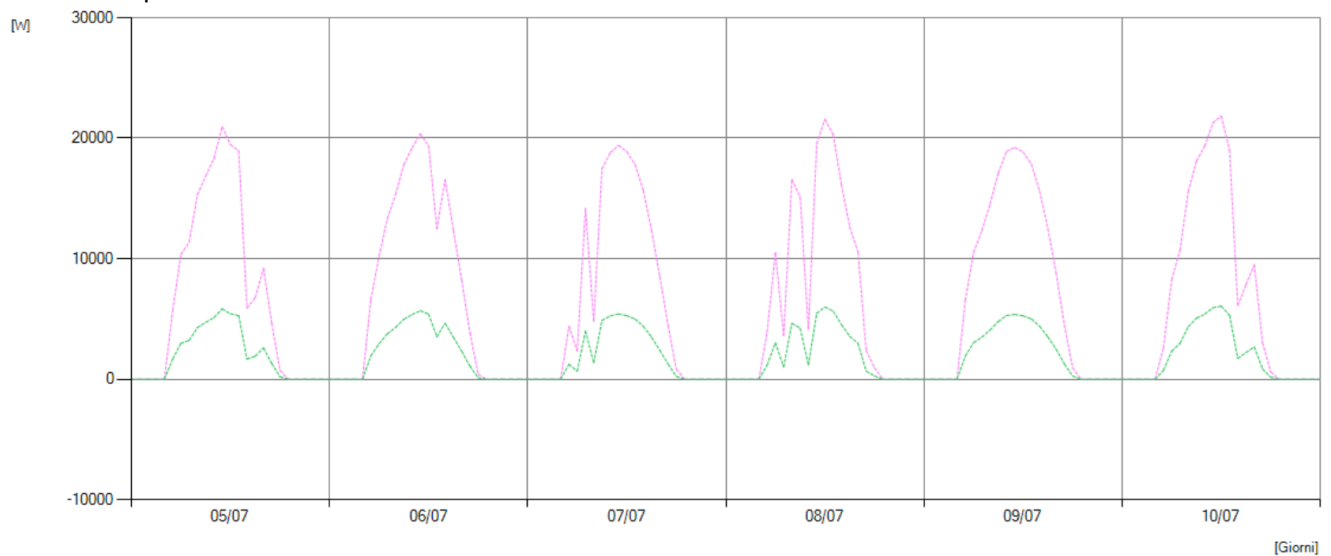
Per le simulazioni in regime dinamico sono state considerate delle condizioni di modellazione aggiuntive rispetto a quelle già descritte sono state:

- apporti interni “medi”;
- ventilazione “media”, differente per la stagione di riscaldamento.

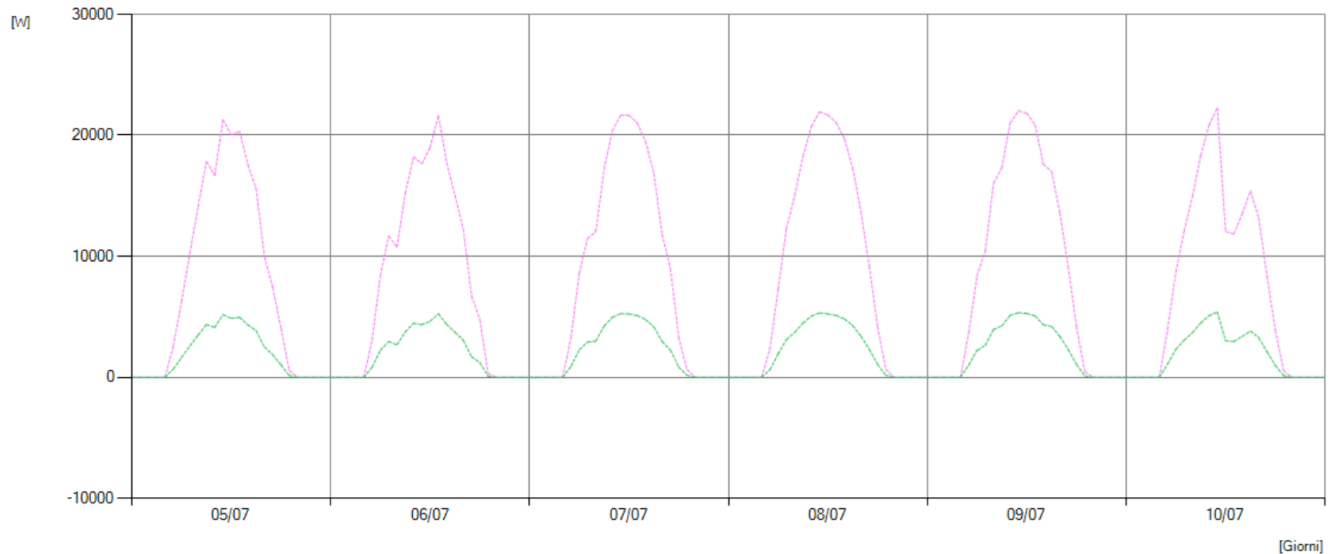
I risultati riportati riguardano i carichi solari attraverso la superficie opaca e la temperatura operante che si sviluppa all’interno della zona termica.

Sono di seguito riportati, per località, i carichi solari sulla superficie opaca per 5 giorni del periodo estivo ossia dal 5 luglio al 10 luglio. In rosa è rappresentato il dato della zona termica nella versione non isolata, in verde il dato per la zona nella versione isolata.

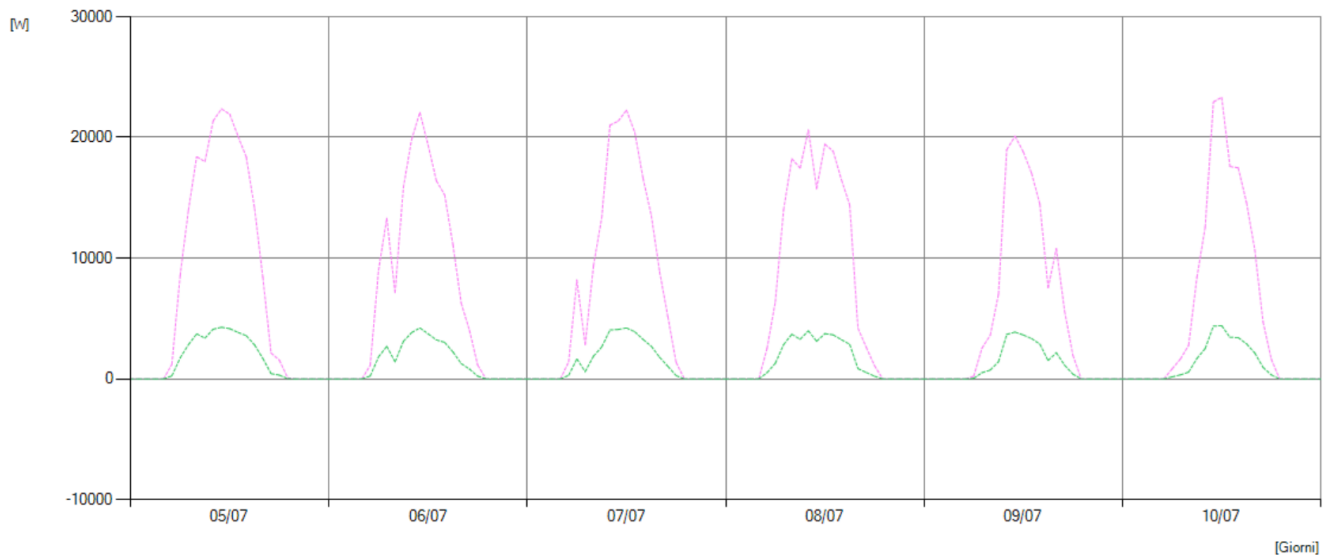
Zona C - Napoli



Zona D - Roma



Zona E - Torino



Per tutte e tre le località l'isolamento delle strutture opache pareti e copertura consente di ridurre i carichi solari attraverso l'involucro opaco: l'andamento risulta molto più attenuato, e il dato è più che dimezzato. Quanto riportato nei tre grafici conferma quanto evidenziato nel paragrafo precedente: l'isolamento termico ha un impatto positivo anche sul comportamento estivo dell'edificio.

7 CONCLUSIONI

Il manuale descrive il punto della situazione sull'isolamento degli edifici in riferimento alla legislazione vigente e alle possibilità di progettazione.

La legislazione vigente, il "DM requisiti minimi" del 26/05/2015 e i Criteri Ambientali Minimi "CAM", impongono l'attenzione alla corretta progettazione delle coperture per i seguenti aspetti energetici:

- prestazioni invernali,
- prestazioni estive,
- prestazioni igrometriche.

I parametri della progettazione "per componente", la trasmittanza termica stazionaria U e quella periodica Y_{ie} , sono ben conosciuti e la scelta dei prodotti isolanti, documentata con gli esempi di materiali di EDILTEC, può essere fatta agevolmente nel rispetto delle norme dedicate al calcolo e alla progettazione basandosi sulle caratteristiche dei prodotti: conduttività termica e spessore per U , conduttività termica, spessore, calore specifico e densità per Y_{ie} .

I CAM hanno per la prima volta, per quanto riguarda gli obblighi legislativi, introdotto il tema del comfort e della temperatura operante negli edifici durante il periodo di raffrescamento. La temperatura operante è frutto dei diversi contributi del bilancio energetico di un edificio: guadagni solari dalle superfici opache e trasparenti, ventilazione, carichi interni e capacità termica della zona termica.

Gli studi realizzati con EDILTEC relativi al fabbisogno energetico per il raffrescamento e del comfort adattivo in assenza di impianti, mostrano che le strutture opache ben isolate termicamente svolgono adeguatamente la funzione di:

- ridurre drasticamente le dispersioni di energia durante il periodo invernale,
- ridurre l'ingresso di energia solare dalle strutture.

Edifici e zone termiche ben gestite dall'utenza hanno un comportamento estivo che rientra nelle fasce di comfort, ovvero "isolare conviene, d'inverno come d'estate". Questo è vero a prescindere dall'isolante usato: ossia indipendentemente se pesante o leggero l'isolamento consente un miglioramento delle prestazioni energetiche e del comfort interno.

È altresì vero che l'utilizzo non adeguato dell'edificio può portare al surriscaldamento degli ambienti, anche se isolati termicamente.

In conclusione è centrale il ruolo dell'isolamento termico, la progettazione estiva degli edifici e anche la corretta gestione degli stessi.

CONTATTI

- ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico
Sito web: www.anit.it
E-mail: info@anit.it
- EDILTEC INSULATION S.P.A.
Sede Legale e Stabilimento:
Z.I. C.da Stampalone – 64036 Cellino Attanasio (TE)
Sede Amministrativa:
Strada dell'Alpo 27 – 37136 Verona – Tel. 045 8201406
Ufficio Commerciale:
Via Giardini 474/M – 41124 Modena – Tel. 059 2916411
Sito web: www.ediltec.com
E-mail: info@ediltec.com

ANIT



ASSOCIAZIONE
NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO
TERMICO E ACUSTICO

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

ANIT

- diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici,
- promuove la normativa legislativa e tecnica,
- raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico,
- promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato.

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti e studi di progettazione,
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico,
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini e Collegi professionali.

STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante
**aggiornamento sulle
norme in vigore** con le
GUIDE



I software per calcolare
tutti i parametri
energetici, igrotermici e
acustici degli edifici



Servizio di
chiarimento tecnico
da parte dello Staff

www.anit.it

info@anit.it

Tel. 0289415126