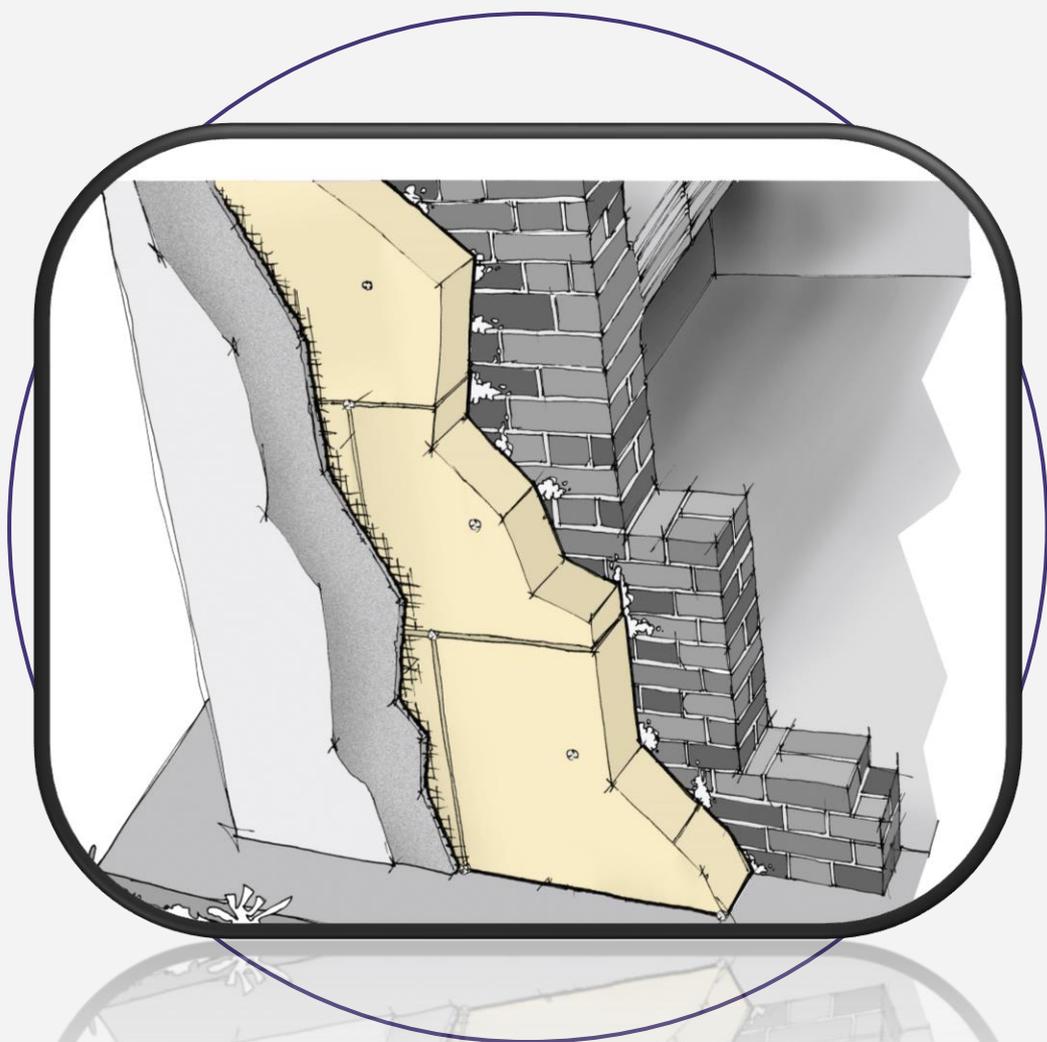




ISOLAMENTO DEGLI EDIFICI ESISTENTI RESIDENZIALI

Studio dei benefici energetici grazie a interventi di isolamento termico.



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

Questo documento è stato realizzato da Tep s.r.l.

Le informazioni riportate sono da ritenersi indicative ed è sempre necessario riferirsi a eventuali documenti ufficiali in vigore. I contenuti sono aggiornati alla data in copertina. Si raccomanda di verificare sul sito www.anit.it l'eventuale presenza di versioni più aggiornate.

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di Tep s.r.l.

INDICE

PREMESSA	2
1 DESCRIZIONE DEI CASI STUDIO	3
1.1 <i>Il territorio nazionale</i>	3
1.2 <i>Risultati di Ecobonus e Superbonus 110%</i>	4
1.3 <i>Condominio</i>	6
1.4 <i>Villa unifamiliare</i>	7
2 DESCRIZIONE DEI CRITERI DI VALUTAZIONE DELLO STUDIO	8
2.1 <i>Riduzione delle perdite per trasmissione = riduzione consumi</i>	8
2.2 <i>Livello 1: isolamento secondo requisiti minimi</i>	10
2.3 <i>Livello 2: isolamento per l'accesso agli incentivi</i>	12
2.4 <i>Livello 3: isolamento con l'obiettivo di edifici ad energia quasi zero</i>	13
3 RISULTATI DI SIMULAZIONE CONDOMINIO	14
3.1 <i>Indicazione delle soluzioni di isolamento termico</i>	14
3.2 <i>Spiegazione ragionata dei risultati</i>	18
3.3 <i>Risultati Condominio</i>	19
4 RISULTATI DI SIMULAZIONE VILLA UNIFAMILIARE	22
4.1 <i>Indicazione delle soluzioni di isolamento termico</i>	22
4.2 <i>Spiegazione ragionata dei risultati</i>	27
4.3 <i>Risultati Villa</i>	28
5 CONCLUSIONI	31
CONTATTI	32

PREMESSA

Nel corso degli anni l'Associazione ha realizzato molti studi sull'efficacia dell'isolamento termico dei componenti opachi, ossia delle pareti, coperture e solai disperdenti verso l'ambiente esterno, verso locali non riscaldati e verso il terreno. Gli studi condotti in passato erano principalmente rivolti alla comprensione delle novità introdotte dal legislatore: il rispetto di requisiti minimi, imposti al fine di garantire l'efficientamento energetico.

Il presente studio condotto in collaborazione con Ediltec oltre al rispetto dei requisiti minimi indaga anche il rispetto dei requisiti di accesso a forme di incentivazione e prova infine a immaginare edifici veramente a consumo quasi zero. I tre livelli di isolamento descritti sono applicati a due tipologie costruttive tipiche del territorio nazionale (un edificio unifamiliare e un piccolo condominio) posizionante in tre zone climatiche (C, D ed E) rappresentative del territorio. Delle simulazioni svolte sono stati analizzati e commentati i risultati ottenuti.

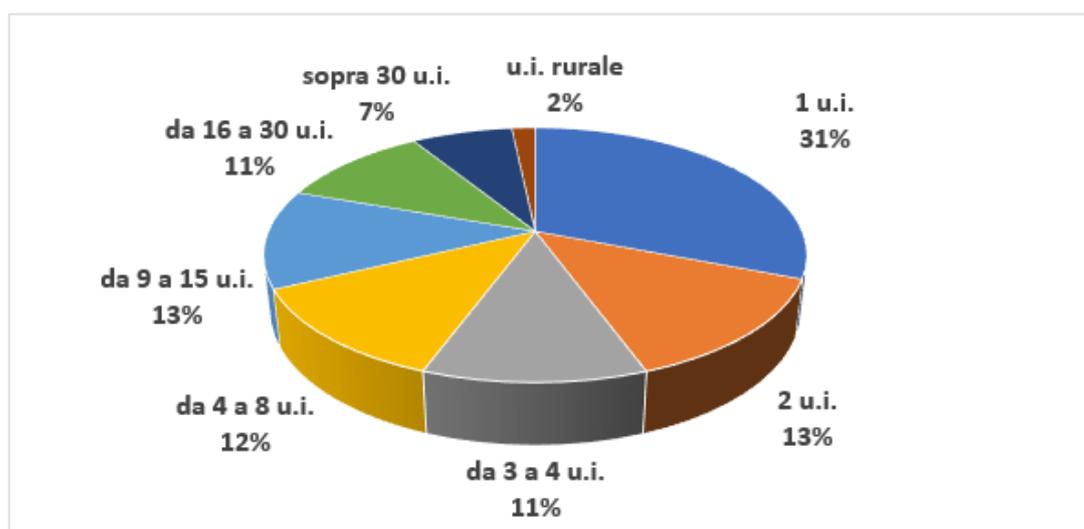
La riduzione del fabbisogno energetico invernale degli edifici ha diverse conseguenze positive che riguardano sia i singoli (risparmio economico e benessere all'interno delle abitazioni) sia la comunità (sostenibilità ambientale grazie ad una riduzione dell'uso dell'energia non rinnovabile). L'augurio è che i risultati dello studio possano contribuire alla realizzazione di sempre più interventi di riqualificazione energetica: dai dati sintetizzati infatti emerge che nonostante i tanti interventi realizzati negli ultimi anni abbiamo ancora molta strada da percorrere prima di arrivare ad un parco edilizio energeticamente efficiente.

1 DESCRIZIONE DEI CASI STUDIO

1.1 Il territorio nazionale

Il territorio nazionale è caratterizzato da un patrimonio di edifici costruito in massima parte in epoca antecedente ai primi provvedimenti legislativi (tra l'altro molto timidi) del 1976 e in buona parte da edifici costituiti da poche unità immobiliari (44% da 1 a 2 unità immobiliari e 68% di edifici costituiti al massimo da 8 unità immobiliari). Lo studio realizzato è quindi focalizzato su due esempi di edifici ben rappresentativi:

- villa monofamiliare di estensione pari a una o due unità immobiliari
- condominio di 6 unità immobiliari



Distribuzione % delle unità immobiliari

Epoca di costruzione

Nr. unità edificio	totale	prima del 1919	1919-1945	1946-1960	1961-1971	1972-1981	1982-1991	dopo 1991
1 u.i.	8.459.233	2.123.130	1.603.833	1.078.215	1.316.985	1.362.696	637.166	337.208
2 u.i.	3.694.936	729.357	386.189	560.726	841.128	696.907	251.005	229.624
da 3 a 4 u.i.	3.070.618	698.638	306.984	453.344	625.611	561.516	234.240	190.285
da 4 a 8 u.i.	3.336.281	477.915	250.830	571.028	717.483	659.571	403.185	256.269
da 9 a 15 u.i.	3.437.836	274.569	239.987	568.144	927.693	712.127	419.540	295.776
da 16 a 30 u.i.	2.948.294	158.282	188.233	510.863	960.760	522.087	316.723	291.346
sopra 30 u.i.	1.957.305	92.246	127.945	288.842	651.245	375.527	236.980	184.520
u.i. rurale	457.500	196.133	72.966	64.631	49.295	50.196	24.279	0
totale	27.362.003	4.750.270	3.176.967	4.095.793	6.090.200	4.940.627	2.523.118	1.785.028

Nr. unità edificio	Percentuale
1 o 2	44%
da 3 a 8	23%

Numero di unità immobiliari per epoca di costruzione sul territorio nazionale - Fonte [1]

1.2 Risultati di Ecobonus e Superbonus 110%

L'isolamento termico delle strutture opache: opportunità ed efficacia economica

Per avere un'idea di quanti interventi di efficientamento sono stati realizzati negli ultimi anni è interessante ricordare che grazie agli incentivi "Ecobonus" sono stati realizzati dal 2007 al 2022 più di 6,5 milioni di interventi.

Il numero appare molto elevato ma è principalmente legato a interventi relativi agli impianti di climatizzazione, serramenti e schermature solari. Gli interventi realizzati per l'isolamento termico sono lo 0.04% relativo ai soli interventi di coibentazione di "condomini" (bonus 70%), e il 3.9 % per le strutture opache di singole u.i.. In buona sostanza ci sono ancora amplissimi margini di intervento di efficientamento delle strutture opache di parete, coperture e solai disperdenti.

Intervento	2014 – 2021 [n]	2014 – 2021 [%]	2022 [n]	2022 [%]	TOTALE [n]	TOTALE [%]
Condomini	1.821	0,05%	210	0,02%	2.031	0,04%
Comma 344 - Riqualificazione globale	24.522	0,66%	2.011	0,21%	26.533	0,57%
Comma 345a - Coibentazione involucro	168.675	4,56%	12.230	1,30%	180.905	3,90%
Comma 345b - Sostituzione serramenti	1.418.223	38,33%	193.639	20,58%	1.611.862	34,74%
Comma 345c - Schermature solari	568.464	15,37%	111.650	11,87%	680.114	14,66%
Comma 346 - Pannelli solari per ACS	69.172	1,87%	10.064	1,07%	79.236	1,71%
Comma 347 - Climatizzazione invernale	1.435.709	38,81%	608.518	64,69%	2.044.227	44,05%
Building automation	13.073	0,35%	2.364	0,25%	15.437	0,33%
Totale	3.699.659	100%	940.686	100,00%	4.640.345	100,00%

Tabella 3-1: Ecobonus: numero di interventi eseguiti per tipologia, anni 2014-2022 – Fonte [2]

L'opportunità non è solo legata alla quantità di edifici non ancora isolati termicamente ma anche all'efficacia dal punto di vista costi/benefici rispetto ad altri interventi. L'isolamento termico delle strutture opache risulta infatti l'intervento economicamente più vantaggioso tra quelli incentivati dall'Ecobonus come emerge dalla sintesi sotto riportata: un costo efficacia di 0.08 €/kWh, il minore in tabella. Il valore di kWh indica quanto risparmiato.

Intervento	Vita utile	€/kWh
Condomini	30	0,13
Comma 344 - Riqualificazione globale	30	0,11
Comma 345a - Coibentazione involucro	30	0,08
Comma 345b - Sostituzione serramenti	30	0,12
Comma 345c - Schermature solari	10	1,38
Comma 346 - Pannelli solari per ACS	15	0,09
Comma 347 - Climatizzazione invernale	15	0,16
Building automation	10	0,35

Tabella 3-4: Ecobonus: costo efficacia per comma (€/kWh), media anni 2014-2022 - Fonte [2]

E quanti interventi sono stati realizzati grazie al Superbonus 110%?

I dati disponibili degli interventi ammessi e realizzati al 31 dicembre 2022 riportano 352.000 asseverazioni e di queste il 13% sono condomini mentre la restante parte edifici unifamiliari o unità immobiliari in edifici plurifamiliari. Tanti interventi, ma ancora tantissimi edifici esistenti non isolati.

Dall'analisi dei dati degli interventi asseverati emergono anche interessanti informazioni sui costi specifici al metro quadro e sul costo del risparmio energetico annuo.

I valori riportati sono comprensivi di fornitura e posa del materiale isolante e di tutte le spese accessorie annesse: cantiere, ponteggi, sicurezza, oneri professionale, iva, opere accessorie (correzione ponti termici, smontaggio e rimontaggio componenti di facciata, ecc..).

Intervento	Numero Interventi	Superficie [m ²]	%	R.E. [GWh/anno]	%	Totale Costi (€)	Costi specifici €/m ²	%	Costo del R.E. (€/kWh/anno)
Pareti Verticali (PV)	222.889	54.288.422	56%	2.897	52%	15.860.641.705	292	41%	5
Soffitti e tetti disperdenti (PO)	159.727	20.061.112	21%	1.107	20%	5.178.536.889	258	14%	5
Pareti orizzontali (PS) (Pavimenti)	70.356	7.110.114	7%	351	6%	1.765.875.024	248	5%	5
Sostituzione infissi	458.705	8.142.043	8%	1.139	20%	12.503.647.822	1.536	33%	11
Pareti orizzontali (Tetti non disperdenti) (POND)	28.298	4.437.494	5%			1.301.567.472	293	3%	
Schermature solari - chiusure oscuranti	98.021	1.614.431	2%	90	2%	1.084.272.548	672	3%	12
Schermature solari-tende - veneziane	81.849	1.322.060	1%	30	1%	562.849.481	426	1%	19
Totale	1.119.845	96.975.676	100%	5.615	100%	38.257.390.942		100%	7

(*) Condomini, Edifici monofamiliari, Unità immobiliari funzionalmente indipendenti

Tabella 3-32. Superbonus: Dati nazionali complessivi* al 31 dicembre 2022 – Involucro- Fonte [2]

È difficile o facile portare un edificio esistente in classe energetica A? Gli edifici, a seguito degli interventi, riescono ad ottenere un miglioramento nella loro classificazione energetica e nella maggioranza delle asseverazioni (> 65%) a raggiungere come minimo la classe A1. Questa classe corrisponde ad un edificio di nuova costruzione molto ben isolato termicamente e con discreto ricorso all'energia rinnovabile per i servizi presenti.

Classe energetica Iniziale	Totale	Incidenza	Classe energetica finale	Totale	Incidenza
A4			A4	108.795	30,90%
A3	1.099	0,31%	A3	42.535	12,08%
A2	2.169	0,62%	A2	42.842	12,17%
A1	4.329	1,23%	A1	40.442	11,49%
B	8.446	2,40%	B	34.901	9,91%
C	18.995	5,39%	C	36.562	10,38%
D	43.936	12,48%	D	32.886	9,34%
E	67.073	19,05%	E	13.138	3,73%
F	97.406	27,66%	F		
G	108.648	30,86%	G		
Totale	352.101	100%	Totale	352.101	100%

Tabella 3.45. Superbonus: Dati nazionali complessivi - Classi energetiche - Fonte [2]

1.3 Condominio

Il primo caso di studio è un piccolo condominio costituito da sei unità immobiliari abitative. L'edificio ha un piano non riscaldato semi-interrato e tre piani riscaldati fuori terra; è presente un vano scala non riscaldato che permette di raggiungere tutti i piani; ogni piano ha due appartamenti; la copertura è piana, inclinata oppure è presente un sottotetto non riscaldato a seconda della zona climatica considerata durante le simulazioni (rispettivamente C, D ed E). Il condominio ha una superficie utile complessiva di 527 m².

Il condominio ha un impianto centralizzato per il servizio di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria (ACS), alimentato da una caldaia a gas metano.

Di seguito una sintesi dei dati principali e alcuni elaborati architettonici dell'edificio oggetto di studio, con lo scopo di inquadrarne in maniera più esaustiva possibile le caratteristiche morfologiche e tipologiche.



Vista fronte fabbricato zona C



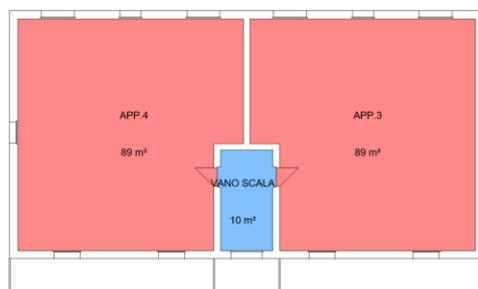
Vista retro fabbricato zona C



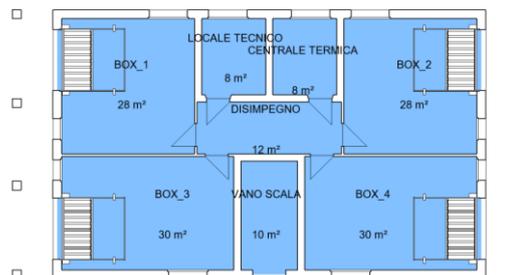
Vista fronte fabbricato zona D ed E



Vista retro fabbricato zona D ed E



Pianta piano tipo



Pianta piano seminterrato e distribuzione locali

Riassunto dati	Zona C	Zona D	Zona E	u.m.
Potenza di picco generatore	34	41	49	kW
Fabbisogno energetico invernale di involucro $Q_{H,nd}$	36943	53040	87284	kWh
Fabbisogno energetico estivo di involucro $Q_{C,nd}$	16024	17967	5899	kWh
Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile	161,2	215,4	324,6	kWh/m ²
Classificazione energetica	G	G	G	-

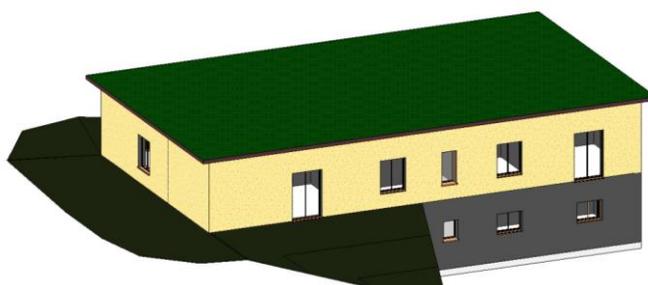
1.4 Villa unifamiliare

Il secondo caso studio è rappresentato da una classica villetta unifamiliare a un piano fuori terra, avente una superficie utile complessiva di 240 m², e ulteriori 122 m² di taverna non riscaldata parzialmente interrata. La copertura è piana, inclinata oppure è presente un sottotetto non riscaldato a seconda della zona climatica considerata durante le simulazioni (rispettivamente C, D ed E). La villa ha un impianto centralizzato per il servizio di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria (ACS), alimentato da una comune caldaia a gas metano.

Di seguito una sintesi dei dati principali e alcuni elaborati architettonici dell'edificio oggetto di studio, con lo scopo di inquadrarne in maniera più esaustiva possibile le caratteristiche morfologiche e tipologiche.



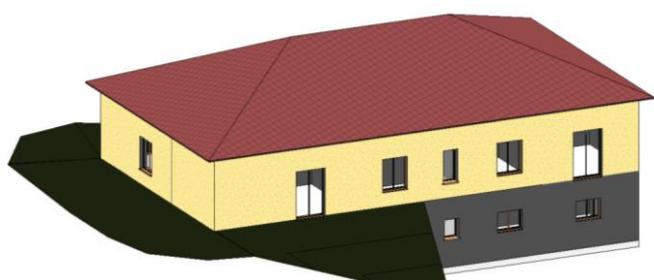
Vista fronte fabbricato zona C



Vista retro fabbricato zona C



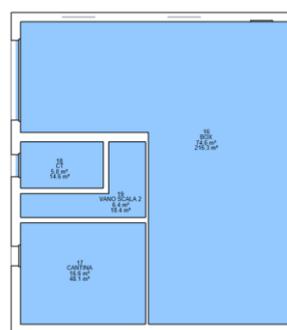
Vista fronte fabbricato zona D ed E



Vista retro fabbricato zona D ed E



Pianta piano terra e distribuzione locali



Pianta piano seminterrato e distribuzione locali

Riassunto dati	Zona C	Zona D	Zona E	u.m.
Potenza di picco generatore	16	26	28	kW
Fabbisogno energetico invernale di involucro $Q_{H,nd}$	19322	35940	46921	kWh
Fabbisogno energetico estivo di involucro $Q_{C,nd}$	10064	11566	5022	kWh
Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile	210,5	339,4	430,7	kWh/m ²
Classificazione energetica	E	G	G	-

2 DESCRIZIONE DEI CRITERI DI VALUTAZIONE DELLO STUDIO

2.1 Riduzione delle perdite per trasmissione = riduzione consumi

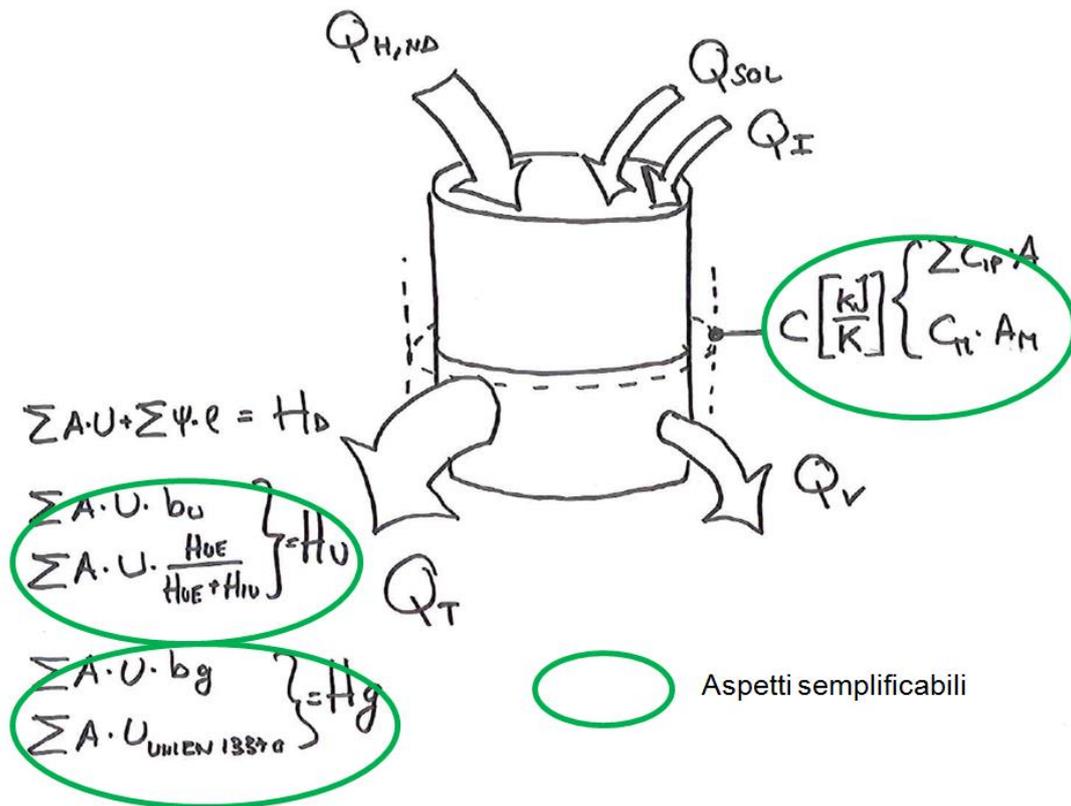
I modelli di calcolo per la valutazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale $Q_{H,nd}$ sono descritti nelle norme UNI/TS 11300 che descrivono le regole e i contenuti del bilancio che relaziona perdite per trasmissione e per ventilazione con guadagni solari e guadagni gratuiti unitamente alla capacità termica complessiva dell'edificio.

L'equazione del bilancio in regime semi-stazionario semplificata è:

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol})$$

Dove:

- $Q_{H,tr}$ è il fabbisogno energetico per trasmissione nel caso di riscaldamento
- $Q_{H,ve}$ è il fabbisogno energetico per ventilazione nel caso di riscaldamento
- $\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti di energia termica gratuita
- Q_{int} sono gli apporti termici interni
- Q_{sol} sono gli apporti termici solari incidenti su componenti vetrati

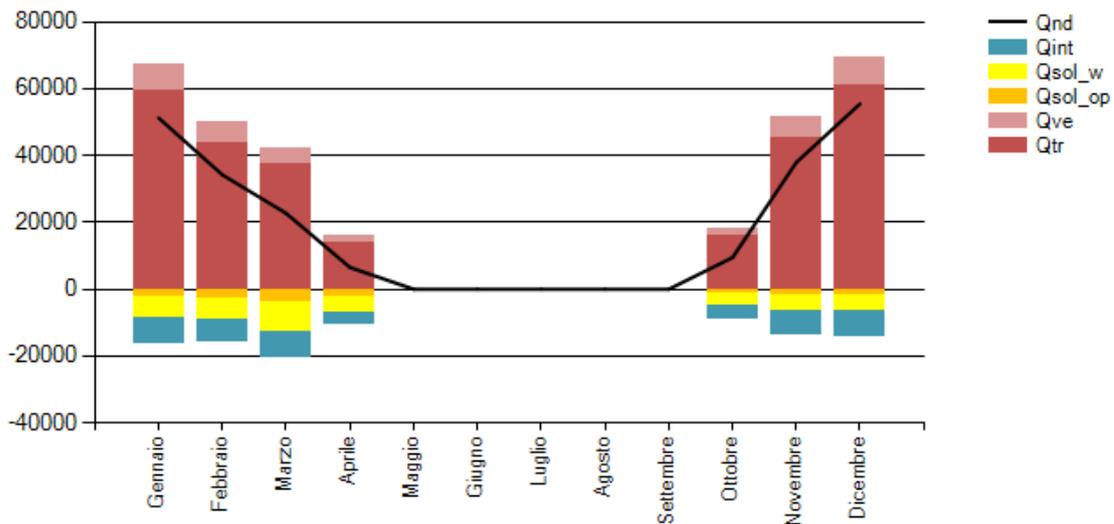


l'analogia idraulica del bilancio energetico per il servizio di riscaldamento H con indicate le possibili semplificazioni del modello di calcolo impiegabili per calcoli su edifici esistenti.

Il modello conferma quanto accade nella realtà: si fornisce energia all'edificio principalmente per bilanciare l'energia dispersa attraverso le strutture. L'indicatore di progetto dell'attitudine delle strutture a disperdere tanta o poca energia è la trasmittanza termica delle singole strutture $U [W/m^2K]$.

Lo studio quindi si concentra nell'evidenziare come diversi livelli di isolamento termico applicato alle diverse strutture opache comportino una riduzione del fabbisogno e dei consumi.

Il bilancio dell'edificio tuttavia è composto da altri contributi: perdite per ventilazione, guadagni solari, apporti interni. Il grafico mostra l'andamento tipico e l'importanza dei diversi contributi in un edificio esistente in zona E. È evidente che le dispersioni per trasmissione (Q_{tr}) sono le più rilevanti.



Isolare termicamente è un intervento di sicura efficacia

Non solo le perdite per trasmissione sono le più rilevanti, ma sono anche quelle che possono essere più accuratamente ridotte.

Il calcolo previsionale infatti può essere supportato nella fase di modellazione da analisi strumentali (termoflussimetri e termocamere) che consentono di avere dati iniziali di trasmittanza e ponti termici estremamente accurati.

Il progetto di isolamento termico in accordo con le indicazioni normative della UNI EN ISO 6946 dedicata al calcolo della trasmittanza dei componenti opachi impone l'uso della conduttività dichiarata. I materiali isolanti con norma di prodotto armonizzata come XPS e PIR hanno dei valori di conduttività dichiarati rappresentativi del 90% della produzione con una confidenza sul valore del 10%. Ciò comporta che la trasmittanza finale della struttura, se il materiale isolante è dotato di conduttività dichiarata e se posato bene, sarà quella di progetto.

L'isolamento termico delle strutture opache è quindi un intervento di sicura efficacia.

Per lo studio sono stati ipotizzati tre livelli di intervento:

- Livello 1: rispetto dei limiti di legge imposti dal Legislatore nei casi di intervento su edifici esistenti.
- Livello 2: al rispetto della legge si aggiunge la volontà di accesso a incentivi fiscali con un maggiore isolamento termico delle strutture.
- Livello 3: la progettazione ambisce ad un livello di isolamento spinto ma nei confini della possibile realizzazione tecnologica.

2.2 Livello 1: isolamento secondo requisiti minimi

Fatta eccezione per alcune specifiche categorie di edifici e per pochi interventi esclusi in caso di intervento su edifici esistenti, è obbligatorio rispettare i requisiti minimi previsti dal Decreto Ministeriale del 26/06/2015. Ogni qualvolta la legge indica una prescrizione da rispettare, è necessario predisporre e consegnare la relazione tecnica (detta "Relazione Legge 10") contenente tutte le informazioni per accertare il rispetto delle verifiche previste.

Per determinare l'elenco delle verifiche da rispettare in accordo con le regole nazionali, è fondamentale classificare l'edificio (secondo DPR 412/93) e definire l'intervento tra gli ambiti di applicazione. I casi studio risultano essere edifici *E.1 (1) – Edifici adibiti a residenza e assimilabili: abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili, rurali, collegi, conventi, case di pena e caserme*, con ambito di applicazione **riqualificazione energetica dell'involucro o ristrutturazione importante di primo/secondo livello** a seconda degli interventi previsti.

Nello studio i livelli di isolamento ipotizzati rispettano i valori limite di trasmittanza delle strutture opache verticali, orizzontali e/o inclinate oggetto di intervento e delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno e verso i locali non riscaldati. Le seguenti tabelle riportano i valori limite in accordo con All.1 Art. 5.2, comma 1a, b, c, Art. 4.2, comma 1a, Art. 1.4.3 comma 2, App. B).

TABELLA 1 (Appendice B) Strutture opache verticali , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
	U_{limite} [W/m²K]	
Zona climatica	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28

TABELLA 2 (Appendice B) Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura , verso l'esterno in riqualificazione		
	U_{limite} [W/m²K]	
Zona climatica	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24

TABELLA 3 (Appendice B) Strutture opache orizzontali di pavimento , verso l'estero soggette a riqualificazione		
	U_{limite} [W/m²K]	
Zona climatica	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29

I valori di trasmittanza limite si considerano comprensivi dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione e di metà del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione (per il calcolo le norme di riferimento sono UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211).

Il calcolo della trasmittanza media di progetto U_m deve essere condotto per tutte le strutture della stessa tipologia indipendentemente dall'orientamento, dallo spessore e dalla stratigrafia delle diverse porzioni, e

comprende i ponti termici. I ponti termici vengono considerati al 100% se all'interno della superficie di intervento oppure al 50% se al perimetro della superficie di intervento.

Se l'intervento previsto supera il 25% della superficie disperdente complessiva del volume lordo riscaldato, l'ambito di intervento da "riqualificazione energetica" diventa "ristrutturazione di secondo livello" e quindi al requisito di trasmittanza termica si aggiunge anche il rispetto del coefficiente medio globale di scambio termico H'_T .

La seguente tabella riassume il valore limite come da All.1 Art. 3.3 comma 2b.i e Art. 4.2 comma 1b, App. A.

TABELLA 10 (Appendice A) Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T [W/m ² K]				
N. riga	RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Zona climatica		
		C	D	E
1	$S/V \geq 0,7$	0,55	0,53	0,50
2	$0,7 > S/V \geq 0,4$	0,60	0,58	0,55
3	$0,4 > S/V$	0,80	0,80	0,75
N. riga	TIPOLOGIA DI INTERVENTO	Zona climatica		
		C	D	E
4	Ampliamenti e Ristrutturazioni importanti di secondo livello per tutte le tipologie edilizie	0,70	0,68	0,65

Se l'intervento supera il 50% e contemporaneamente viene ristrutturato integralmente l'impianto l'ambito di applicazione diventa "ristrutturazione di primo livello" e le verifiche riguardano il fabbisogno complessivo dell'involucro con la valutazione dei parametri di $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$ calcolati utilizzando l'edificio di riferimento come limite di legge come da All. 1 Art. 3.3 comma 2b.iii e comma 3, App. A.

L'edificio di riferimento è un edificio identico a quello in esame in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno, cui vengono applicati i valori di riferimento di trasmittanza delle strutture e di rendimento degli impianti.

2.3 Livello 2: isolamento per l'accesso agli incentivi

Per l'accesso alle detrazioni Ecobonus è necessario rispettare specifici valori di trasmittanza U_{bonus} : come da DM 6 agosto 2020 Allegato E.

I limiti di trasmittanza indicati nei requisiti minimi per le detrazioni sono da calcolare in accordo con la norma UNI EN ISO 6946, ovvero **senza considerare il peso energetico dei ponti termici**.

La trasmittanza ante intervento deve essere peggiore (ovvero superiore) al valore limite per l'accesso alle detrazioni riportato in tabella, mentre la trasmittanza post intervento deve essere migliore (ovvero minore o uguale) dello stesso valore.

Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso alle detrazioni [W/m ² K]						
	Strutture opache verticali		Strutture opache orizzontali o inclinate			
			Coperture		Pavimenti *	
Z.C.	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20	DM 26/01/10	Allegato E Decr.6/8/20
C	0,34	0,30	0,32	0,27	0,40	0,30
D	0,29	0,26	0,26	0,22	0,34	0,28
E	0,27	0,23	0,24	0,20	0,30	0,25

* Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno.

2.4 Livello 3: isolamento con l'obiettivo di edifici ad energia quasi zero

Il terzo livello di isolamento proposto punta a realizzare delle strutture con valori di trasmittanza termica molto spinti con l'obiettivo di rendere le strutture quasi adiabatiche. I valori di progetto dello spessore dei prodotti isolanti sono comunque tali da rendere la stratigrafia tecnologicamente realizzabile: i prodotti isolanti scelti esistono dal punto di vista commerciale e lo spessore complessivo della struttura è effettivamente realizzabile. La progettazione di edifici a basso consumo sul territorio nazionale ha già raggiunto questi standard di progettazione da diverso tempo. Un esempio di valore di trasmittanza di progetto di livello 3 è pari a $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Un esercizio semplice di calcolo mostra come, con valori di trasmittanza così bassi, l'energia in gioco in una stanza assuma valori estremamente ridotti, tanto da poter scaldare l'ambiente per mezzo delle attività che si svolgono al suo interno.

Si ipotizza di avere una stanza d'angolo da 16 metri quadri calpestabili (4 metri x 4 metri) con due pareti disperdenti verso l'esterno di 12 metri quadri cad. Con pareti opache progettate a $0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ e una porta finestra di 120x240 progettata con $U_w = 0,9$ passando da un livello di isolamento 1 ad un livello 3, non si rende mediamente necessaria l'accensione dell'impianto durante la permanenza di persone all'interno.

Edificio esistente				Livello isolamento 1 - L10					
	Area	U	H		Area	U	H		
	m^2	$\text{W/m}^2\text{K}$	W/K		m^2	$\text{W/m}^2\text{K}$	W/K		
Parete 1	12	1,4	16,8	Parete 1	12	0,3	3,6		
Parete 2	9,12	1,4	12,8	Parete 2	9,12	0,3	2,7		
Serramento	2,88	3	8,6	Serramento	2,88	1,3	3,7		
			38,2				10,1		
Corpo scaldante condizioni esterne di picco			955	W	Corpo scaldante condizioni esterne di picco			252	W
Corpo scaldante condizioni esterne medie			573	W	Corpo scaldante condizioni esterne medie			151	W
Emessa da persone in quiete			100	W	Emessa da persone in quiete			100	W

Livello isolamento 3 - basso consumo				
	Area	U	H	
	m^2	$\text{W/m}^2\text{K}$	W/K	
Parete 1	12	0,15	1,8	
Parete 2	9,12	0,15	1,4	
Serramento	2,88	0,9	2,6	
			5,8	
Potenza				
Corpo scaldante condizioni esterne di picco			144	W
Corpo scaldante condizioni esterne medie			86	W
Emessa da persone in quiete			100	W

Dall'esempio emerge come per scaldare la stanza dell'edificio esistente sia necessario un corpo scaldante di 1 kW di potenza. Con il livello di isolamento 3 è possibile scaldare la stanza con 150 W (in condizioni di picco freddo esterne) e con meno di 100 W medi sulla stagione. Tenuto conto che una persona produce 100 W si intuiscono le potenzialità dell'alto livello di isolamento termico.

Con il livello 3 di isolamento si raggiungono valori di dispersione che hanno degli ordini di grandezza paragonabili a quelli di produzione di energia antropica. È un risultato sfidante, poiché influenza anche l'impiantistica. Con potenze richieste estremamente ridotte, l'impianto caratterizzato da generazione, distribuzione, erogazione e regolazione ha delle opportunità progettuali di tecnologia, vettore e ingombri, decisamente interessanti.

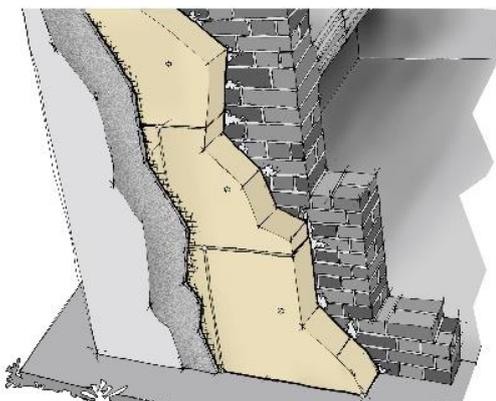
3 RISULTATI DI SIMULAZIONE CONDOMINIO

3.1 Indicazione delle soluzioni di isolamento termico

Isolamento a parete

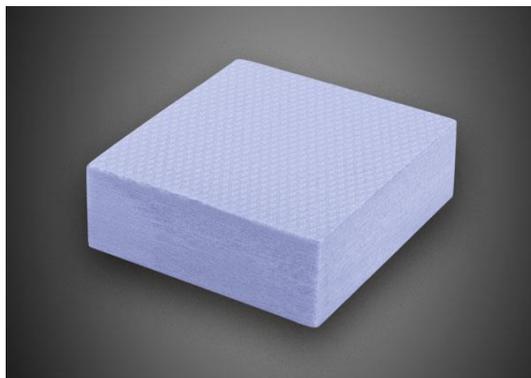
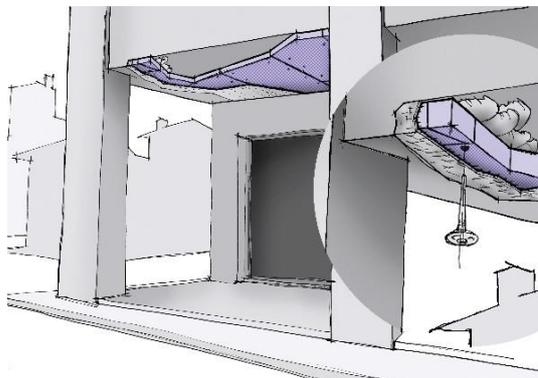
A parete è stato proposto isolamento a cappotto dall'esterno: POLIISO® ED è un pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti di velovetro saturato mineralizzato.

I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,027 W/mK per gli spessori fino a 40 mm, λ_D pari a 0,026 W/mK per spessori da 50 mm a 90 mm e λ_D pari a 0,025 W/mK per spessori superiori secondo la norma europea EN 13165. POLIISO® ED dichiara valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa ed è ideale all'applicazione a cappotto. I pannelli hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm e sono disponibili negli spessori da 30 a 160 mm. POLIISO® ED è classificato al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



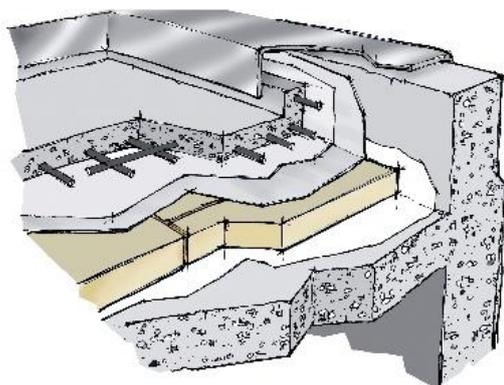
Isolamento verso locale non riscaldato

A pavimento verso locale non riscaldato è stato proposto l'isolamento con materiale isolante in lastra: X-FOAM® WAFER è una lastra per l'isolamento termico costituita da polistirene estruso di colore indaco con superficie waferata e 4 bordi dritti. Le lastre dichiarano valori di resistenza alla compressione da 200 a 250 kPa, ed hanno una larghezza pari a 600 mm, lunghezza 1250 mm e spessori disponibili da 20 a 300 mm. X-FOAM® WAFER è classificato al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



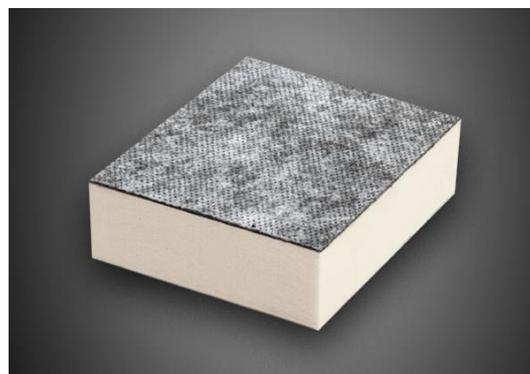
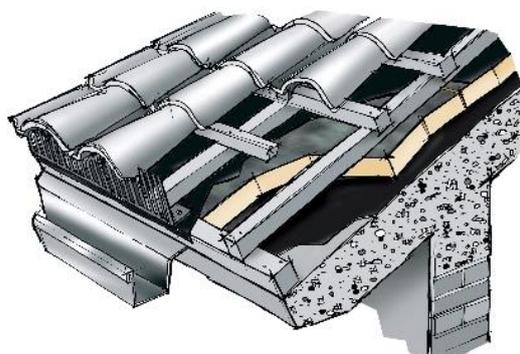
Isolamento della copertura piana in zona C

Per l'isolamento della copertura piana è stato proposto l'isolamento con pannello in schiuma rigida POLIISO® VV: pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti di velovetro saturato. I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,027 W/mK per spessori fino a 40 mm, 0,026 W/mK per spessori da 50 mm a 90 mm e 0,025 W/mK per spessori superiori secondo la norma europea EN 13165. POLIISO® VV dichiara valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa ed è idoneo all'applicazione sotto membrana sintetica, resistendo a temperature massime di esercizio fino a 110 °C. I pannelli hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm. I pannelli sono disponibili negli spessori da 20 a 140 mm. Per le zone di copertura dove è necessario fissare degli impianti è necessario posare il pannello POLIISO® VV HD con migliori prestazioni di resistenza a compressione. POLIISO® VV e POLIISO® VV HD sono classificati al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 e sono conformi ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



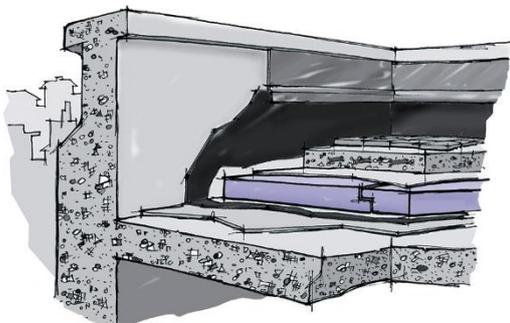
Isolamento della copertura a falda in zona D

Per l'isolamento della copertura a falda è stato proposto l'isolamento con pannello POLIISO® SB: pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa senza l'impiego di CFC o HCFC fra due supporti (o rivestimenti): quello della faccia superiore in velovetro bitumato e quello della faccia inferiore in velovetro saturato mineralizzato. I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,027 W/mK per spessori fino a 40 mm, λ_D pari a 0,026 W/mK per spessori da 50 mm a 90 mm e λ_D pari a 0,025 W/mK per spessori superiori secondo la norma europea EN 13165. POLIISO® SB dichiara valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa ed è idoneo all'applicazione sotto membrana bituminosa posata mediante sfiammatura. I pannelli hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm e sono disponibili negli spessori da 30 a 160 mm. POLIISO® SB è classificato al fuoco EUROCLASSE F secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



Isolamento del solaio del sottotetto in zona E

Per l'isolamento del solaio di sottotetto è stato impiegato il pannello in XPS X-FOAM HBT: lastra per l'isolamento termico costituita da polistirene estruso di colore indaco, con pelle di estrusione e con i 4 bordi battentati. Le lastre dichiarano valori di resistenza alla compressione ≥ 300 kPa, ed hanno una larghezza pari a 600 mm, lunghezza 1250 mm e spessori disponibili da 30 a 300 mm. X-FOAM HBT è classificato al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



Di seguito vengono riportate le trasmittanze di progetto per le tre zone climatiche scelte.

Le tabelle riportano:

- i valori di trasmittanza limite per il rispetto dei requisiti minimi e per l'accesso agli incentivi come da tabelle legislative
- i valori di trasmittanza di progetto, ottenuta impiegando il materiale indicato con lo spessore indicato,
- i valori denominati "trasmittanza corretta" ottenuti aumentando la trasmittanza di progetto del 15%. La maggiorazione tiene in considerazione la presenza dei ponti termici.

ZONA C: trasmittanza, isolamento e spessori

Valori trasmittanza - Requisiti minimi						
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti	
U limite	W/m ² K	0,36	0,38	0,32	2,0	
U progetto	W/m ² K	0,29	0,29	0,28	2,0	
U corretta	W/m ² K	0,34	0,33	0,32	-	
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	POLIISO VV	-	
Spessore	mm	80	100	80	-	

Valori trasmittanza - Accesso incentivi						
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti	
U limite	W/m ² K	0,30	0,30	0,27	1,8	
U progetto	W/m ² K	0,25	0,24	0,23	1,8	
U corretta	W/m ² K	0,29	0,28	0,26	-	
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	POLIISO VV	-	
Spessore	mm	80	120	100	-	

Valori trasmittanza - Progettazione a basso consumo						
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti	
U progetto	W/m ² K	0,18	0,21	0,19	1,5	
U corretta	W/m ² K	0,20	0,24	0,22	-	
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	POLIISO VV	-	
Spessore	mm	120	140	120	-	

ZONA D: trasmittanza, isolamento e spessori

Valori trasmittanza - Requisiti minimi					
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,32	0,32	0,26	1,8
U progetto	W/m ² K	0,25	0,25	0,19	1,8
U corretta	W/m ² K	0,29	0,28	0,22	-
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	POLIISO SB	-
Spessore	mm	80	120	120	-

Valori trasmittanza - Accesso incentivi					
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,26	0,28	0,22	1,7
U progetto	W/m ² K	0,21	0,21	0,16	1,7
U corretta	W/m ² K	0,24	0,24	0,19	-
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	POLIISO SB	-
Spessore	mm	100	140	140	-

Valori trasmittanza - Progettazione a basso consumo					
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti
U progetto	W/m ² K	0,14	0,17	0,15	1,5
U corretta	W/m ² K	0,16	0,19	0,17	-
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	POLIISO SB	-
Spessore	mm	160	180	160	-

ZONA E: trasmittanza, isolamento e spessori

Valori trasmittanza - Requisiti minimi					
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,28	0,29	0,24	1,4
U progetto	W/m ² K	0,21	0,24	0,19	1,4
U corretta	W/m ² K	0,24	0,28	0,22	-
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	X-FOAM HBT	-
Spessore	mm	100	120	160	-

Valori trasmittanza - Accesso incentivi					
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,23	0,25	0,20	1,3
U progetto	W/m ² K	0,18	0,21	0,17	1,3
U corretta	W/m ² K	0,20	0,24	0,20	-
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	X-FOAM HBT	-
Spessore	mm	120	140	180	-

Valori trasmittanza - Progettazione a basso consumo					
		Pareti	Pavimenti	Coperture	Serramenti
U progetto	W/m ² K	0,14	0,17	0,15	1,1
U corretta	W/m ² K	0,16	0,19	0,17	-
Prodotto	-	POLIISO ED	X-FOAM WAFER	X-FOAM HBT	-
Spessore	mm	160	180	220	-

3.2 Spiegazione ragionata dei risultati

L'edificio esistente descritto è stato studiato al variare di interventi di isolamento dell'involucro opaco e poi anche trasparente in tre diverse zone climatiche rappresentative del territorio nazionale calcolando diversi parametri. Nelle pagine successive i risultati sono sintetizzati sotto forma di tabelle numeriche. Viene descritto di seguito il significato di ogni parametro riportato per una più approfondita lettura.

Parametro	u.m.	descrizione
$Q_{H,nd}$	kWh	Fabbisogno ideale di energia termica sensibile per il riscaldamento calcolato in regime stazionario. È il valore di fabbisogno energetico annuale per mantenere a 20 °C l'edificio durante la stagione di riscaldamento. Il valore è ideale poiché non sono comprese le inefficienze del sistema impiantistico scelto.
Risparmio fabbisogno	%	Quantità di energia termica annuale risparmiata grazie all'intervento di isolamento descritto. Il risparmio è descritto in % rispetto al valore iniziale dell'edificio ante operam.
CO_2	Kg/anno	Il valore rappresenta la produzione annua di kg di CO_2 associata al servizio di riscaldamento dell'edificio. Al ridursi del fabbisogno energetico, si riduce la produzione di CO_2 .
Potenza	kW	Il valore indica la potenza di picco al focolare del generatore di calore a gas. In generale la riduzione della potenza ha dei riflessi sul costo di acquisto e manutenzione del generatore.
$EP_{gl,nren}$	kWh/m ² anno	Indice di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per tutti i servizi presenti nei calcoli: riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.
$EP_{gl,nren,rif}$	kWh/m ² anno	Indice di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per tutti i servizi presenti nei calcoli dell'edificio di riferimento per la classificazione energetica.
Classe		Classe energetica in accordo con DM 26/06/2015.

3.3 Risultati Condominio

ZONA C

Confronto risultati con prodotti EDILTEC - zona C - Napoli							
Modifiche	Q _{H,nd}	Riduzione fabbisogno	CO ₂	Potenza	EP _{gl,nren}	EP _{gl,nren,rif}	Classe
	kWh	%	kg/anno	kW	kWh/m ² anno		
0) Edificio esistente							
	36.943	-	736	34	161,2	44,1	G
1) Rispetto Requisiti minimi							
Cappotto	25.549	31%	509	26	125,0	44,1	F
Cappotto, solaio	18.950	49%	377	22	103,1	43,8	E
Cappotto, solaio e copertura	9.170	75%	183	16	69,9	43,8	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	4.338	88%	86	12	50,1	44,1	B
2) Rispetto Accesso incentivi							
Cappotto	24.988	32%	498	26	120,8	44,1	F
Cappotto, solaio	18.717	49%	373	22	99,9	43,8	E
Cappotto, solaio e copertura	8.111	78%	162	15	66,1	43,7	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	3.014	92%	60	11	44,5	44,0	B
3) Edificio a basso consumo							
Cappotto, solaio e copertura	6.695	82%	133	14	60,8	43,6	C
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	1.503	96%	30	9	37,5	44,0	A1
Generatore ad almeno 60% energia rinnovabile	1.503	96%	12	9	15,0	44,0	A4

ZONA D

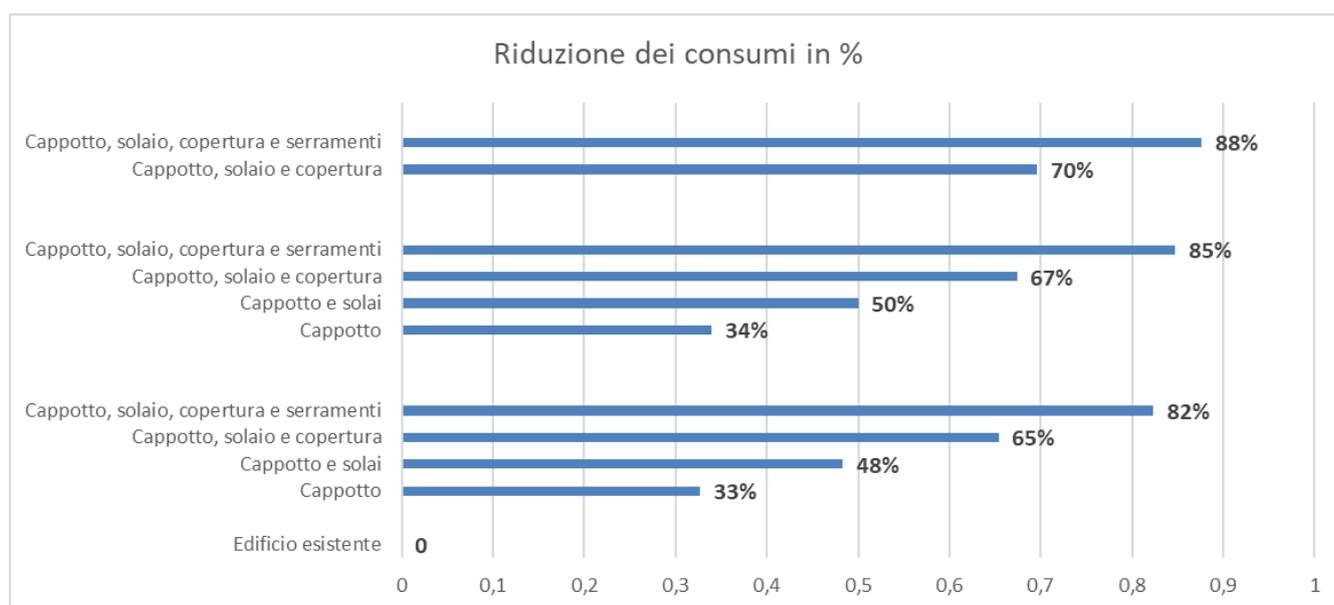
Confronto risultati con prodotti EDILTEC - zona D - Roma							
Modifiche	Q _{H,nd}	Riduzione fabbisogno	CO ₂	Potenza	EP _{gl,nren}	EP _{gl,nren,rif}	Classe
	kWh	%	kg/anno	kW	kWh/m ² anno		
0) Edificio esistente							
	53.040	-	1.056	41	215,4	47,8	G
1) Rispetto Requisiti minimi							
Cappotto	35.713	33%	711	30	154,8	4,8	F
Cappotto, solaio	27.742	48%	553	26	129,1	47,4	F
Cappotto, solaio e copertura	12.549	76%	250	18	82,4	47,4	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	6.258	88%	125	13	57,8	48,3	B
2) Rispetto Accesso incentivi							
Cappotto	34.944	34%	696	30	152,4	47,8	F
Cappotto, solaio	26.759	50%	533	25	125,8	47,3	F
Cappotto, solaio e copertura	11.360	79%	226	17	78,3	47,3	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	4.915	91%	98	12	52,5	48,2	B
3) Edificio a basso consumo							
Cappotto, solaio e copertura	9.628	82%	192	16	72,1	47,2	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	3.258	94%	65	11	45,6	48,1	A1
Generatore ad almeno 60% energia rinnovabile	3.258	94%	26	11	18,2	48,1	A4

ZONA E

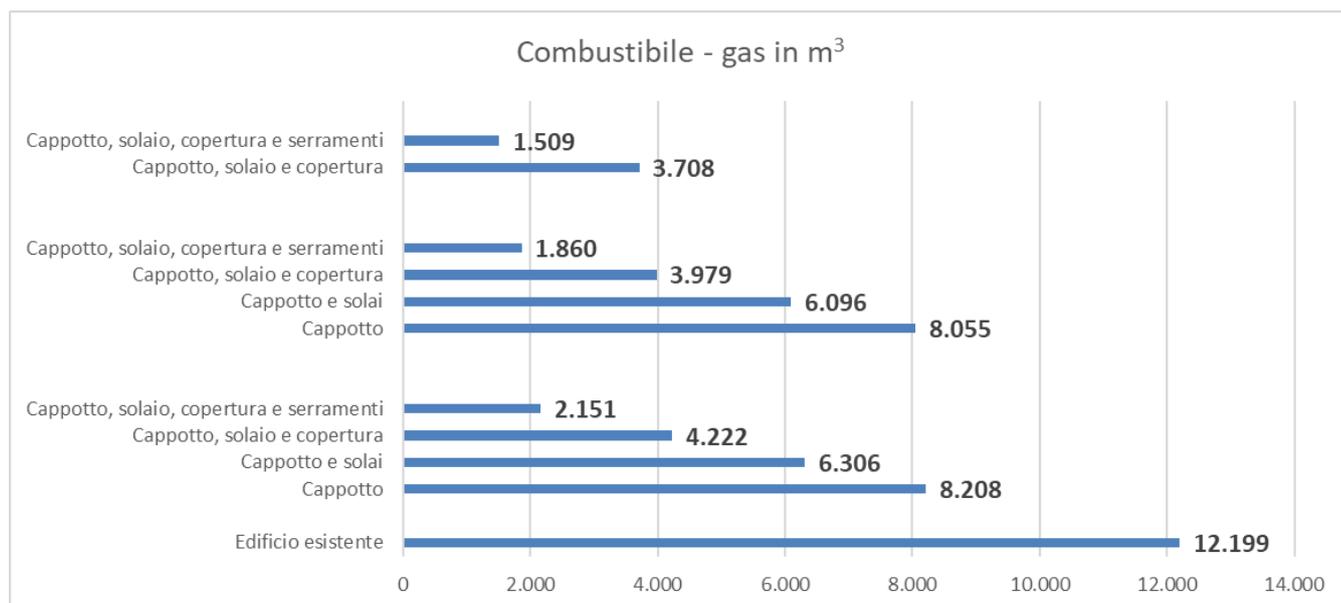
Confronto risultati con prodotti EDILTEC - zona E - Torino							
Modifiche	$Q_{H,nd}$	Riduzione fabbisogno	CO_2	Potenza	$EP_{gl,nren}$	$EP_{gl,nren,rif}$	Classe
	kWh	%	kg/anno	kW	kWh/m ² anno		
0) Edificio esistente	87.284	-	1.738	49	324,6	78,6	G
1) Rispetto Requisiti minimi							
Cappotto	58.729	33%	1.170	36	225,2	78,6	F
Cappotto, solaio	45.116	48%	899	30	186,1	78,3	E
Cappotto, solaio e copertura	30.207	65%	602	23	141,7	74,0	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	15.389	82%	306	15	93,1	74,9	C
2) Rispetto Accesso incentivi							
Cappotto	57.630	34%	1.148	35	222,0	78,6	F
Cappotto, solaio	43.617	50%	869	29	181,6	78,3	E
Cappotto, solaio e copertura	28.470	67%	567	22	136,4	73,9	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	13.309	85%	265	14	86,3	74,8	B
3) Edificio a basso consumo							
Cappotto, solaio e copertura	26.532	70%	528	21	130,6	73,7	D
Cappotto, solaio, copertura e serramenti	10.800	88%	215	13	77,8	74,6	B
Generatore ad almeno 60% energia rinnovabile	10.800	88%	86	13	31,1	74,6	A3

Gli interventi di isolamento dell'involucro possono portare alla riduzione del 90% del fabbisogno degli edifici esistenti nelle diverse zone climatiche. Questi interventi si riflettono sulla classe energetica che passa alla B o alla A1 (coerentemente con il fatto che nelle simulazioni l'impianto di riscaldamento e acs è a gas) sino a passare alla classe A3 o A4 con la copertura da fonte rinnovabile della poca energia termica richiesta.

Per meglio comprendere i risultati ottenuti si riporta il grafico della riduzione dei consumi in % rispetto agli interventi e ai livelli (per la zona E ma i risultati sono rappresentativi anche delle altre zone):



E il grafico del consumo in metri cubi di gas (nell'ipotesi di generatore a gas).



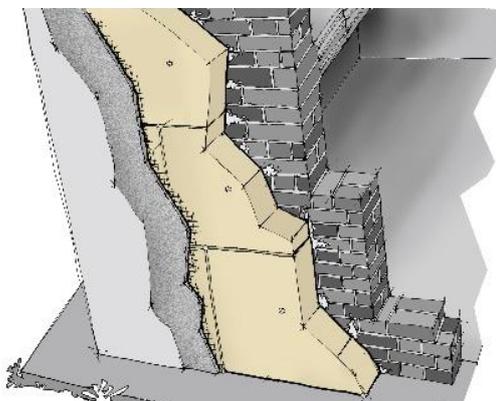
4 RISULTATI DI SIMULAZIONE VILLA UNIFAMILIARE

4.1 Indicazione delle soluzioni di isolamento termico

Isolamento a parete

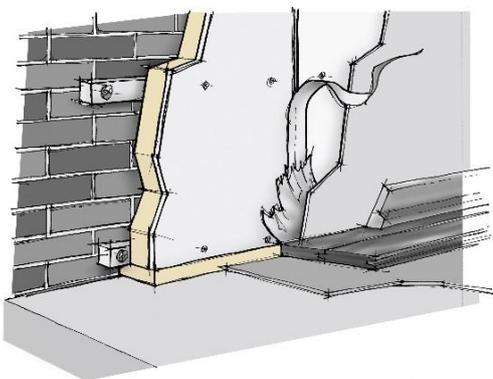
A parete è stato proposto isolamento a cappotto dall'esterno: POLIISO® ED è un pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti di velovetro saturato mineralizzato.

I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,027 W/mK per gli spessori fino a 40 mm, λ_D pari a 0,026 W/mK per spessori da 50 mm a 90 mm e λ_D pari a 0,025 W/mK per spessori superiori secondo la norma europea EN 13165. POLIISO® ED dichiara valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa ed è idoneo all'applicazione a cappotto. I pannelli hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm e sono disponibili negli spessori da 30 a 160 mm. POLIISO® ED è classificato al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



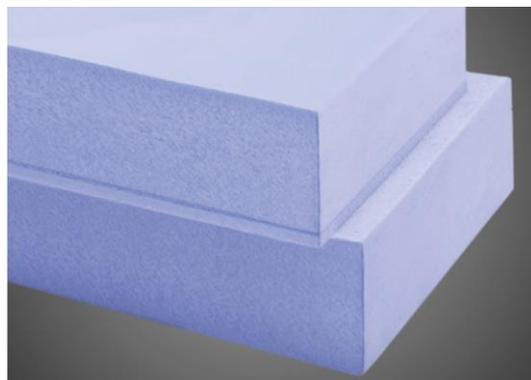
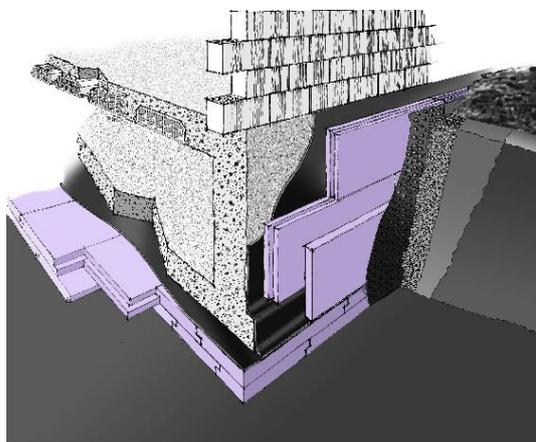
Isolamento verso locale non riscaldato

Per l'isolamento termico del solaio verso locale non riscaldato cantina è stato ipotizzato un intervento a soffitto per mezzo del pannello GIBITEC® PLUS: pannello semisandwich prefabbricato, composto da una lastra di cartongesso di spessore 13 mm (o 10 mm) accoppiata a pannelli POLIISO® PLUS rivestiti in carta metallizzata. I pannelli hanno una larghezza pari a 1200 mm, lunghezza 3000 mm (o 2000 mm) e sono disponibili in vari spessori. I pannelli POLIISO® PLUS che compongono il semisandwich GIBITEC® PLUS dichiarano valori di conducibilità termica λ_D pari a 0,022 W/mK e valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa. GIBITEC® PLUS è classificato al fuoco EUROCLASSE B s1 d0 secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



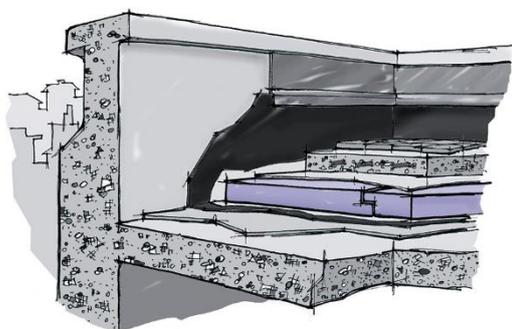
Isolamento del pavimento controterra

Per l'isolamento del pavimento controterra è stato ipotizzato un intervento con pannello in XPS X-FOAM® HBT 500: lastra per l'isolamento termico costituita da polistirene estruso di colore indaco, con pelle di estrusione e con i 4 bordi battentati. Le lastre dichiarano valori di resistenza alla compressione ≥ 500 kPa, ed hanno una larghezza pari a 600 mm, lunghezza 1250 mm e spessori disponibili da 50 a 300 mm. X-FOAM HBT 500 è classificato al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



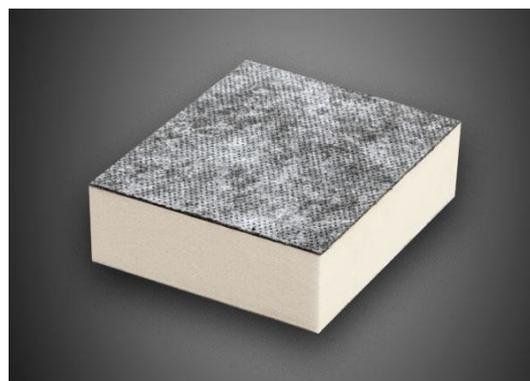
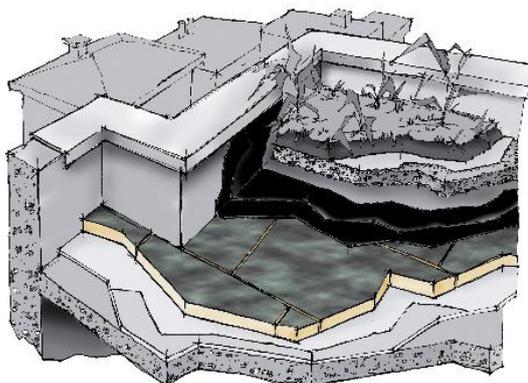
Isolamento della copertura piana in zona C

Per l'isolamento della copertura piana è stato ipotizzato il pannello in XPS X-FOAM® HBT: lastra per l'isolamento termico costituita da polistirene estruso di colore indaco, con pelle di estrusione e con i 4 bordi battentati. Le lastre dichiarano valori di resistenza alla compressione ≥ 300 kPa, ed hanno una larghezza pari a 600 mm, lunghezza 1250 mm e spessori disponibili da 30 a 300 mm. X-FOAM HBT è classificato al fuoco EUROCLASSE E secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



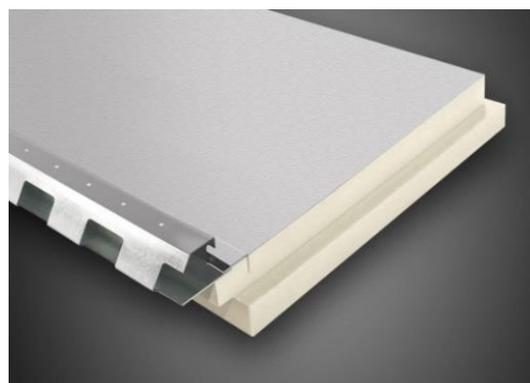
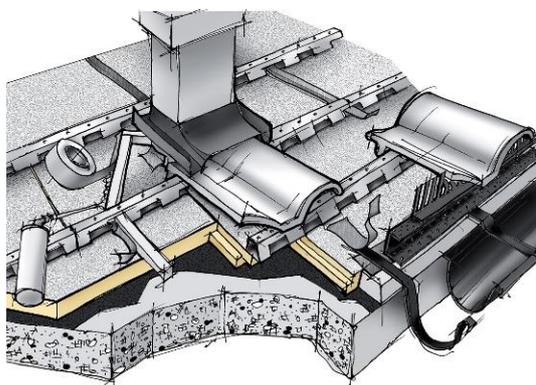
Isolamento della copertura piana con tetto giardino in zona C

Per l'isolamento della copertura piana con tetto giardino è stato ipotizzato il pannello POLIISO® SB HD: pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti: quello della faccia superiore in velovetro bitumato e quello della faccia inferiore in velovetro saturato mineralizzato. La resistenza a compressione è ≥ 200 kPa. I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,027 W/mK per spessori fino a 40 mm e 0,026 W/mK per spessori da 50 a 90 mm e 0,025 W/mK per spessori superiori, secondo la norma europea EN 13165. I pannelli hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm e sono disponibili negli spessori da 30 a 160 mm. POLIISO® SB HD è classificato al fuoco EUROCLASSE F secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



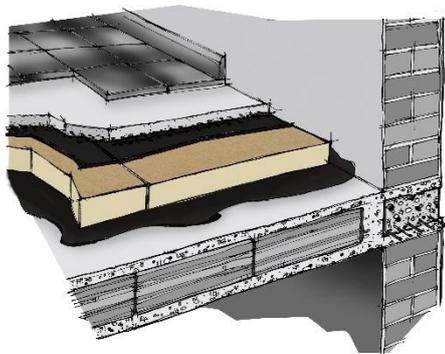
Isolamento della copertura a falda in zona D

Per l'isolamento della copertura a falde è stato proposto il prodotto POLIISO® TEGOLA, un pannello costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti in alluminio goffrato. I pannelli, a finitura battentata sui 4 lati, dichiarano valori di λ_D pari a 0.022 W/mK in accordo alla norma UNI EN 13165, valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa e sono caratterizzati da un formato a lunghezza fissa di 2400 mm e larghezza variabile in base al passo della tegola. Gli spessori disponibili vanno da 60 a 140 mm. I pannelli sono classificati al fuoco, secondo la UNI EN 13501-1, EUROCLASSE E, inoltre prevedono l'inserimento in lunghezza di un profilo metallico portategole forato per favorire la microventilazione sotto il manto di copertura. Questi pannelli hanno la caratteristica di massimizzare la prestazione termica grazie ai rivestimenti impermeabili in alluminio goffrato e di mantenerla inalterata col passare del tempo. POLIISO® TEGOLA è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



Isolamento del solaio del sottotetto in zona E

Per l'isolamento del solaio di sottotetto è stato impiegato il pannello POLIISO® PLUS: pannello per l'isolamento termico costituito da una schiuma polyiso (poliuretano espanso) rigida a celle chiuse, di colore giallo, espansa fra due supporti di carta metallizzata multistrato. I pannelli dichiarano valori di λ_D pari a 0,022 W/mK secondo la norma europea EN 13165, valori di resistenza alla compressione ≥ 150 kPa ed hanno dimensioni standard pari a 600 x 1200 mm o 1200 x 3000 mm. I pannelli sono disponibili negli spessori da 20 a 140 mm. POLIISO® PLUS è classificato al fuoco EUROCLASSE F secondo la normativa europea EN 13501-1 ed è conforme ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).



Di seguito vengono riportate le trasmittanze di progetto per le tre zone climatiche scelte.

Le tabelle riportano:

- i valori di trasmittanza limite per il rispetto dei requisiti minimi e per l'accesso agli incentivi come da tabelle legislative
- i valori di trasmittanza di progetto, ottenuta impiegando il materiale indicato con lo spessore indicato,
- i valori denominati "trasmittanza corretta" ottenuti aumentando la trasmittanza di progetto del 15%. La maggiorazione tiene in considerazione la presenza dei ponti termici.

ZONA C: trasmittanza, isolamento e spessori

Valori trasmittanza - Requisiti minimi						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Copertura piana	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,36	0,38	0,38	0,32	2,0
U progetto	W/m ² K	0,33	0,33	0,35	0,28	2,0
U corretta	W/m ² K	0,37	0,38	0,40	0,32	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	XFOAM HBT	-
Spessore	mm	60	50+13	80	80	-

Valori trasmittanza - Accesso incentivi						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Copertura piana	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,30	0,30	0,30	0,27	1,8
U progetto	W/m ² K	0,29	0,29	0,29	0,24	1,8
U corretta	W/m ² K	0,34	0,33	0,33	0,28	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	XFOAM HBT	-
Spessore	mm	70	60+13	100	100	-

Valori trasmittanza - Progettazione a basso consumo						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Tetto giardino	Serramenti
U progetto	W/m ² K	0,25	0,23	0,21	0,20	1,5
U corretta	W/m ² K	0,29	0,26	0,24	0,23	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso SB HD	-
Spessore	mm	80	80+13	140	100	-

ZONA D: trasmittanza, isolamento e spessori

Valori trasmittanza - Requisiti minimi						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Copertura inclinata	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,32	0,32	0,32	0,26	1,8
U progetto	W/m ² K	0,29	0,29	0,29	0,24	1,8
U corretta	W/m ² K	0,34	0,33	0,33	0,27	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso TEGOLA	-
Spessore	mm	70	60+13	100	80	-

Valori trasmittanza - Accesso incentivi						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Copertura inclinata	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,26	0,28	0,28	0,22	1,7
U progetto	W/m ² K	0,25	0,23	0,25	0,20	1,7
U corretta	W/m ² K	0,29	0,26	0,29	0,23	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso TEGOLA	-
Spessore	mm	80	80+13	120	100	-

Valori trasmittanza - Progettazione a basso consumo						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Copertura inclinata	Serramenti
U progetto	W/m ² K	0,23	0,19	0,19	0,15	1,4
U corretta	W/m ² K	0,26	0,22	0,22	0,17	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso TEGOLA	-
Spessore	mm	90	100+13	160	140	-

ZONA E: trasmittanza, isolamento e spessori

Valori trasmittanza - Requisiti minimi						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Solaio vs sottotetto	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,28	0,29	0,29	0,24	1,4
U progetto	W/m ² K	0,25	0,29	0,29	0,24	1,4
U corretta	W/m ² K	0,29	0,33	0,33	0,27	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso PLUS	-
Spessore	mm	80	60+13	100	80	-

Valori trasmittanza - Accesso incentivi						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Solaio vs sottotetto	Serramenti
U limite	W/m ² K	0,23	0,25	0,25	0,20	1,3
U progetto	W/m ² K	0,21	0,23	0,25	0,20	1,3
U corretta	W/m ² K	0,24	0,26	0,29	0,23	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso PLUS	-
Spessore	mm	100	80+13	120	100	-

Valori trasmittanza - Progettazione a basso consumo						
		Pareti	Pavimento vs cantina	Pavimento controterra	Solaio vs sottotetto	Serramenti
U progetto	W/m ² K	0,15	0,19	0,16	0,15	1,1
U corretta	W/m ² K	0,18	0,22	0,18	0,17	-
Prodotto	-	Poliiso ED	Gibitec PLUS	X FOAM HBT 500	Poliiso PLUS	-
Spessore	mm	140	100+13	200	140	-

4.2 Spiegazione ragionata dei risultati

L'edificio esistente descritto è stato studiato al variare di interventi di isolamento dell'involucro opaco e poi anche trasparente in tre diverse zone climatiche rappresentative del territorio nazionale raccogliendo diversi parametri. Nelle pagine successive i risultati sono sintetizzati sotto forma di tabelle numeriche. Viene descritto di seguito il significato di ogni parametro riportato per una più approfondita lettura.

Parametro	u.m.	descrizione
$Q_{H,nd}$	kWh	Fabbisogno ideale di energia termica sensibile per il riscaldamento calcolato in regime stazionario. È il valore di fabbisogno energetico annuale per mantenere a 20 °C l'edificio durante la stagione di riscaldamento. Il valore è ideale poiché non sono comprese le inefficienze del sistema impiantistico scelto.
Risparmio fabbisogno	%	Quantità di energia termica annuale risparmiata grazie all'intervento di isolamento descritto. Il risparmio è descritto in % rispetto al valore iniziale dell'edificio ante operam.
CO_2	kg	Il valore rappresenta la produzione annua di kg di CO_2 associata al servizio di riscaldamento dell'edificio. Al ridursi del fabbisogno energetico, si riduce la produzione di CO_2 .
Potenza	kW	Il valore indica la potenza di picco al focolare del generatore di calore a gas. In generale la riduzione della potenza ha dei riflessi sul costo di acquisto e manutenzione del generatore.
$EP_{gl,nren}$	kWh/m ² anno	Indice di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per tutti i servizi presenti nei calcoli: riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.
$EP_{gl,nren,rif}$	kWh/m ² anno	Indice di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per tutti i servizi presenti nei calcoli dell'edificio di riferimento per la classificazione energetica.
Classe		Classe energetica in accordo con DM 26/06/2015.

4.3 Risultati Villa

ZONA C: trasmittanza, isolamento e spessori

Confronto risultati con prodotti EDILTEC - zona C Napoli							
Modifiche	Q _{H,nd}	Risparmio fabbisogno	CO ₂	Potenza	EP _{gl,nren}	EP _{gl,nren,rif}	Classe
	kWh	%	kg/anno	kW	kWh/m ² anno		
0) Edificio esistente							
	19.322	-	385	16	210,5	88,2	E
1) Rispetto Requisiti minimi							
Cappotto	14.738	24%	294	13	174,6	88,2	D
Cappotto e pavimenti	10.917	43%	217	11	146,0	88,2	D
Cappotto, pavimenti e copertura	7.951	59%	158	9	123,6	88,2	C
Cappotto, pavimenti, copertura e serramenti	5.366	72%	107	7	105,0	88,3	B
2) Rispetto Accesso incentivi							
Cappotto	14.537	25%	290	13	173,1	88,2	D
Cappotto e pavimenti	10.555	45%	210	11	143,3	88,2	D
Cappotto, pavimenti e copertura	7.316	62%	146	8	119,0	88,2	C
Cappotto, pavimenti, copertura e serramenti	4.606	76%	92	6	99,7	88,3	B
3) Edificio a basso consumo							
Cappotto, pavimenti e copertura	6.665	66%	133	8	114,3	88,2	C
Cappotto, pavimenti, copertura e serramenti	3.768	80%	75	6	94,0	88,3	B
Generatore ad almeno 60% energia rinnovabile	3.768	80%	30	6	37,6	88,3	A3

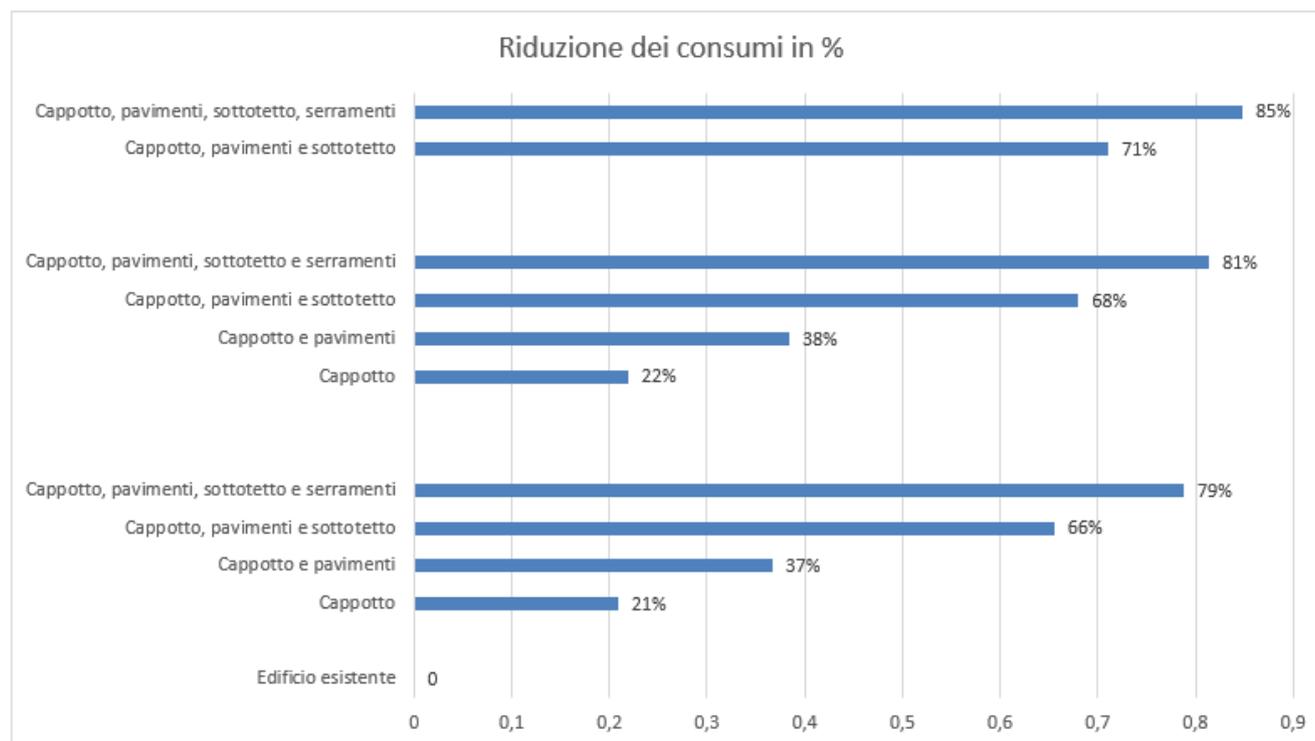
ZONA D: trasmittanza, isolamento e spessori

Confronto risultati con prodotti EDILTEC - zona D - Roma							
Modifiche	Q _{H,nd}	Risparmio fabbisogno	CO ₂	Potenza	EP _{gl,nren}	EP _{gl,nren,rif}	Classe
	kWh	%	kg/anno	kW	kWh/m ² anno		
0) Edificio esistente							
	35940	-	716	26	339,4	89,7	G
1) Rispetto Requisiti minimi							
Cappotto	31275	13%	623	23	293,2	90,8	F
Cappotto e pavimenti	24251	33%	483	19	240,0	91,5	F
Cappotto, pavimenti e copertura	11593	68%	231	12	147,6	91,8	D
Cappotto, pavimenti, copertura e serramenti	8000	78%	159	10	122,1	91,7	C
2) Rispetto Accesso incentivi							
Cappotto	31014	14%	618	23	291,2	90,8	F
Cappotto e pavimenti	23653	34%	471	19	235,6	91,5	E
Cappotto, pavimenti e copertura	10684	70%	213	11	141,1	91,8	D
Cappotto, pavimenti, copertura e serramenti	7061	80%	141	9	115,6	91,8	C
3) Edificio a basso consumo							
Cappotto, pavimenti e copertura	9829	73%	196	11	135,1	91,8	C
Cappotto, pavimenti, copertura, serramenti	6037	83%	120	8	108,6	91,8	B
Generatore ad almeno 60% energia rinnovabile	6037	83%	48	8	43,4	91,8	A3

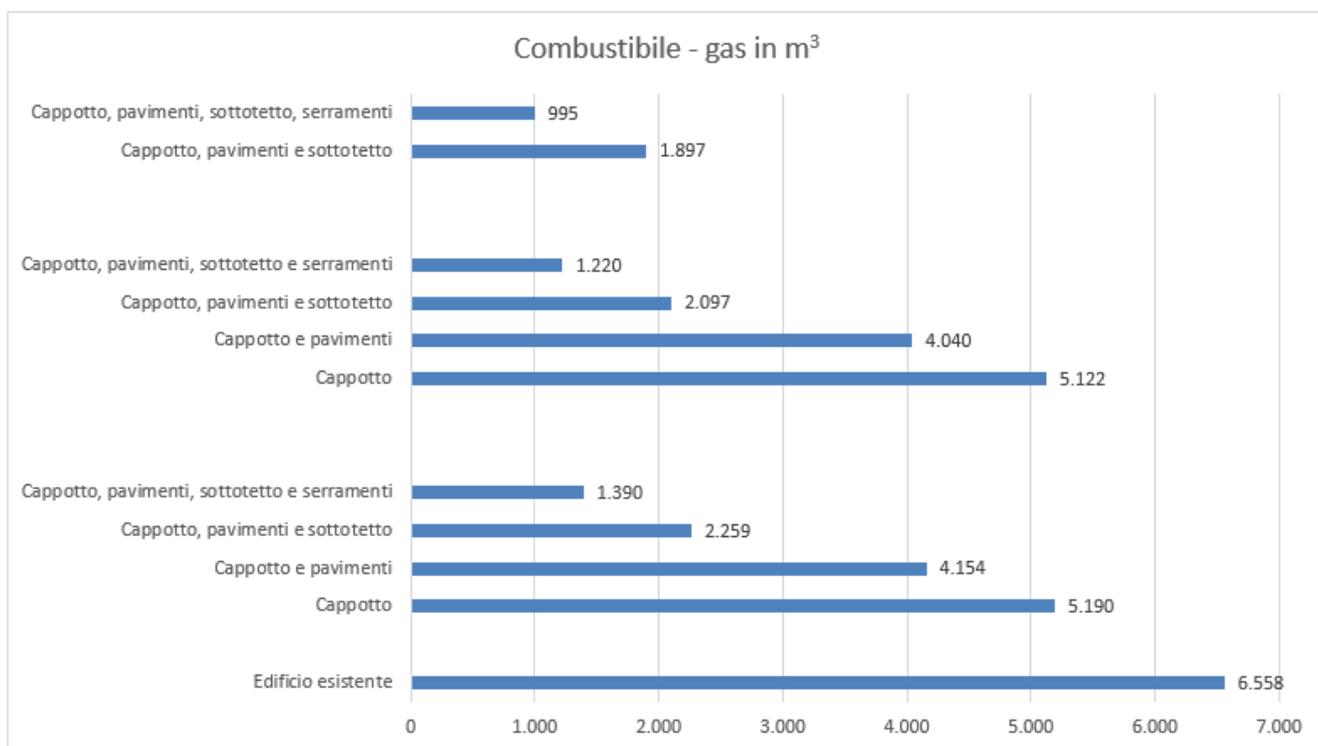
ZONA E: trasmittanza, isolamento e spessori

Confronto risultati con prodotti EDILTEC - zona E - Milano							
Modifiche	$Q_{H,nd}$	Risparmio fabbisogno	CO ₂	Potenza	EP _{gl,nren}	EP _{gl,nren,rif}	Classe
	kWh	%	kg/anno	kW	kWh/m ² anno		
0) Edificio esistente	46.921	-	934	28	430,7	108,2	G
1) Rispetto Requisiti minimi							
Cappotto	37.132	21%	740	24	340,6	108,4	F
Cappotto e pavimenti	29.724	37%	592	19	283,5	109,1	E
Cappotto, pavimenti e sottotetto	16.167	66%	322	12	184,6	109,3	D
Cappotto, pavimenti, sottotetto e serramenti	9.942	79%	198	9	140,6	108,8	C
2) Rispetto Accesso incentivi							
Cappotto	36.650	22%	730	23	337,0	108,4	F
Cappotto e pavimenti	28.908	38%	576	18	277,5	109,1	E
Cappotto, pavimenti e sottotetto	15.001	68%	299	12	176,4	109,3	D
Cappotto, pavimenti, sottotetto e serramenti	8.731	81%	174	9	132,4	109,2	C
3) Edificio a basso consumo							
Cappotto, pavimenti e sottotetto	13.571	71%	270	11	166,1	109,3	D
Cappotto, pavimenti, sottotetto, serramenti	7.123	85%	142	8	121,6	109,3	B
Generatore ad almeno 60% energia rinnovabile	7.123	85%	57	8	48,7	109,3	A3

Per meglio comprendere i risultati ottenuti si riporta il grafico della riduzione dei consumi in % rispetto agli interventi e ai livelli (per la zona E ma i risultati sono rappresentativi anche delle altre zone):



E il grafico del consumo in metri cubi di gas (nell'ipotesi di generatore a gas):



5 CONCLUSIONI

Lo studio condotto evidenzia che al fine di assicurare il basso consumo energetico per gli edifici esistenti, gli interventi di isolamento termico dell'involucro opaco sono imprescindibili. I risultati degli incentivi sintetizzati da ENEA riportano come l'intervento più efficace sotto il profilo di risparmio energetico rispetto agli € investiti sia quello dei componenti opachi. Sul territorio nazionale sono ancora tantissimi gli edifici energivori.

Gli interventi di isolamento possono essere realizzati in parete, sulle coperture e sui solai verso terra e verso locali non riscaldati.

Le simulazioni condotte mostrano come i livelli legislativi di isolamento imposti e quelli di accesso agli incentivi possono portare in tutte le zone climatiche ad edifici paragonabili a quelli di nuova costruzione, con riduzione di consumi fino all'80% rispetto a quelli ante operam. Il costo economico del consumo, a questi livelli di isolamento, appare trascurabile, tuttavia non è trascurabile il costo ambientale di produzione di CO₂.

Per questo motivo si può ambire a spingere i livelli di isolamento termico a spessori ancora maggiori raggiungendo valori di trasmittanza termica che si avvicinano al concetto di adiabaticità, e sostituendo il vettore energetico non rinnovabile con energia rinnovabile. Queste azioni sono valorizzate anche in termini di classificazione energetica, basata appunto sul ridotto ricorso all'energia non rinnovabile.

Lo studio ben evidenzia che le ambizioni della Comunità Europea con le indicazioni emerse anche non esplicitamente con la nuova Direttiva EPBD 4, in corso di approvazione, vanno nella giusta direzione: puntare ad avere un parco edilizio efficiente.

CONTATTI

- ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico
Sito web: <https://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

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rapporto CRESME SAIE ENERGIA 2009
- [2] Rapporto annuale detrazioni fiscali 2023 - ENEA
- [3] R. Esposti, G. Galbusera, A. Panzeri, D. Petrone, Guida alla nuova Legge 10. Volume 2, Collana: l'isolamento termico e acustico. Ed. da TEP srl, Marzo 2013
- [4] R. Esposti, G. Galbusera, A. Panzeri e C. Salani, Muffa, condensa e ponti termici. Volume 4, Collana: l'isolamento termico e acustico. 2a Ed. da TEP srl, Gennaio 2014
- [5] M. Borghi, R. Esposti, G. Galbusera, A. Panzeri e D. Petrone, I materiali isolanti. Volume 1, Collana: l'isolamento termico e acustico. Ed. da TEP srl, Seconda Edizione, Gennaio 2013
- [6] UNI EN ISO 13788:2013, Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale – Metodi di calcolo
- [7] UNI/TS 11300 1, 2, 3, 4, 5 e 6 determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale (impianti ed energia rinnovabile)
- [8] Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici. GU n. 162 del 15 luglio 2015

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