CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC

IL SERRAMENTO IN PVC

AMBIENTE E RISPARMIO ENERGETICO

INDICE

1) ANALISI E CONSIDERAZIONI IN MERITO AL DECRETO LEGISLATIVO DI ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2002/91 DL 19/8/2005 N. 192 (G.U. 165 DEL 15/10/2005)

2) SCHEMA DI DECRETO LEGISLATIVO 29/12/2006 N. 311

3) RISPARMIO ENERGETICO E RIDUZIONE DI CO_2 DERIVANTI DALL'UTILIZZO DEI SISTEMI DI OSCURAMENTO ESTERNO

4) LA FINESTRA – Per migliorare l'efficienza energetica degli edifici

5) PrEN 15217

6) ANALISI DI ENERGIA & EMISSIONE DI CO2 – Relativa alla produzione, all'uso e allo smaltimento dei serramenti

7) ANALISI E VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DI FINESTRE IN PVC E IN ALLUMINIO

1) ANALISI E CONSIDERAZIONI IN MERITO AL DECRETO LEGISLATIVO DI ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2002/91 DL 19/8/2005 N. 192 (G.U. 165 DEL 15/10/2005)

INDICE

A. SINTESI DECRETO LEGISLATIVO 19/8/2005 N. 192

B. ANALISI DEGLI ARTICOLI DEL DL 192

C. METODO DI CALCOLO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

D. RIFERIMENTI NORMATIVI

E. ELABORAZIONE DI STANDARD DI QUALITÀ PER GLI EDIFICI AD ALTA QUALITÀ ENERGETICA

F. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

G. IL MERCATO EUROPEO DEL CONSUMO DI ENERGIA

A. SINTESI DECRETO LEGISLATIVO 19/8/2005 N. 192

Si riportano i passi più interessanti del decreto per evidenziarne i momenti di specifico interesse:

Art. 1
Finalità

1. Il presente decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici per limitare le emissioni di gas serra secondo Kyoto e promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

2.…disciplina in particolare:

a) la metodologia per calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
c) i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
e) esperti della certificazione
g) la promozione dell'uso razionale dell'energia…

3. lo Stato, le regioni…avvalendosi di meccanismi di raccordo e cooperazione, predispongono programmi:

a. attuazione omogenea e coordinata della presente norma;
b. sorveglianza dell'attuazione delle norme
d. promozione dell'uso razionale dell'energia

Art. 3
Ambito di intervento

1. Salve le esclusioni di cui al comma 3, il presente decreto si applica agli edifici di nuova costruzione e agli edifici oggetto di ristrutturazione con le modalità e le eccezioni previste ai commi 2 e 3.
2. Nel caso di ristrutturazione di edifici esistenti,e per quanto riguarda i requisiti minimi prestazionali di cui all'articolo 4, è prevista un'applicazione graduale in relazione al tipo di intervento.

a) Una applicazione integrale a tutto l'edificio nel caso di;
1) ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati;
2) demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati;
b) una applicazione limitata al solo ampliamento dell'edificio nel caso che lo stesso ampliamento risulti volumetricamente superiore al 20 per cento dell'intero edificio esistente;
c) una applicazione limitata al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni, nel caso di interventi su edifici esistenti, quali;
1) ristrutturazioni totali o parziali e manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio all'infuori di quanto già previsto alla lettera a), numero 1;

2) nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti;
3) sostituzione di generatori di calore

3. Sono escluse dall'applicazione del presente decreto le seguenti categorie di edifici:
   a) gli immobili ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio;
   b) i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
   c) i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati.

Art. 4

Adozione di criteri generali, di una metodologia di calcolo e requisiti della prestazione energetica

1. entro 120 gg decreti … sono definiti:

A) … le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al contenimento dei consumi di energia e al raggiungimento degli obiettivi di cui all'articolo 1 ..
B) I criteri di prestazione energetica
C) I requisiti dei professionisti

Art. 6

Certificazione energetica degli edifici di nuova costruzione

1. Entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, gli edifici di nuova costruzione sono dotati, al termine della costruzione medesima o in caso di compravendita o locazione ed a cura rispettivamente del costruzione, del venditore o del locatore, di un attestato di certificazione energetica…
2. La certificazione per gli appartamenti di un condominio può fondarsi…:
   a) su una certificazione comune dell'intero edificio…
   b) sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio e della stessa tipologia.
3. Nel caso di compravendita l'attestato di certificazione energetica è consegnato all'acquirente dell'intero immobile o della singola unità immobiliare in originale o copia autenticata.
4. L'attestato relativo alla certificazione energetica ha una validità temporale massima di dieci anni a partire dal suo rilascio, ed è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica dell'edificio o dell'impianto.
5. L'attestato di certificazione energetica comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge e valori di riferimento, che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio ed inoltre i miglioramenti prevedibili per ottenere un minore consumo energetico.

Art. 8

Relazione tecnica, accertamenti e ispezioni

1. La conformità delle opere realizzate, rispetto al progetto e alla relazione tecnica di cui al comma 1, deve essere asseverata tramite perizia giurata del direttore dei lavori, e presentata al Comune di competenza contestualmente alla dichiarazione di fine lavori. Il Comune dichiara irricevibile la dichiarazione di fine lavori se la stessa non è accompagnata dalla perizia giurata del direttore dei lavori.

Art. 11

Fino all'entrata in vigore dei decreti attuativi si applica quanto in vigore per legge 10/91

Art. 15

Sanzioni

1. Il progettista…è punito con la sanzione amministrativa pari al 30 per cento della parcella….
2. …il progettista che rilascia…certificazione energetica non veritieri è punito con la sanzione…pari al 70 per cento della parcella…
3. Il direttore dei lavori che…omette di presentare l'asseverazione di conformità delle opere….è punito con la sanzione..pari al 50 per cento della parcella…
4. Il direttore dei lavori che…attesta falsamente la conformità delle opere…è punito con la reclusione fino a sei mesi o con la multa fino a 500 euro.
5. Il proprietario …che non ottempera a quanto stabilito…è punito con la sanzione…non inferiore a 500 euro e non superiore a 3000 euro.
6. L'operatore incaricato del controllo e manutenzione…è punito con la sanzione non inferiore a 1000 euro e non superiore a 6000 euro.
7. Il costruttore che non consegna al proprietario, contestualmente all'immobile, l'originale della certificazione energetica è punito con la sanzione …non inferiore a 5000 euro e non superiore a 30000 euro.

Art. 16

Abrogazioni e disposizioni finali

1. Sono abrogate le seguenti norme della legge 9 gennaio 1991, n. 10:
    a) l'articolo 4, commi 1 e 2; l'articolo 28, commi 3 e 4; l'articolo 29; l'articolo 30; l'articolo 33, commi 1 e 2; l'articolo 34, comma 3.
2. Sono abrogate le seguenti norme del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412:
    a) l'articolo 5, commi 1, 2 e 4; l'articolo 7, comma 7; l'articolo 8.

ALLEGATO C

REQUISITI DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

1) Fabbisogno di energia primaria

Tab. 1 - Valori limite per il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale per metro quadrato di superficie utile dell'edificio espresso in kWh/m² anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	**Zona climatica**									
	A	**B**		**C**		**D**		**E**		**F**
	fino a 600 GG	a 601 GG	a 900 GG	a 901 GG	a 1400 GG	a 1401 GG	a 2100 GG	a 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3000 GG
≤ 0,2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥ 0,9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

I valori limite riportati in tabella 1 sono espressi in funzione della zona climatica, così come individuata all'articolo 2 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412 e del rapporto di forma dell'edificio S/V, dove:

a) S, espressa in metri quadrati, è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il volume riscaldato V;
b) V è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 – 0,9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella si procede mediante interpolazione lineare.

2) Trasmittanza termica delle strutture verticali opache

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture verticali opache espressa in (W/m²K)		
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 **U** (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2009 **U** (W/m²K)
A	0,85	0,72
B	0,64	0,54
C	0,57	0,46
D	0,50	0,40
E	0,46	0,37
F	0,44	0,35

3) Trasmittanza termica delle strutture orizzontali opache

Tabella 3. Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture orizzontali opache espressa in (W/m²K)		
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 **U** (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2009 **U** (W/m²K)
A	0,80	0,68
B	0,60	0,51
C	0,55	0,44
D	0,46	0,37
E	0,43	0,34
F	0,41	0,33

4) Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in (W/m²K)		
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 **U** (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2009 **U** (W/m²K)
A	5,5	5,0
B	4,0	3,6
C	3,3	3,0
D	3,1	2,8
E	2,8	2,5
F	2,4	2,2

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in (W/m²K)		
Zona climatica	Dall'1 gennaio 2006 **U** (W/m²K)	Dall'1 gennaio 2009 **U** (W/m²K)
A	5,0	5,0
B	4,0	3,0
C	3,0	2,3
D	2,6	2,1
E	2,4	1,9
F	2,3	1,6

ALLEGATO D

PREDISPOSIZIONI PER L'INTEGRAZIONE DI IMPIANTI SOLARI TERMICI E FOTOVOLTAICI NELLE COPERTURE DEGLI EDIFICI PER L'ALLACCIO ALLE RETI DI TELERISCALDAMENTO

2. Deve essere disponibile una superficie della copertura dell'edificio, o di pertinenza dell'edificio, con le seguenti caratteristiche:
   a) orizzontale o esposta verso il quadrante Sud-Est Sud-Ovest per le pareti inclinate;
   b) dimensione pari al 25% della superficie in pianta dell'edificio;
   c) non ombreggiata nei mesi più sfavoriti, gennaio – dicembre, da parti dell'edificio stesso per più del 10% della superficie disponibile.

ALLEGATO E

Relazione tecnica di cui Art. 28 legge 10/91

6. Principali risultati dei calcoli

a) Involucro edilizio e ricambi d'aria

Caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio
Confronto con i valori limite riportati all'articolo 10 del decreto legislativo
Classe di permeabilità all'aria dei serramenti esterni
Vedi allegati alla presente relazione

Attenuazione dei ponti termici (provvedimenti e calcoli)

Numeri di ricambi d'aria (media nelle ore) – specificare per le diverse zone

Portata d'aria di ricambio (G) solo nei casi di ventilazione meccanica controllata m^3/h

Portata dell'aria circolante attraverso apparecchiature di recupero del calore disperso (solo se previste dal progetto) m^3/h

Rendimento termico delle apparecchiature di recupero del calore disperso (solo se previste dal progetto)

c) Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale

Metodo di calcolo utilizzato (indicazione obbligatoria)
Valore di progetto $kW/m^2 \cdot anno$
Confronto con il valore limite riportato all'art. 10 del decreto leg. $kW/m^2 \cdot anno$

8. <u>Documentazione allegata</u>
N. tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche, idrometriche e massa efficace dei componenti opachi dell'involucro edilizio
N. tabelle con indicazione delle caratteristiche termiche dei componenti finestrati dell'involucro edilizio e loro permeabilità all'aria.

10. Dichiarazione di Rispondenza

Il sottoscritto, iscritto a (indicare albo, ordine o collegio professionale di appartenenza, nonché provincia, numero dell'iscrizione) essendo a conoscenza delle sanzioni previste dall'articolo 15, commi 1 e 2, del decreto legislativo di attuazione della direttiva 2002/91/CE

dichiara

sotto la propria personale responsabilità che:

b) il progetto relativo alle opere di cui sopra è rispondente alle prescrizioni contenute del decreto attuativo della direttiva 2002/91/CE;
c) i dati e le informazioni contenuti nella relazione tecnica sono conformi a quanto contenuto o desumibile dagli elaborati progettuali.

ALLEGATO I
Regole valide nel periodo transitorio

1. Nel caso di edifici di nuova costruzione…si procede alla determinazione del fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale espresso in chilowattora per metro quadrato di superficie utile dell'edificio (kWh/m² anno) e alla verifica che lo stesso risulti inferiore ai valori riportati nella tabella 1 al punto 1 dell'allegato C al presente decreto.

2. Nei casi di ristrutturazione o manutenzione straordinaria, previsti all'art. 3, comma 2 lettera c), numero 1, si applica quanto previsto ai commi 6, 7 e 8.

6. Per tutte le categorie di edifici…il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache verticali…deve essere inferiore o uguale a quello riportato nella tabella 2 al punto 2 dell'allegato C al presente decreto.

5. Nei casi previsti al comma 1, se gli edifici e le opere sono progettati e realizzati nel rispetto dei limiti fissati ai commi 6, 7 e 8, e per gli impianti termici è assicurato un rendimento medio stagionale non inferiore al valore riportato al punto 5 dell'allegato C al presente decreto, il calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria può essere omesso, attribuendo all'edificio o porzione interessata il valore limite massimo applicabile al caso specifico ai sensi del comma 1 citato. La medesima semplificazione può essere adottata per edifici realizzati con strutture verticali opache di trasmittanza superiore ai limiti stabiliti al comma 6 fino ad un massimo del 30%, purché si adottino contemporaneamente chiusure trasparenti di trasmittanza inferiore almeno del 30% rispetto ai limiti stabiliti al comma 8.

7. Per tutte le categorie di edifici…il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache orizzontali o inclinate….deve essere inferiore o uguale a quello riportato in tabella 3 al punto 3 dell'allegato C…

8. Per tutte le categorie di edifici…il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure trasparenti, comprensive dell'infisso, deve rispettare i limiti riportati nella tabella 4a, con valore di trasmittanza centrale dei vetri inferiore o uguale ai limiti riportati in tabella 4b, al punto 4 dell'allegato C…

9. Per gli edifici della categoria E1 da realizzarsi in zona climatica C, D, E ed F il valore della trasmittanza (U) del divisorio verticale tra alloggi o unità immobiliari confinanti deve essere inferiore o uguale a 0,8 W/m²K.

10. …si procede alla verifica dell'assenza di condensazioni superficiali e interstiziali delle pareti opache…

11. Per tutte le categorie di edifici…al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, si procede a verificare:

a) …schermatura delle superfici vetrate, esterni o interni, fissi o mobili, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare, e che siano efficaci;
b) che, nelle zone climatiche A, B, C e D nelle località dove il valore medio mensile sia maggiore o uguale a 250 W/m², la massa superficiale M_s delle pareti opache, verticali, orizzontali e inclinate, così come definita all'allegato A comma 18 sia superiore a 230 Kg/m²

…in alternativa, con l'utilizzo di tecnologie e materiali innovativi che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. In tal caso deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione dei materiali che ne attesti l'equivalenza con le soluzioni tradizionali

14. Nel caso di edifici pubblici…è obbligatoria l'installazione di impianti solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria.

…in modo da coprire almeno il 50% del consumo annuo di energia termica…

15. Il progettista dovrà inserire i calcoli e le verifiche previste dal presente allegato nella relazione attestante la rispondenza alle prescrizioni per il contenimento del consumo di energia degli edifici e relativi impianti termici, che, ai sensi dell'art. 28, comma 1 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, il proprietario dell'edificio, o chi ne ha titolo, deve depositare presso le amministrazioni competenti secondo le disposizioni vigenti, in doppia copia, insieme alla denuncia dell'inizio dei lavori relativi alle opere di cui agli articoli 25 e 26 della stessa legge. Schemi e modalità di riferimento per la compilazione delle relazioni tecniche sono riportati nell'allegato E. Ai fini della più estesa applicazione dell'art. 26, comma 7 della legge 9 gennaio 1991, n. 10 negli Enti soggetti all'obbligo di cui all'art. 19 della stessa legge, tale relazione progettuale dovrà essere obbligatoriamente integrata attraverso attestazione di verifica sulla applicazione della norma predetta a tal fine redatta dal Responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia nominato.

16. I calcoli e le verifiche di cui al presente allegato sono eseguiti utilizzando metodi che garantiscano risultati conformi alle migliori regole tecniche. Si considerano rispondenti a tale requisito le norme tecniche vigenti in materia, emanate dagli organismi deputati a livello nazionale e comunitario, quali l'UNI e il CEN, nonché procedure e metodi di calcolo emanate da organismi istituzionali nazionali, quali le università, il CNR e l'ENEA. L'utilizzo di altri metodi è possibile, motivandone l'uso nella relazione tecnica di progetto di cui al comma 15, purché si dimostri che i risultati conseguiti risultino pari o migliori a quelli ottenibili con le norme tecniche emesse dagli organismi precedentemente detti. Il Ministero delle attività produttive e il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti hanno la facoltà di emanare, secondo le rispettive competenze, proprie istruzioni tecniche in materia.

B. ANALISI DEGLI ARTICOLI DEL DL 192

Il 15 ottobre è stato ripubblicato nella G.U. del 15 ottobre (suppl. ordinario n. 165) il testo del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, firmato dal Consiglio dei Ministri nella riunione del 29 luglio, "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia", corredato di relative note.

Definizioni – Art. 2 e Allegato A

Edificio di nuova costruzione: edificio per il quale la richiesta di permesso di costruire o di denuncia di inizio attività, comunque denominato, sia stata presentata successivamente alla data di entrata in vigore del presente decreto.
Fabbisogno annuo di energia primaria: è la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime di attivazione continuo.
Impianto termico: non sono considerati impianti termici apparecchi quali: stufe, caminetti, radiatori individuali, scaldacqua unifamiliari; tali apparecchi sono tuttavia assimilati agli impianti termici quando la somma delle potenze nominali del focolare degli apparecchi al servizio della singola unità immobiliare è maggiore o uguale a 15 kW.
Rendimento globale medio stagionale: rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio (vedi DPR 412).
Superficie utile: superficie netta calpestabile di un edificio.

Ambito di applicazione – Art. 3

Il decreto è da applicarsi per i seguenti interventi:

1) nuova costruzione o ristrutturazione integrale per edifici con S > 1000 m^2 e per ampliamenti volume > 20%;
2) ristrutturazione integrale per edifici con S < 1000 m^2 o ristrutturazione parziale e manutenzione straordinaria dell'involucro indipendentemente dalla superficie;
3) sostituzione o ristrutturazione integrale dell'impianto termico.

Decreti attuativi DPR da emanare (120 gg di concerto) Art. 4

I decreti devono essere emanati entro 120 giorni, su proposta del Ministero delle attività produttive, del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti e dal Ministero dell'ambiente.
Devono contenere le indicazioni circa:

1) i criteri di calcolo e requisiti minimi per gli impianti
2) i criteri generali di prestazione energetica per edilizia convenzionata, pubblica e privata
3) i requisiti professionali e di accreditamento per la certificazione

Certificazione energetica degli edifici Art. 6

La certificazione energetica è obbligatoria a partire da un anno dall'entrata in vigore del decreto e quindi anche il rilascio dell'attestato, redatto secondo i criteri che verranno

indicati dai decreti attuativi. La certificazione avrà validità di 10 anni e dovrà essere aggiornata a seguito di ogni intervento di ristrutturazione.
Targa per edifici pubblici solo con S > 1000 m^2
Valida solo per edifici nuovi e per le grandi ristrutturazioni integrali per edifici S 1000 m^2 , mentre non vale per edifici piccoli.
Semplificazioni: è possibile adottare alloggio tipo per condomini

Esercizio e manutenzione impianti Art. 7

I soggetti responsabili del controllo e manutenzione impianti sono il proprietario, il conduttore, l'amministratore o un terzo per essi.

Progettazione e controlli Art. 8

Il Comune definisce le modalità di controllo entro 5 anni dalla data di fine lavori dichiarata dal committente, volte a verificare la conformità alla documentazione progettuale. I Comuni effettuano le operazioni di controllo e verifica anche su richiesta del committente, dell'acquirente o del conduttore dell'immobile. Il costo degli accertamenti e ispezioni è a carico dei richiedenti.

Norme transitorie Art. 11

Fino all'entrata in vigore dei decreti attuativi (art. 4), il calcolo della prestazione energetica degli edifici nella climatizzazione invernale e, in particolare, del fabbisogno annuo di energia primaria, è disciplinato dalla legge 9 gennaio 1991, n. 10, come modificata dal DLgs 192/05, dalle norme attuative e dalle disposizioni dell'allegato I.

Sanzioni Art. 15

soggetto	omissione	sanzione
Progettista	Relazione tecnica	30% parcella
Progettista	Certificazione	70% parcella + segnalazione ordine
DL	Omesso deposito asservazione	50% parcella
DL	Osservazione falsa	Reclusione 6 mesi o multa 500 euro
Proprietario o conduttore	Norme esercizio impianti	500-3000 euro
Manutentore		1000 – 6000 euro + segnalazione CCIA
Costruttore	Certificazione	5000 – 30000 euro
Proprietario	Certificazione	Contratto nullo
Locatore	Certificazione	Contratto nullo
Il costruttore non ha sanzioni se non rispetta la legge		

Abrogazione Art. 16

Legge 10/91

Art. 4 comma 1 e 2 (decreti requisiti edifici proposti da MLLPP) in riferimento ai decreti attuativi della Legge 10/91 che erano da emanarsi entro 180 gg . Il DLgs 192 infatti indica all'art. 4 i ministeri competenti e i tempi per l'emanazione dei decreti attuativi.

Art. 28 comma 3 e 4 (modalità per la documentazione) relativo alla relazione tecnica da presentare, alle sue modalità e al ruolo dei Comuni; tutti argomenti ridefiniti puntualmente dal DLgs 192.

Art. 29 e 30 (certificazione energetica degli edifici) sostituiti dall'art. 6 del DLgs 192.

Art. 33 comma 1 e 2 (controlli comunali) sostituito dall'art. 8 del DLgs 192.

Art. 34 comma 3 (sanzioni per certificazione) sostituito dall'art. 15 del DLgs 192.

DPR 412

Art. 5 comma 1, 2, 4 (dimensionamento generatore, calcolo del rendimento) sostituito dall'allegato C e 1 dove è definito il FEP lim e il rendimento globale medio stagionale che diventa più restrittivo: da (65 + 3 logPn) a (75 + 3 log Pn).

Art. 7 comma 7 (obbligo termoregolazione quando gli apporti gratuiti solari > 20%) viene sostituito dall'obbligo della termoregolazione ambientale contenuto nell'allegato 1.

Art. 8 (FEN limite) abrogazione calcolo FEN sostituito dalle prescrizioni sul FEP o sulle trasmittanze.

DM 6/8/94 sul recepimento delle norme UNI che ritornano a essere volontarie.

Nell'allegato I al comma 16 si indica che il calcolo e le verifiche sono eseguibili utilizzando metodi che garantiscono risultati conformi alle migliori tecniche.
Si considerano rispondenti a tale requisito le norme tecniche vigenti in materia:

- norme tecniche dell'UNI
- norme tecniche del CEN

e le procedure e i metodi di calcolo emanate da organismi istituzionali nazionali quali:
- università
- CNR
- ENEA

E infine anche altri metodi che dimostrino che i risultati ottenuti siano pari o migliori a quelli ottenibili con i metodi precedentemente elencati.
Anche il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti si riserva di emanare proprie istruzioni tecniche in materia.

Clausola di cedevolezza art. 17

Le norme del DLgs e dei DM attuativi si applicano per le regioni e le province autonome finché non abbiano provveduto al recepimento della direttiva. Il settore dell'energia è infatti

stato delegato alle regioni con la legge Bassanini. Nell'attuare la Direttiva le regioni e le province autonome sono obbligate al rispetto dei vincoli nazionali.

Relazione tecnica - Allegato E

Nell'allegato E sono indicati tutti i dati necessari alla completa stesura della relazione tecnica.

Prescrizioni - Allegato I

	Categoria edifici								
Prescrizioni decreto	E 1	Edifici pubblici	E2	E3	E4	E7	E5	E6	E8
Verifica FEP	Per tutti edifici di nuova costruzione, e per ristrutturazione integrale di edifici con S > 1000 mq								Esclusi se non climatizzati per il benessere
Verifica tabelle U	In alternativa alla verifica FEP								
U divisori verticali (in zona C,D,E,F,)	≤ 0.8								
Verifica assenza di condensa superficiale e interstiziale	Quando non esiste un sistema di controllo dell'umidità relativa, verrà assunta pari a 65% (Tint=20°C)								
Limitare il surriscaldamento estivo e la conseguente climatizzazione	Verifica presenza di elementi di schermatura efficaci. In zona A, B, C e D la massa delle pareti opache verticali, opache e inclinate > 230 Kg/m^2 oppure si possono valutare sistemi equivalenti								
Sistemi di regolazione ambiente	Installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura								
Solare e teleriscaldamento	E' obbligatoria la predisposizione per impianti solari e di teleriscaldamento								
Fonti rinnovabili		Obbligo solare termico per 50% ACS							
Norme	Applicazione norme UNI EN								
Energy Manager	Obbligo di redarre una relazione								

SINTESI ALLEGATO I: AMBITO DI APPLICAZIONE E PRESCRIZIONI

Comma:		Applicazione	Prescrizioni	Pag.
1-1	Edificio di nuova costruzione oppure Art. 3-2-a1) Ristrutturazione integrale dell'involucro di ed. di S utile > 1000 m^2 Art. 3-2-a2) Demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di ed. di S utile > 1000 m^2 Art. 3-2-b) Ampliamento di volume > 20 %	- intero edificio - intero edificio - intero edificio - solo alla porzione di ampliamento	Determinazione del FEP lim e verifica da tabella 1 allegato C	14
1-5	Edificio di nuova costruzione oppure Art. 3-2-a1) Ristrutturazione integrale dell'involucro di ed. di S utile > 1000 m^2 Art. 3-2-a2) Demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di ed. di S utile > 1000 m^2 Art. 3-2-b) Ampliamento di volume > 20 % Esclusi edifici in categoria E.8	- partizioni esterne - partizioni esterne - partizioni esterne - partizioni esterne della porzione di ampliamento	I valori di trasmittanza devono rispettare i limiti delle tabelle 2,3, 4 dell'allegato C Oppure I valori di trasmittanza delle strutture verticali opache devono rispettare i limiti Tabella 2 maggiorazione fino al 30% Tabella 4 con riduzione di almeno 30% E Per gli impianti termici deve essere assicurato il rendimento globale medio stagionale: $\eta g > (75+3\log_{10}Pn)$	14
1-2	Ristrutturazione e manutenzione straordinaria di edifici esistenti Art. 3-2-c1) Ristrutturazioni totali o parziali dell'involucro di edifici di S utile < 1000 m^2 e ristrutturazioni parziali per edifici con S utile > 1000 m^2	- partizioni esterne	I valori di trasmittanza devono rispettare i limiti delle tabelle 2, 3, 4 dell'allegato C	16
1-3	Nuova installazione o ristrutturazione integrale di impianti termici in edifici esistenti Art. 3-2-c2) nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti	- involucro e/o impianto	Determinazione del FEP e verifica dei limiti di tabella 1 allegato C maggiorati del 50%	16
	Se impianto ha una potenza Pn < 100kW	- impianto	- comma 4	16
1-4	Sostituzione di generatore di calore in edifici esistenti Art. 3-2-c3) sostituzione di generatore di calore	- impianto	- generatori marcati 3-4 stelle e certificati (DPR n. 660) - Tm fluido vettore < 60°C - regolazione automatica delle T ambiente	16
1-9	Edifici di nuova costruzione di categorie E1 in zone C, D, E, F	- partizioni interne verticali tra alloggi confinanti	U divisorio ≤ 0,8 W/m^2K	10
1-10	Edifici di nuova costruzione ed	- pareti opache	Assenza di condensazione	10

	oggetto di ristrutturazione di categoria E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7		interstiziale e superficiale con Ti = 20°C e Uri=65% se non sono presenti impianti di controllo UR	
1-11	Edificio di nuova costruzione ed oggetto di ristrutturazione di categoria E1, E2, E3, E4, E7	- sup. vetrate	Verificare la presenza di schermature efficaci	10
	Edifici di nuova costruzione ed oggetto di ristrutturazione di categoria E1, E2, E3, E4, E7 e in zone A, B, C + in località con Ims (max insolazione) > 250 W/m^2	- pareti opache	Massa superficiale Ms > 230 Kg/m^2 Oppure Si possono valutare tecnologie e sistemi equivalenti	
1-13	Edifici pubblici e privati di nuova costruzione ed oggetto di ristrutturazione: Art. 3-2-a1) Ristrutturazione integrale dell'involucro di ed. di S utile > 1000 m^2 Art. 3-2-a2) Demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di ed. di S utile > 1000 m^2	- involucro e impianti	Obbligo a favorire opere atte al collegamento a reti di teleriscaldamento, ad impianti solari termici e impianti fotovoltaici	
1-14	Edifici pubblici e ad uso pubblico di nuova costruzione	- impianti solari	- obbligo di installazione di impianti solari termici per produzione acqua calda sanitaria per il 50%	

C. METODO DI CALCOLO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

1° METODO EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE INTEGRALE DELL'INVOLUCRO O DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE IN MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI EDIFICI DI S UTILE > 1000 m^2
2° METODO RISTRUTTURAZIONI TOTALI O PARZIALI DELL'INVOLUCRO E MANUTENZIONE STRAORDINARIA DI EDIFICI DI S UTILE < 1000 m^2
3° METODO SOSTITUZIONE (NUOVA INSTALLAZIONE) O RISTRUTTURAZIONE INTEGRALE DEGLI IMPIANTI TERMICI
4° ALTERNATIVA AL 3° METODO SOSTITUZIONE (NUOVA INSTALLAZIONE) DI GENERATORE CON IMPIANTO DI POTENZA INFERIORE A 100 KW

1° METODO

Edifici di nuova costruzione, Ristrutturazione integrale dell'involucro o demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edificio di S utile > 1000 m^2.

A) LIMITE SUL FEP:

calcolo del fabbisogno energetico primario per il periodo invernale relativo al solo riscaldamento degli ambienti. Il valore deve risultare minore di quello limite indicato dalla tabella 1 e funzione della tipologia di edificio (S/V) e dalla zona climatica (gg).

Allegato C
Tabella 1: fabbisogno annuo energia primaria invernale per m2 sup. utile: kWh/m2 anno

Zona climatica

S/V										
	A	B		C		D		E		F
	< 600	601	900	901	1400	1401	2100	2101	3000	>3000
< 0.2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
> 0.9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

Il metodo 1 è il solo applicabile nel caso di edifici di categoria E.8 (industriali).

B) METODO TABELLARE (ALTERNATIVO AD "A")

Esonero dal calcolo FEP e impiego dei limiti sulle trasmittanze dei componenti dell'involucro e sul rendimento dell'impianto; attribuzione del valore del FEP limite funzione di S/V e della località.

Allegato C

Tabella 2: U strutture verticali W/m^{2}K			**Tabella 3: U strutture orizzontali W/m^{2}K**		
Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009	Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009
A	0.85	0.72	A	0.80	0.68
B	0.64	0.54	B	0.60	0.51
C	0.57	0.46	C	0.55	0.44
D	0.50	0.40	D	0.46	0.37
E	0.46	0.37	E	0.43	0.34
F	0.44	0.35	F	0.41	0.33
Tabella 4a: U chiusure trasparenti W/m2K			**Tabella 4b: U vetri W/m2K**		
Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009	Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009
A	5.5	5.0	A	5.0	5.0
B	4.0	3.6	B	4.0	3.0
C	3.3	3.0	C	3.0	2.3
D	3.1	2.8	D	2.6	2.1
E	2.8	2.5	E	2.4	1.9
F	2.4	2.2	F	2.3	1.6

Allegato C

Rendimento globale medio stagionale
Rendimento globale medio stagionale minimo > (75+3logPn)%

C) METODO TABELLARE 30% (ALTERNATIVO AD "A" e "B")

Esonero dal calcolo FEP e impiego dei limiti sulle trasmittanze dei componenti dell'involucro e sul rendimento dell'impianto con queste modifiche:

- maggiorazione fino al 30% della trasmittanza dei componenti opachi verticali (tabella 2)
- riduzione corrispondente al 30% della trasmittanza dei componenti finestrati (tabella 4)

Attribuzione del valore del FEP limite funzione di S/V e della località.

Allegato C

zona climatica	Tabella 2: U strutture verticali W/m^{2}K maggiorate del 30%		Tabella 3: U strutture orizzontali W/m^{2}K	
	dal 1° gennaio 2006	dal 1° gennaio 2009	dal 1° gennaio 2006	dal 1° gennaio 2009
A	1.11	0.94	0,8	0,68
B	0.83	0.70	0,6	0,51
C	0.74	0.60	0,55	0,44
D	0.65	0.52	0,46	0,37
E	0.60	0.48	0,43	0,34
F	0.57	0.46	0,41	0,33

Allegato C:

zona climatica	Tabella 4°: U chiusure trasparenti W/m2K ridotte del 30%		Tabella 4b: U vetri W/m^{2}K	
	dal 1° gennaio 2006	dal 1° gennaio 2009	dal 1° gennaio 2006	dal 1° gennaio 2009
A	3,85	3.50	5.0	5.0
B	2.80	2.52	4.0	3.0
C	2.31	2.10	3.0	2.3
D	2.17	1.96	2.6	2.1
E	1.96	1.75	2.4	1.9
F	1.68	1.54	2.3	1.6

Allegato C
Rendimento globale medio stagionale
Rendimento globale medio stagionale minimo > (75+3logPn)%

PONTI TERMICI
Tutti i valori delle tabelle sono riferiti alla condizione di ponte termico corretto:

Allegato A comma	TITOLO	DEFINIZIONE
20	Ponte termico	È la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza agli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro)
21	Ponte termico corretto	È quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente

Nel caso il ponte termico non sia corretto la trasmittanza media della struttura deve essere minore dei valori in tabella.
Sono presenti nel paragrafo 6 i riferimenti normativi per le valutazioni rigorose dei ponti termici.

2° METODO

Ristrutturazione totale o parziale e manutenzione straordinaria dell'involucro di edifici con S utile < 1000 m^2.

Esonero dal calcolo FEP e impiego dei limiti sulle trasmittanze dei componenti dell'involucro e sul rendimento dell'impianto.

Allegato C

Tabella 2: U strutture verticali W/m²K			**Tabella 3: U strutture orizzontali W/m²K**		
Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009	Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009
A	0.85	0.72	A	0.80	0.68
B	0.64	0.54	B	0.60	0.51
C	0.57	0.46	C	0.55	0.44
D	0.50	0.40	D	0.46	0.37
E	0.46	0.37	E	0.43	0.34
F	0.44	0.35	F	0.41	0.33
Tabella 4a: U vetri W/m2K			**Tabella 4b: U vetri W/m2K**		
Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009	Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2009
A	5.5	5.0	A	5.0	5.0
B	4.0	3.6	B	4.0	3.0
C	3.3	3.0	C	3.0	2.3
D	3.1	2.8	D	2.6	2.1
E	2.8	2.5	E	2.4	1.9
F	2.4	2.2	F	2.3	1.6

3° METODO

Sostituzione (nuova installazione) o ristrutturazione integrale di tutti gli impianti termici.

Tabella 1 bis: fabbisogno annuo energia primaria invernale per m^2 sup. utile: kWh/m^2 anno aumentati del 50% rispetto alla tabella 1

Zona climatica

S/V										
	A	B		C		D		E		F
	< 600	601	900	901	1400	1401	2100	2101	3000	>3000
< 0.2	15	15	22.5	22.5	37.5	37.5	60	60	82.5	82.5
> 0.9	67.5	67.5	90	90	127.5	127.5	165	165	217.5	217.5

ALTERNATIVA AL 3° METODO:

Sostituzione (nuova installazione) di generatore con impianto di potenza inferiore a 100 kW

REQUISITI MINIMI GENERATORE	
A)	Generatore a tre o quattro stelle
B)	T fluido termovettore media in condizioni di progetto non superiore a 60°C
C)	Regolazione ambiente
D)	Con potenze nominali ≥35 kW i nuovi generatori installati devono essere superiori al massimo del 10% rispetto a quelli sostituiti

D. RIFERIMENTI NORMATIVI

L'allegato I all'articolo 16 indica che i calcoli e le verifiche sono eseguibili con metodi che garantiscano risultati conformi alle migliori regole tecniche.

Si considerano rispondenti a tale requisito le norme tecniche vigenti in materia:

- norme tecniche dell'UNI
- norme tecniche del CEN

VALUTAZIONI PER IL PERIODO ESTIVO

UNI 10375	Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti
UNI EN ISO 13791	Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Criteri generali e procedure di validazione
UNI EN ISO 13792	Prestazione termica degli edifici – Calcolo della temperatura interna estiva di un locale in assenza di impianti di climatizzazione – Metodi semplificati
UNI EN ISO 13786	Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo

PONTI TERMICI

UNI EN ISO 14683	Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento
UNI EN ISO 10211-1	Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Metodi generali di calcolo
UNI EN ISO 10211-2	Ponti termici in edilizia – Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali - Ponti termici lineari

VERIFICHE CONDENSA

UNI EN ISO 13788	Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per edilizia – Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale – Metodo di calcolo
UNI 10350	Componenti edilizi e strutture edilizie – Prestazioni igrotermiche – Stima della temperatura superficiale interna per evitare umidità critica superficiale e valutazione del rischio di condensazione interstiziale

FABBISOGNO ENERGETICO PRIMARIO

UNI EN 832	Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento – Edifici residenziali
UNI EN ISO 6946	Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo
UNI 10379	Riscaldamento degli edifici – Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato
IMO EM OSP 13790	Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento
UNI 10348	Riscaldamento degli edifici – Rendimenti dei sistemi di riscaldamento – Metodo di calcolo
UNI 10376	Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici
UNI EN ISO 10077-1	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato
UNI EN ISO 10077-2	Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per i telai
UNI 10346	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Scambi di energia termica tra terreno ed edificio – Metodo di calcolo
UNI EN ISO 13370	Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo
UNI 10347	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante – Metodo di calcolo
UNI 10339	Impianti aeraulici ai fini di benessere – Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura
UNI EN 13465	Ventilazione degli edifici – Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali
UNI EN 13779	Ventilazione degli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento
Raccomandazione CTI	Esecuzione della certificazione energetica – Dati relativi all'edificio
Raccomandazione CTI	Raccomandazione per l'utilizzo della norma UNI 10348 ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria e del rendimento degli impianti di riscaldamento e/o …

BANCHE DATI

UNI 10355	Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo
UNI 10351	Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore
UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici
UNI en 12524	Materiali e prodotti per edilizia – Proprietà idrometriche – Valori tabulati di progetto

E. ELABORAZIONE DI STANDARD DI QUALITA' PER GLI EDIFICI AD ALTA QUALITA' ENERGETICA

(Dati da Agenzia Regionale Lombarda)

Si sono considerate quattro tipologie edilizie in ambito lombardo:

- edificio a torre di 8 piani (composto da 32 appartamenti)
- edificio in linea di 4 piani (composto da 16 appartamenti)
- villetta pluri-familiare o a schiera (composta da 6 appartamenti)
- villetta monofamiliare.

È stata definita una classificazione in sette fasce in base al fabbisogno di calore, cioè il calore che deve essere fornito all'ambiente riscaldato per mantenere la temperatura di progetto dello spazio riscaldato. La classificazione rispecchia l'orientamento comunitario prevalente di adottare uno schema già adottato in Austria e dalla Provincia Autonoma di Bolzano per la certificazione "Casa Clima"

Essa prevede le seguenti classi di fabbisogno di calore:

Classe	Fabbisogno di Calore
Classe A	≤ 30 kWh/m^2 anno
Classe B	≤ 50 kWh/m^2 anno
Classe C	≤ 70 kWh/m^2 anno
Classe D	≤ 90 kWh/m^2 anno
Classe E	≤ 120 kWh/m^2 anno
Classe F	≤ 160 kWh/m^2 anno
Classe G	≥ 160 kWh/m^2 anno

Classificazione energetica (fonte Certificazione Casa Clima)

Il fabbisogno di calore nella normativa vigente (UNI 10379 e 10344) viene altresì definito come fabbisogno energetico utile, ovvero la quantità di energia termica richiesta da ogni singola zona termica per garantire le condizioni interne prefissate.

Descrizione degli edifici campione

1 - Edificio a Torre

L'edificio preso in esame è il tipico edifico a torre, con pianta quadrata e composto da otto piani fuori terra e tre piani interrati adibiti ad uso di box e cantine; ogni piano è suddiviso in quattro appartamenti con superficie lorda media di circa 126 [m^2].

Le caratteristiche geometriche dell'edificio campione si possono così riassumere:

volume lordo riscaldato: 13.321 [m^3];

superficie esterna che delimita il volume:4.325 [m^2];

superficie vetrata: 415 [m^2];

rapporto superficie / volume:0,32 [m^{-1}];

superficie netta riscaldata: 3.431 [m^2];

superficie copertura: 505 [m^2]

2 - Edificio in linea

L'edificio preso in esame è un tipico edifico in linea con pianta rettangolare ed è composto da tre piani fuori terra e un piano interrato adibito a box e cantine; ogni piano è suddiviso in quattro appartamenti, con una superficie media di circa 102 [m^2].

Le caratteristiche geometriche dell'edificio campione si possono così riassumere:

volume lordo riscaldato: 5.755 [m^3];

superficie esterna che delimita il volume:2.932 [m^2];

superficie vetrata: 270 [m^2];

rapporto superficie/volume:0,51 [m^{-1}];

superficie netta riscaldata: 1.631 [m^2];

superficie copertura: 480 [m^2].

3 - Villette a schiera

L'edificio preso in esame è il tipico edifico residenziale ed è composto da sei villette monofamiliari. Ogni villetta è suddivisa in tre livelli così composti: un piano interrato, in cui sono ubicati una taverna ed un box. La superficie media riscaldata è di circa 143 [m^2].

Le caratteristiche geometriche dell'edificio campione si possono così riassumere:

volume lordo riscaldato: 3.238 [m^3];

superficie esterna che delimita il volume:2.093 [m^2];

superficie vetrata: 66 [m^2]

rapporto Superficie/Volume:0,65 [m^{-1}];

superficie netta riscaldata: 863 [m^2];

superficie copertura: 484 [m^2].

4 - Villetta monofamiliare

L'edificio preso in esame è un tipico edifico residenziale ed è rappresentato da una villetta monofamiliare, composta da un piano interrato, in cui sono ubicati una taverna ed un box, e da due piani fuori terra per un totale di 185 [m^2].

Le caratteristiche geometriche dell'edificio campione si possono così riassumere:

volume lordo riscaldato: 588 [m^3];

superficie esterna che delimita il volume:437 [m^2];

superficie vetrata: 16 [m^2];

rapporto superficie/volume: 0,78 [m^{-1}];

superficie netta riscaldata: 149 [m^2];

superficie copertura: 81 [m^2].

Metodologia di confronto

La valutazione degli edifici è stata articolata in due fasi.
La prima fase ha riguardato la costruzione del caso base per le quattro tipologie edilizie sopra descritte.
L'edificio a torre e quello in linea presentano una struttura a pilastri in c.a. e tamponamenti in mattoni forati 12+8 [cm], con intercapedine d'aria ed EPS. Le coperture sono composte da una soletta mista da 16 [cm] in laterizio e nervatura in c.a. Le struttura della villetta a schiera e della villetta singola sono in mattoni pieni faccia a vista con EPS. I tetti sono a falda su una soletta da 20+6 [cm]. I serramenti usati nel caso base per ciascuna struttura sono in legno e vetro camera 4-12-4. In Tabella viene riportato, per ognuno dei quattro casi in esame, il rapporto S/V ed il fabbisogno energetico calcolato e corrispondente al rispetto dei minimi di legge.

Tipologia Edilizia	S/V [m^{-1}]
Villetta	0,78
Villetta a Schiera	0,65
Edificio in Linea	0,51
Edificio a Torre	0,32

Questi quattro edifici sono stati valutati in base al solo fabbisogno di calore riferito all'involucro, per classificarli in base alla tabella CasaClima. La villetta monofamiliare e la villetta schiera risultano essere in Classe F, mentre l'edificio a torre e l'edificio in linea rientrano nella Classe E.

Tipologia Edilizia	S/V [m^{-1}]	Fabbisogno di calore involucro [kWh/m^2anno]	Classe Energetica
Villetta	0,78	144.87	F
Villetta a Schiera	0,65	132.37	F
Edificio in Linea	0,51	101.59	E
Edificio a Torre	0,32	90.53	E

Fabbisogno di calore dell'involucro

La seconda fase dell'analisi è consistita nell'analizzare interventi sull'involucro edilizio, che permettessero un miglioramento del comportamento termofisico degli edifici in esame, e di valutare il miglioramento del valore del fabbisogno di calore dell'involucro. Gli interventi simulati sono inerenti all'isolamento delle pareti e alle superfici vetrate. Partendo dalle strutture sopra descritte nelle varie tipologie edilizie, sono state adottate le correzioni sotto elencate, in base all'obiettivo che si voleva perseguire, ovvero alla classe di efficienza energetica che si voleva raggiungere:

- inserimento dell'isolamento termico in sostituzione dell'intercapedine d'aria;
- aumento dello spessore dell'isolante;
- sostituzione dell'isolante con un altro tipo con prestazioni termiche migliori;
- sostituzione dei componenti vetrati con vetri camera e telai più efficienti.

Valutazione tecnica ed economica degli interventi

Come già introdotto in precedenza, viene considerato il fabbisogno di calore, come definito dalla EN832, cioè il calore che deve essere fornito all'ambiente riscaldato per mantenere la temperatura di progetto dello spazio riscaldato:

$$Q_h = Q_l - \eta \ * Q_g$$

dove

Ql: l'energia scambiata per dispersione termica, comprensiva delle perdite per conduzione e ventilazione,

η: fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti,

Qg: apporto totale di calore, dato dalla somma degli apporti di calore interni e di quelli solari.

1 - Edificio a Torre

L'edificio ha un fabbisogno di calore pari a 90,53 [kWh/m^{2}anno], corrispondente alla Classe E.
L'analisi economica considera i costi aggiuntivi relativi ai diversi interventi necessari per raggiungere le Classi obiettivo, partendo dalla situazione di base.

Interventi per raggiungere la Classe B

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe E con un fabbisogno di calore pari a 90,5 [kWh/m^2 anno] alla Classe B con un fabbisogno di calore di 40,3 [kWh/m^2 anno], con un risparmio di 50,2 [kWh/m^2 anno] pari al 55,5%.
Gli interventi che si sono resi necessari sono costituiti dall'aumento dello spessore di polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] in varie parti della struttura e dall'installazione di vetro camera 4-12-4 con gas inerte e serramento con telaio in PVC.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe E	Classe B
Pilastro	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,78	0,49
	Spessore Isolante (cm)	0	6
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,92	0,34
	Spessore Isolante (cm)	1,5	9
Muratura Vano Scale	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,07	0,49
	Spessore Isolante (cm)	1,5	6
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,61	0,48
	Spessore Isolante (cm)	0	6
Copertura piana	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,23	0,48
	Spessore Isolante (cm)	1	6
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,35
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera con gas inerte (4-12-4)

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe B

Interventi per raggiungere la Classe A

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe E con un fabbisogno di calore pari a 90,5 [kWh/m^2 anno] alla Classe A con un fabbisogno di calore di 23,1 [kWh/m^2 anno], con un risparmio di 67,5 [kWh/m^2 anno] pari al 74,5%.
Gli interventi che si sono resi necessari sono costituiti dalla sostituzione del polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] con il EPS a caratteristiche migliorate in varie parti della struttura e dall'installazione di vetro camera 4-12-4 con telaio in PVC e gas inerte.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe E	Classe A
Pilastro	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,78	0,49
	Spessore Isolante (cm)	0	16
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,92	0,34
	Spessore Isolante (cm)	1,5	16
Muratura Vano Scale	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,07	0,49
	Spessore Isolante (cm)	1,5	16
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,61	0,48
	Spessore Isolante (cm)	0	16
Copertura piana	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,23	0,48
	Spessore Isolante (cm)	1	16
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,18
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe A

2 - Edifici in Linea

L'edificio descritto ha un fabbisogno di calore pari a 101,6 [kWh/m^2 anno] corrispondente ad una Classe E.
L'analisi economica considera i costi aggiuntivi relativi ai diversi interventi necessari per raggiungere le Classi obiettivo, partendo dalla situazione di base.

Interventi per raggiungere la Classe B

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe E con un fabbisogno di calore pari a 101,6 [kWh/m^2 anno] alla Classe B con un fabbisogno di calore di 40,4 [kWh/m^2 anno], ottenendo quindi un risparmio di 61,2 [kWh/m^2 anno] pari al 60,3%.
È stato necessario aumentare lo spessore del polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] in varie parti della struttura e installare i vetro camera 4-12-4 con gas inerte e telaio in PVC.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe E	Classe B
Pilastro	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,81	0,67
	Spessore Isolante (cm)	3	4
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,2	0,27
	Spessore Isolante (cm)	0,5	12
Muratura Vano Scale	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,64	0,36
	Spessore Isolante (cm)	4	9
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,63	0,40
	Spessore Isolante (cm)	4	6

Copertura piana	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,64	0,36
	Spessore Isolante (cm)	4	9
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	Telaio legno vetro	Telaio PVC vetro
	Tipologia serramento	3.02 Camera (4-12-4)	1.35 Camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe B

Interventi per raggiungere la Classe A

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe E con un fabbisogno di calore pari a 101,6 [kWh/m^2 anno] alla Classe A con un fabbisogno di calore di 22,6 [kWh/m^2 anno], ottenendo un risparmio di 79 [kWh/m^2 anno] pari al 77,8%. Si è agito sui seguenti parametri:

- sostituzione del polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] con Polistirene sinterizzato con caratteristiche migliorate;
- installazione vetro camera 4-12-4 con gas inerte e telaio in PVC.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe E	Classe A
Pilastro	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,81	0,2
	Spessore Isolante (cm)	3	16
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,2	0,19
	Spessore Isolante (cm)	0,5	16
Muratura Vano Scale	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,64	0,2
	Spessore Isolante (cm)	4	16
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,63	0,2
	Spessore Isolante (cm)	4	16

Copertura piana	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,64	0,2
	Spessore Isolante (cm)	4	16
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,18
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe A

3 - Villette a Schiera

L'edificio descritto ha un fabbisogno di calore pari a 132,4 [kWh/m^2 anno] corrispondente ad una Classe F.
L'analisi economica considera i costi aggiuntivi relativi ai diversi interventi necessari per raggiungere le Classi obiettivo, partendo dalla situazione di base.
Interventi per raggiungere la Classe B

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe F con un fabbisogno di calore pari a 132,4 [kWh/m^2 anno] alla Classe B con un fabbisogno di calore di 41,5 [kWh/m^2 anno], ottenendo un risparmio di 90,9 [kWh/m^2 anno] pari al 68,7%.

Si è agito sui seguenti parametri:

- sostituzione del polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] in vari punti della struttura con EPS migliorato;
- installazione vetro camera 4-12-4 con gas inerti e telaio in PVC

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe F	Classe B
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,99	0,20
	Spessore Isolante (cm)	2	16
Tetto a Falda	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,85	0,20
	Spessore Isolante (cm)	2	16
Parete verso box cantinato	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,79	0,22
	Spessore Isolante (cm)	0	14
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,03	0,22
	Spessore Isolante (cm)	1	16

Parete verso Terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,75	0,20
	Spessore Isolante (cm)	2	16
Basamento su terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,27	0,92
	Spessore Isolante (cm)	1	2
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,29
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe B

Interventi per raggiungere la Classe A

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe D con un fabbisogno di calore pari a 132,4 [kWh/m^2 anno] alla Classe A con un fabbisogno di calore di 26,2 [kWh/m^2 anno], generando un risparmio di 106,2 [kWh/m^2 anno] pari al 80,2%. Si è agito sui seguenti parametri:

- sostituzione del polistirene espanso sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] in varie parti della struttura con EPS migliorato;
- installazione vetro camera 4-12-4 con gas inerti e telaio in PVC.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe D	Classe A
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,99	0,12
	Spessore Isolante (cm)	2	28
Tetto a Falda	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,85	0,12
	Spessore Isolante (cm)	2	28
Parete verso box cantinato	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,79	0,15
	Spessore Isolante (cm)	0	22
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,03	0,13
	Spessore Isolante (cm)	1	26
Parete verso Terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,75	0,13
	Spessore Isolante (cm)	2	26

Basamento su terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,27	0,61
	Spessore Isolante (cm)	1	4
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,13
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe A

4 - Villetta monofamiliare

L'edificio descritto ha un fabbisogno di calore pari a 144,9 [kWh/m^2 anno] corrispondente ad una Classe F. L'analisi economica considera i costi aggiuntivi relativi ai diversi interventi necessari per raggiungere le Classi obiettivo, partendo dalla situazione di base.

Interventi per raggiungere la Classe B

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe F con un fabbisogno di calore pari a 144,9 [kWh/m^2 anno] alla Classe B con un fabbisogno di calore di 41,8 [kWh/m^2 anno], con un risparmio di 103,1 [kWh/m^2 anno] pari al 71,1%. Si è agito sui seguenti parametri:

- sostituzione del Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] con EPS migliorato;
- installazione vetro camera 4-12-4 con gas inerte e telaio in PVC.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe F	Classe B
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,99	0,20
	Spessore Isolante (cm)	2	16
Tetto a Falda	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,7	0,22
	Spessore Isolante (cm)	3	14
Parete verso box cantinato	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,79	0,26
	Spessore Isolante (cm)	0	12
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,82	0,25
	Spessore Isolante (cm)	2	12

Parete verso Terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,75	0,20
	Spessore Isolante (cm)	2	16
Basamento su terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,81	0,25
	Spessore Isolante (cm)	2	12
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,29
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe B

Interventi per raggiungere la Classe A

Nella tabella sono elencati gli interventi che sono stati effettuati per passare dalla Classe F con un fabbisogno di calore pari a 144,9 [kWh/m^2 anno] alla Classe A con un fabbisogno di calore di 27,1 [kWh/m^2 anno], con un risparmio di 117,8 [kWh/m^2 anno] pari al 81,3%. Si è agito sui seguenti parametri:

- sostituzione del Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) da 25 [kg/m^3] con EPS migliorato;
- installazione vetro camera 4-12-4 con gas inerte.

Tipologia di Tamponamenti			
Subsistemi edilizi		Classe F	Classe A
Muratura Esterna	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,99	0,15
	Spessore Isolante (cm)	2	26
Tetto a Falda	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,7	0,14
	Spessore Isolante (cm)	3	24
Parete verso box cantinato	Trasmittanza [W/m^{2}K]	1,79	0,26
	Spessore Isolante (cm)	0	12
Basamento su Box e cantine	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,82	0,19
	Spessore Isolante (cm)	2	16
Parete verso Terreno	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,75	0,15
	Spessore Isolante (cm)	2	22
Basamento su	Trasmittanza [W/m^{2}K]	0,81	0,19

terreno	Spessore Isolante (cm)	2	20
Serramenti	Trasmittanza [W/m^{2}K]	3,02	1,13
	Tipologia serramento	Telaio legno vetro camera (4-12-4)	Telaio PVC vetro camera (4-12-4) con gas inerte

Interventi effettuati per il raggiungimento della Classe A

Valutazione dei risparmi di combustibile

Sono stati considerati i due combustibili più utilizzati nel settore residenziale: il gas metano (con un potere calorifico inferiore PCI di 8.250 [kcal/Nm^3]) e il gasolio (con un potere calorifico inferiore PCI di 10.200 [kcal/kg]). Per poter calcolare i consumi di combustibile si è ipotizzato un rendimento medio stagionale dell'impianto di 0,7, che è dato dal rapporto tra il fabbisogno di calore stagionale ed il fabbisogno di energia primaria nel periodo di riscaldamento:

$$\eta_{g,s} = \frac{1}{Q_s} \sum_{k=i}^{f} \sum_{j=i}^{z} (Q_{hvs})_{j,k}$$

dove:

- i è il mese iniziale del periodo di riscaldamento,
- f è il mese finale del periodo di riscaldamento,
- z è il numero delle zone costituenti l'edificio,
- Q_{hvs} è il fabbisogno energetico utile di ogni singola zona nel mese j-esimo,
- Q_S è il fabbisogno di energia primaria nel periodo di riscaldamento.

Di seguito vengono riportate le tabelle riassuntive dei principali indicatori energetici e relativi consumi di combustibile per ciascuna tipologia edilizia.

Edificio a torre

Classe	Fabbisogno di calore	Fabbisogno energia per riscaldamento	Risparmio di gas metano	Risparmio di gasolio
	[kWh/m^{2}anno]	[kWh/m^2 anno]	[m^3/ m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]
E	90,5	129,3	-	-
D	80,1	114,5	1,55	1,25

C	61,7	88,1	4,29	3,47
B	40,3	57,5	7,48	6,05
A	23,1	32,9	10,05	8,13

Tabella riassuntiva fabbisogni termici e risparmio di combustibile – edificio a torre

Edificio in linea

Classe	Fabbisogno di calore	Fabbisogno energia per riscaldamento	Risparmio di gas metano	Risparmio di gasolio
	[kWh/m^{2}anno]	[kWh/m^{2}anno]	[m^3/ m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]
E	101,6	145,1	-	-
D	80,3	114,8	3,16	1,92
C	60,4	86,3	3,14	3,72
B	40,4	57,7	9,12	5,53
A	22,6	32,3	11,76	7,14

Tabella riassuntiva fabbisogni termici e risparmio di combustibile – edificio in linea

Villetta a schiera

Classe	Fabbisogno di calore	Fabbisogno energia per riscaldamento	Risparmio di gas metano	Risparmio di gasolio
	[kWh/m^2 anno]	[kWh/m^2 anno]	[m^3/ m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]
F	132,4	189,1	-	-
E	104,4	149,1	2,08	2,53
D	80,6	115,2	3,85	4,68
C	55,9	79,9	5,69	6,91
B	41,3	59,0	6,78	8,23
A	26,2	37,4	7,91	9,59

Tabella riassuntiva fabbisogni termici e risparmio di combustibile – villetta a schiera

Villetta monofamiliare

Classe	Fabbisogno di calore	Fabbisogno energia per riscaldamento	Risparmio di gas metano	Risparmio di gasolio
	[kWh/m^2 anno]	[kWh/m^2 anno]	[m^3/ m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]
F	114,9	207,0	-	-
E	99,9	142,8	3,35	4,06
D	80,6	115,1	4,79	5,81
C	62,5	89,3	6,13	7,44
B	41,8	59,7	7,67	9,31
A	27,1	38,7	8,77	10,64

Tabella riassuntiva fabbisogni termici e risparmio di combustibile – villetta monofamiliare

Analisi ambientale

Di seguito sono riportate le emissioni evitate (cioè non immesse in atmosfera) grazie all'efficienza energetica, per ciascuna classe e tipologia edilizia.

Di seguito vengono riportate le tabelle riassuntive dei principali indicatori energetici e delle rispettive emissioni evitate, in quanto diminuendo il fabbisogno di energia diminuisce la quantità di CO_2 che viene immessa in atmosfera.

Questa analisi è stata svolta sia per combustibile gassoso (metano) con un valore di riferimento pari a 2410 kg di [CO_2/tep] e combustibile liquido (gasolio), avente un valore di riferimento di 3107 kg di [CO_2/tep].

Edificio a torre

Classe	Fabbisogno energia per riscaldamento	Emissioni evitate di CO_2 con gas metano	Emissioni evitate di CO_2 con gasolio
	[kWh/m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]	[kg/m^2 anno]
E	129,3	-	-
D	114,5	2,2	2,8
C	88,1	6,0	7,7

B	57,5	10,4	13,4
A	32,9	14,0	18,0

Emissioni di CO_2 evitate, Edificio a torre nelle varie classi di efficienza

Edificio in linea

Classe	Fabbisogno energia per riscaldamento	Emissioni evitate di CO_2 con gas metano	Emissioni evitate di CO_2 con gasolio
	[kWh/m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]	[kg/m^2 anno]
E	145,1	-	-
D	114,8	4,4	5,7
C	86,3	8,5	11,0
B	57,7	12,7	16,4
A	32,3	16,4	21,1

Emissioni di CO_2 evitate, Edificio in linea nelle varie classi di efficienza

Villetta a schiera

Classe	Fabbisogno energia per riscaldamento	Emissioni evitate di CO_2 con gas metano	Emissioni evitate di CO_2 con gasolio
	[kWh/m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]	[kg/m^2 anno]
F	189,1	-	-
E	149,1	5,8	7,5
D	115,2	10,7	13,8
C	79,9	15,8	20,4
B	59,0	18,9	24,3
A	37,4	22,0	28,4

Emissioni di CO_2 evitate, Villetta a schiera nelle varie classi di efficienza

Villetta monofamiliare

Classe	Fabbisogno energia per riscaldamento	Emissioni evitate di CO_2 con gas metano	Emissioni evitate di CO_2 con gasolio
	[kWh/m^{2}anno]	[kg/ m^{2}anno]	[kg/m^2 anno]
F	207,0	-	-
E	142,8	9,3	12,0
D	115,1	13,3	17,2
C	89,3	17,1	22,0
B	59,7	21,4	27,5
A	38,7	24,4	31,5

Emissioni di CO_2 evitate, Villetta monofamiliare nelle varie classi di efficienza

F. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A) Certificazione energetica
È evidente che l'utente finale sarà consapevole che quanto consuma è dipendente dalle prestazioni tecniche dell'involucro dell'edificio e da rendimento degli impianti in esso installato. Modificare/sostituire un elemento significherà variare i consumi e quindi i costi relativi. Produrre durante l'atto di compravendita il certificato è sicuramente un modo nuovo di rendere l'utente obbligatoriamente consapevole di cosa stia acquistando. Rappresenta certamente un modo nuovo di vendere edifici. Ovvero: classe A saranno i più ricercati e più valorizzati, classe G avranno valori inferiori. Un edificio con serramenti ad elevata prestazione termica e magari con sistemi ventilazioni interattive potranno essere posti sul mercato con evidenti benefici per l'utente e sicuramente a costi superiori.

B) Prestazioni energetiche componenti
L'allegato C della bozza di decreto riporta i valori di U per pareti finestre e vetri. Il confronto con quanto riportato nella norma 10077 – 1 è immediato.
Serramenti realizzati con telai a trasmittanza termica elevata saranno penalizzati anche se ammessi in zone climatiche più favorevoli. Vetri semplici e vetri doppi normali sono certamente considerati componenti di basso profilo

C) Esposizione, ombreggiature
L'esposizione dell'edificio permetterà di contabilizzare guadagni gratuiti sino ad oggi non ipotizzati.
Le ombreggiature saranno vitali per una gestione integrata estiva – invernale dell'impianto. Faranno tendenza i sistemi a ombreggiamento variabile.

D) Aerazione
Un elemento considerato addizionale ma di importanza strategica è l'aerazione combinata finestra – cassonetto sia di tipo attivo che passivo.

E) Sistemi di oscuramento
Combinazioni di oscuranti con variazione del grado di ombreggiamento sono da considerare in modo positivo alla gestione energetica dell'edificio.

F) Energie alternative
La creazione di elementi oscuranti/ombreggianti che abbiano anche elementi per la fornitura di energia alternativa è di certo componente di interesse.

G) Pareti e facciate continue
Le facciate continue telaio/vetro sono di difficile contemplazione in edifici di classe energetica elevata. Le facciate saranno studiate per ottenere valore di trasmittanza termica apparente almeno pari a quelle opache con sistemi termodinamici.

H) Pareti combinate
Elementi modulari che permettano di combinare una parte opaca e serramenti molto isolati con sistemi di aerazione e controllo della radiazione solare entrante potranno essere l'indirizzo di un modo diverso per produrre ed integrare funzioni oggi lasciate in gestione al singolo progettista ed al singolo utente.

I) Nel transitorio si applicano i seguenti metodi di verifica

Edifici nuovi:

- calcolare il FEP effettivo dell'edificio e confronto con il limite tab. 1/all. C;
- prendo come effettivo il FEP da tab. 1/all. C e applico i valori di U tab. 2/3/4;
- è possibile ridurre del 30% U finestre e compensare con U pareti e viceversa.

Ristrutturazioni:

- applicare limiti di U da tab. 2/3/4 all.C.

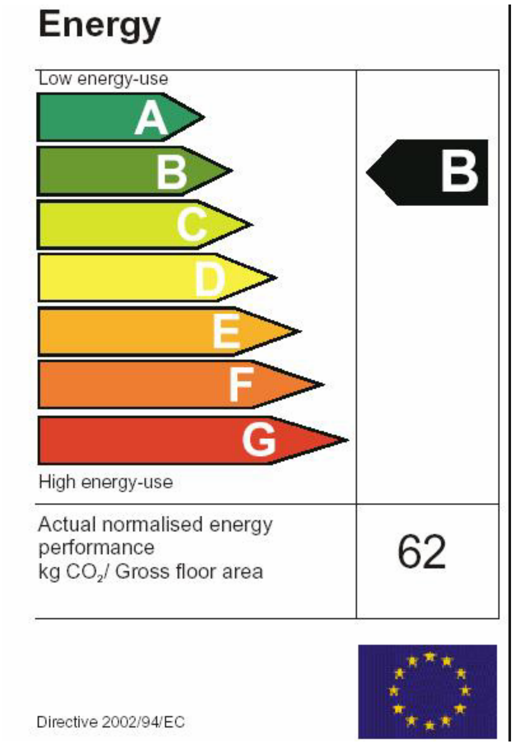
L) Verifiche imposte:

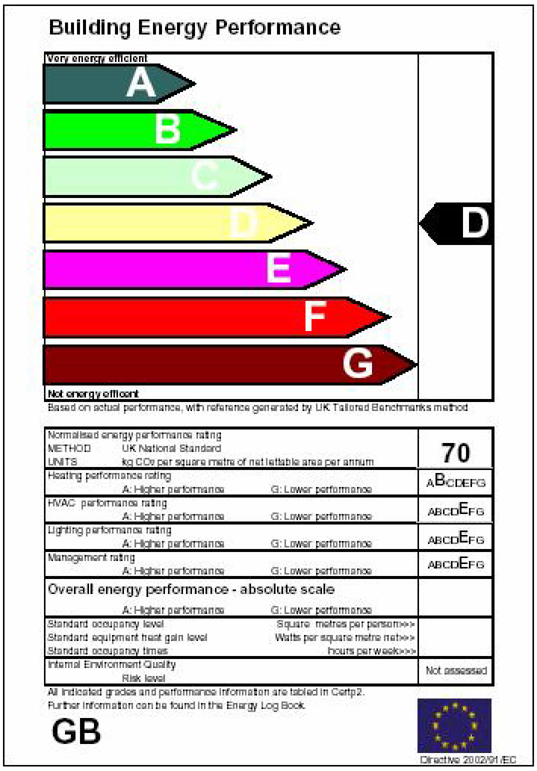
- FED
- U
- condensa superficiale ed interna
- adottare schemi per radiazione solare
- massa superficiale >230 kg/m² per tutte le superfici esterne in zone A,B,C,D oppure si possono applicare nuove tecnologie da dimostrarne l'efficacia.

M) LA LEGGE 10/91
Ed i suoi decreti attuativi sono abrogati dalla data in vigore del DL 192 che è stabilita in…

ESEMPIO DI ETICHETTA

Si riportano, per esempio, due modalità di etichettatura energetica dell'edificio, facendo riferimento a nazioni europee che hanno attuato la certificazione energetica ormai da alcuni anni.


Energy
Low energy-use
A
B
C
D
E
F
G
B
High energy-use
Actual normalised energy performance
kg CO2/ Gross floor area
62
Directive 2002/94/EC


Building Energy Performance
Very energy efficient
A
B
C
D
E
F
G
D
Not energy efficient
Based on actual performance, with reference generated by UK Tailored Benchmarks method
Normalised energy performance rating
METHOD UK National Standard
UNITS kg CO2 per square metre of net lettable area per annum
70
Heating performance rating
A: Higher performance G: Lower performance
ABCDEFG
HVAC performance rating
A: Higher performance G: Lower performance
ABCDEFG
Lighting performance rating
A: Higher performance G: Lower performance
ABCDEFG
Management rating
A: Higher performance G: Lower performance
ABCDEFG
Overall energy performance - absolute scale
A: Higher performance G: Lower performance
Standard occupancy level Square metres per person>>>
Standard equipment heat gain level Watts per square metre net>>>
Standard occupancy times hours per week>>>
Internal Environment Quality
Risk level
Not assessed
All indicated grades and performance information are tabled in Certp2.
Further information can be found in the Energy Log Book.
GB
Directive 2002/91/EC

G. IL MERCATO EUROPEO DEL CONSUMO DI ENERGIA:

CONSUMO DI ENERGIA PER AMBIENTI RISCALDATI IN FUNZIONE DELLA SUPERFICIE E DEI GRADI GIORNO

	Media superficiale per appartamento (m^2)	Appartamenti	Area totale (m^2)	Gradi giorno	KWh/m^2	KWh/m^2/gradi giorno
Denmark	107.6	2,437,000	262,221,200	3,310	138	0.042
Finland	78.2	2,224,000	173,916,800	4,336	206	0.048
France	86	27,713,000	2,383,318,000	2,232	154	0.069
Germany	78	36,938,000	2,881,164,000	2,871	202	0.070
Ireland	97	1,123,000	108,931,000	2,454	173	0.070
Italy	96.1	20,360,000	1,956,596,000	1,687	105	0.062
Netherlands	105	6,530,000	685,650,000	2,947	122	0.041
Sweden	90	4,888,000	439,920,000	3,725	141	0.038
UK	85	23,833,000	2,025,805,000	2,517	127	0.050

2) SCHEMA DI DECRETO LEGISLATIVO 29/12/2006 N. 311

DECRETO LEGISLATIVO N. 311

DECRETO LEGISLATIVO 29 dicembre 2006, n.311

Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Si riportano i passi più interessanti del decreto per evidenziarne i momenti di specifico interesse:

Art. 1
Finalità

2. Il presente decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici per limitare le emissioni di gas serra secondo Kyoto e promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico.

2.…disciplina in particolare:

a) la metodologia per calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
b) l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici;
c) i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
e) esperti della certificazione
h) la promozione dell'uso razionale dell'energia…

3. lo Stato, le regioni…avvalendosi di meccanismi di raccordo e cooperazione, predispongono programmi:

a. attuazione omogenea e coordinata della presente norma;
b. sorveglianza dell'attuazione delle norme
d. promozione dell'uso razionale dell'energia

Art. 3
Ambito di intervento

4. Salve le esclusioni di cui al comma 3, il presente decreto si applica :

a) alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti con le modalita' e le eccezioni previste ai commi 2 e 3;

b) all'esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti, secondo quanto previsto agli articoli 7, 9 e 12;
c) alla certificazione energetica degli edifici, secondo quanto previsto all'articolo 6.»;

5. Nel caso di ristrutturazione di edifici esistenti,e per quanto riguarda i requisiti minimi prestazionali di cui all'articolo 4, è prevista un'applicazione graduale in relazione al tipo di intervento.

a) Una applicazione integrale a tutto l'edificio nel caso di;
3) ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati;
4) demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati;
b) una applicazione INTEGRALE MAX limitata al solo ampliamento dell'edificio nel caso che lo stesso ampliamento risulti volumetricamente superiore al 20 per cento dell'intero edificio esistente;
c) una applicazione limitata al rispetto di specifici parametri, livelli prestazionali e prescrizioni, nel caso di interventi su edifici esistenti, quali;
4) ristrutturazioni totali o parziali e manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio E AMPLIAMENTI VOLUMETRICI all'infuori di quanto già previsto alla lettera a), e b).
5) nuova installazione di impianti termici in edifici esistenti o ristrutturazione degli stessi impianti;
6) sostituzione di generatori di calore

6. Sono escluse dall'applicazione del presente decreto le seguenti categorie di edifici ED IMPIANTI

a) gli immobili ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c) del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio; NEL CASO IN CUI IMPLICHEREBBE ALTERAZIONI INACCETTABILI DI ASPETTO.
b) i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
c) i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati.

c-bis) gli impianti installati per usi industriali e civili.

Art. 4

Adozione di criteri generali, di una metodologia di calcolo e requisiti della prestazione energetica

2. entro 120 gg decreti … sono definiti:

D) … le metodologie di calcolo e i requisiti minimi finalizzati al contenimento dei consumi di energia e al raggiungimento degli obiettivi di cui all'articolo 1 ..
E) I criteri di prestazione energetica
F) I requisiti dei professionisti

Art. 6

Certificazione energetica degli edifici (di ~~nuova costruzione~~)

4. Entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, gli edifici di nuova costruzione sono dotati, al termine della costruzione medesima o in caso di compravendita o locazione ed a cura rispettivamente del costruzione, del venditore o del locatore, di un attestato di certificazione energetica…

1-bis. Le disposizioni del presente articolo si applicano agli edifici che non ricadono nel campo di applicazione del comma 1 con la seguente gradualita' temporale e con onere a carico del venditore o, con riferimento al comma 4, del locatore:
a) a decorrere dal 1° luglio 2007, agli edifici di superficie utile superiore a 1000 metri quadrati, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile;
b) a decorrere dal 1° luglio 2008, agli edifici di superficie utile fino a 1000 metri quadrati, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile con l'esclusione delle singole unita' immobiliari;
c) a decorrere dal 1° luglio 2009 alle singole unita' immobiliari, nel caso di trasferimento a titolo oneroso.

1-ter. A decorrere dal 1° gennaio 2007, l'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unita' immobiliare interessata, conforme a quanto specificato al comma 6, e' necessario per accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi natura, sia come sgravi fiscali o contributi a carico di fondi pubblici o della generalita' degli utenti, finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'unita' immobiliare, dell'edificio o degli impianti. Sono in ogni caso fatti salvi i diritti acquisiti ed il legittimo affidamento in relazione ad iniziative gia' formalmente avviate a realizzazione o notificate all'amministrazione competente, per le quali non necessita il preventivo assenso o concessione da parte della medesima.
1-quater. A decorrere dal 1° luglio 2007, tutti i contratti, nuovi o rinnovati, relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici, o nei quali figura comunque come committente un soggetto pubblico, debbono prevedere la predisposizione dell'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unita' immobiliare interessati entro i primi sei mesi di vigenza contrattuale, con predisposizione ed esposizione al pubblico della targa energetica.

5. La certificazione per gli appartamenti di un condominio può fondarsi…:
   a) su una certificazione comune dell'intero edificio…
   b) sulla valutazione di un altro appartamento rappresentativo dello stesso condominio e della stessa tipologia.

2-bis. Salvo quanto previsto dall'art. 8, comma 2, l'attestato di qualificazione energetica puo' essere predisposto a cura dell'interessato, al fine di semplificare il rilascio della certificazione energetica, come precisato al comma 2 dell'allegato A.

3. Nel caso di trasferimento a titolo oneroso di interi immobili o di singole unita' immobiliari gia' dotati di attestato di certificazione energetica in base ai commi 1, 1-bis, 1-ter e 1-quater, detto attestato e' allegato all'atto di trasferimento a titolo oneroso, in originale o copia autenticata.
4. Nel caso di locazione di interi immobili o di singole unita' immobiliari gia' dotati di attestato di certificazione energetica in base ai commi 1, 1-bis, 1-ter e 1-quater, detto attestato e' messo a disposizione del conduttore o ad esso consegnato in copia dichiarata dal proprietario conforme all'originale in suo possesso.

4. L'attestato di certificazione energetica comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge e valori di riferimento, che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio ed inoltre i miglioramenti prevedibili per ottenere un minore consumo energetico.

Art. 8

Relazione tecnica, accertamenti e ispezioni

2. La conformità delle opere realizzate, rispetto al progetto e alla relazione tecnica di cui al comma 1, deve essere asseverata tramite perizia giurata del direttore dei lavori SENZA ALCUN ONERE AGGIUNTO PER IL COMMITTENTE, e presentata al Comune di competenza contestualmente alla dichiarazione di fine lavori. Il Comune dichiara irricevibile la dichiarazione di fine lavori se la stessa non è accompagnata dalla perizia giurata del direttore dei lavori.

Art. 11

Fino all'entrata in vigore DELLE LINEE GUIDA, LA QUALIFICAZIONE SOSTITUISCE LA CERTIFICAZIONE.

Art. 15

Sanzioni

9. Il PROFESSIONISTA QUALIFICATO è punito con la sanzione amministrativa pari al 30 per cento della parcella….
10. …il progettista che rilascia…certificazione energetica non veritieri è punito con la sanzione…pari al 70 per cento della parcella…
11. Il direttore dei lavori che…omette di presentare l'asseverazione di conformità delle opere….è punito con la sanzione..pari al 50 per cento della parcella…
12. Il direttore dei lavori che…attesta falsamente la conformità delle opere…è punito con la reclusione fino a sei mesi o con la multa fino a 5000 euro.
13. Il proprietario …che non ottempera a quanto stabilito…è punito con la sanzione…non inferiore a 500 euro e non superiore a 3000 euro.
14. L'operatore incaricato del controllo e manutenzione…è punito con la sanzione non inferiore a 1000 euro e non superiore a 6000 euro.
15. Il costruttore che non consegna al proprietario, contestualmente all'immobile, l'originale della certificazione energetica è punito con la sanzione …non inferiore a 5000 euro e non superiore a 30000 euro.

Art. 16

Abrogazioni e disposizioni finali

3. Sono abrogate le seguenti norme della legge 9 gennaio 1991, n. 10:
   a) l'articolo 4, commi 1 e 2 E 4 ; l'articolo 28, commi 3 e 4; l'articolo 29; l'articolo 30; ARTICOLO 31 COMMA 2, l'articolo 33, commi 1 e 2; l'articolo 34, comma 3.

1 BIS – DECISIONI CONDOMINIALI A MAGGIORANZA SEMPLICE

4. Sono abrogate le seguenti norme del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412:
   a) l'articolo 5, commi 1, 2 e 4; l'articolo 7, comma 7; l'articolo 8.

Gli allegati A C E F G H I L

sono sostituiti dagli allegati del DL 311

Allegato D è abrogato (integrazione pannelli solari)

CONSIDERAZIONI

1. Attestato qualificazione predisposto e assicurato da professionista abilitato. Non necessariamente estraneo alla proprietà, alla progettazione o realizzazione;

2. indice di prestazione energetica per climatizzazione invernale = EP_i ;

3. mantenimento tabella vetri;

4. nel transitorio verifica di:
   - EPi
   - Rendimento
   - Verifica u
   - Verifica ponti termici;

5. La struttura separazione u = 0,8;

6. verifica condense superficiali interstazionali;

7. schermature obbligatorie;

8. ad esclusione zona F I = 290 W/m^2
   M = 230 Kg/m^2

   In alternativa = tecniche che permettano di contenere oscillazioni di temperatura ambienti;

9. solare 50 % acqua calda sanitaria
   max 20% centri storici;

10. utilizzo delle norme UNI - CEN

3) RISPARMIO ENERGETICO E RIDUZIONE DI CO_2 DERIVANTI DALL'UTILIZZO DEI SISTEMI DI OSCURAMENTO ESTERNO

Fonte: Physibel/Maldegen (B)
Dicembre 2005

INTRODUZIONE

Gli oscuranti esterni riducono la richiesta di energia in due modi:

- inverno: mediante la resistenza termica aggiuntiva aumenta l'isolamento termico (oscuranti in posizione chiusa);
- estate: mediante la riduzione della radiazione solare incidente.

L'energia consumata e la relativa CO_2 emessa sono quantificate mediante sistemi di modellazione e di simulazione che vengono eseguite con l'ausilio delle norme ISO disponibili mediante i programmi CAPSOL/PHYSIBEL/2002.

PARAMETRI PER LA SIMULAZIONE

Ogni edificio rappresenta un caso unico da analizzare singolarmente, ma gli effetti dei sistemi oscuranti possono essere considerati di generale applicazione considerando variabili solo i parametri di influenza macroscopica:

1) stanza di dimensioni 5 x5x 3 m
   2 differenti situazioni: Fig. 1

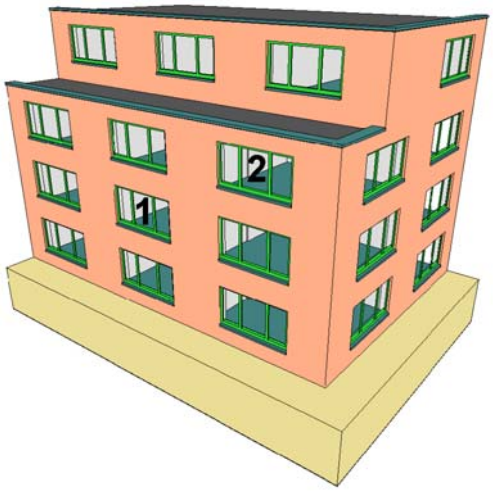


Fig. 1

B1: stanza con 1 facciata esterna, 3 pareti interne, pavimento e soffitto
B2: stanza con 2 facciate esterne, 2 pareti interne, pavimento e soffitto.
L'edificio è considerato realizzato con materiali tradizionali con caratteristiche da fig. 2.
Finestre = 4.5 m² (18% dell'area del pavimento)

cavity_wall_1.CWT

side1 => side2

No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τs [-]	side 1 s1ir [-]	side 1 ρ1s [-]	side 1 α1s [-]	side 2 s2ir [-]	side 2 ρ2s [-]	side 2 α2s [-]
1	brickwork_1800	NORMAL		0.09	0.900	0.100	1800	850	-	-	0	0.90	0.40	0.60	0.00	0.00	1.00
2	insulation	NORMAL		0.06	0.035	1.714	40	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	brickwork_1200	NORMAL		0.14	0.450	0.311	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
4	gypsum layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30

dtot=0.305 m, Rtot=2.155 m²K/W — with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=0.43 W/m²K , g=0.00

half_wall_1.CWT

side1 => side2

No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τs [-]	side 1 s1ir [-]	side 1 ρ1s [-]	side 1 α1s [-]	side 2 s2ir [-]	side 2 ρ2s [-]	side 2 α2s [-]
1	gypsum layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.90	0.70	0.30	0.00	0.00	1.00
2	brickwork_1200	NORMAL		0.07	0.450	0.156	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.00	1.00

dtot=0.085 m, Rtot=0.186 m²K/W — with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=2.81 W/m²K , g=0.00

flat_roof_1.CWT

side1 => side2

No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τs [-]	side 1 s1ir [-]	side 1 ρ1s [-]	side 1 α1s [-]	side 2 s2ir [-]	side 2 ρ2s [-]	side 2 α2s [-]
1	bitumen	NORMAL		0.015	0.200	0.075	1000	1700	-	-	0	0.90	0.10	0.90	0.00	0.00	1.00
2	insulation	NORMAL		0.06	0.035	1.714	40	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	concrete_1600	NORMAL		0.05	0.850	0.059	1600	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
4	vaults	NORMAL		0.14	0.450	0.311	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
5	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30

dtot=0.280 m, Rtot=2.189 m²K/W — with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=0.42 W/m²K , g=0.00

half_floor_1.CWT

side1 => side2

No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τs [-]	side 1 s1ir [-]	side 1 ρ1s [-]	side 1 α1s [-]	side 2 s2ir [-]	side 2 ρ2s [-]	side 2 α2s [-]
1	hard limestone	NORMAL		0.015	2.100	0.007	2350	840	-	-	0	0.90	0.40	0.60	0.00	0.00	1.00
2	concrete_1600	NORMAL		0.05	0.850	0.059	1600	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	vaults	NORMAL		0.04	0.450	0.089	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00

dtot=0.105 m, Rtot=0.155 m²K/W — with [h'=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=3.08 W/m²K , g=0.00

half_ceiling_1.CWT

side1 => side2

No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τs [-]	side 1 s1ir [-]	side 1 ρ1s [-]	side 1 α1s [-]	side 2 s2ir [-]	side 2 ρ2s [-]	side 2 α2s [-]
1	vaults	NORMAL		0.1	0.450	0.222	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
2	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30

dtot=0.115 m, Rtot=0.252 m²K/W — with [h'=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=2.37 W/m²K , g=0.00

Fig. 2

2) Previsti due orientamenti:
   SW: 1° facciata NW: 2° facciata
   NE: 1 facciata SE: 2° facciata

3) Due profili di utilizzo di consumo energetico:
   u1 = 5 w/m² 8:00 ÷ 22:00 residenziale
   u2 = 25 w/m² 9:00 ÷ 18:00 ufficio

4) 2 Profili finestra:
   W1 per U = 2,6 W/m²K fattore solare g= 0,63
   W2 per U = 1,8 W/m²K fattore solare g= 0,63

5) 2 tipi di protezione esterna oscurante
   BH: con elevata permeabilità aria
   BL: con bassa permeabilità aria
   (Permeabilità aria oscuranti secondo EN 10077 – 1)

6) 2 posizioni di oscurante
   BE: esterna (persiane o avvolgibili)
   BI: interna (tende)
   Tab. 1 riporta i valori di U e g con i due differenti tipi di oscuranti.

Transparent wall file name	**thermal transmittance U**	**solar factor g**	layer	thickness	thermal conductivity	thermal resistance	density	specific heat	side 1 longwave emissivity	side 2 longwave emissivity	solar transmission factor	side 1 solar reflection factor	side 2 solar reflection factor
	[W/m2K]	**[-]**		[m]	[W/mK]	[m2K/W]	[kg/m3]	[J/kgK]	[-]	[-]	[-]		
Window_U2p6_g63_int_lowpb_up.CWT	**2.60**	**0.63**	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_int_lowpb_down.CWT	**1.64**	**0.28**	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
			cavity R 0.14	0.1		0.14	1.2	1005					
			blind R 0.08	0.02	0.25	0.08	500	1470	0.9	0.9	0.001	0.5	0.499
Window_U2p6_g63_int_highp_up.CWT	**2.60**	**0.63**	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_int_highp_down.CWT	**2.07**	**0.31**	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
			cavity R 0.09	0.05		0.09	1.2	1005					
			blind R 0.01	0.001	0.2	0.01	500	1470	0.9	0.9	0.1	0.5	0.499
Window_U2p6_g63_ext_lowpb_up.CWT	**2.60**	**0.63**	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_ext_lowpb_down.CWT	**1.64**	**0.07**	blind R 0.08	0.02	0.25	0.08	500	1470	0.9	0.9	0.001	0.5	0.499
			cavity R 0.14	0.1		0.14	1.2	1005					
			eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_ext_highp_up.CWT	**2.60**	**0.63**	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_ext_highp_down.CWT	**2.07**	**0.11**	blind R 0.01	0.001	0.2	0.01	500	1470	0.9	0.9	0.1	0.5	0.499
			cavity R 0.09	0.05		0.09	1.2	1005					
			eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_int_lowpb_up.CWT	**1.80**	**0.63**	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_int_lowpb_down.CWT	**1.28**	**0.31**	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
			cavity R 0.14	0.1		0.14	1.2	1005					
			blind R 0.08	0.02	0.25	0.08	500	1470	0.9	0.9	0.001	0.5	0.499
Window_U1p8_g63_int_highp_up.CWT	**1.80**	**0.63**	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_int_highp_down.CWT	**1.53**	**0.34**	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
			cavity R 0.09	0.05		0.09	1.2	1005					
			blind R 0.01	0.001	0.2	0.01	500	1470	0.9	0.9	0.1	0.5	0.499
Window_U1p8_g63_ext_lowpb_up.CWT	**1.80**	**0.63**	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_ext_lowpb_down.CWT	**1.28**	**0.05**	blind R 0.08	0.02	0.25	0.08	500	1470	0.9	0.9	0.001	0.5	0.499
			cavity R 0.14	0.1		0.14	1.2	1005					
			eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_ext_highp_up.CWT	**1.80**	**0.63**	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_ext_highp_down.CWT	**1.53**	**0.10**	blind R 0.01	0.001	0.2	0.01	500	1470	0.9	0.9	0.1	0.5	0.499
			cavity R 0.09	0.05		0.09	1.2	1005					
			eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32

Tab. 1

Il valore di trasmittanza termica con oscurante chiuso è derivata da:

$$U_{ws} = \frac{1}{1/U_w + \Delta R}$$

Uw = trasmittanza termica serramento
ΔR = resistenza addizionale con i seguenti valori:

ΔR = 0,08 m²K/W persiane con permeabilità aria molto elevata
ΔR = 0,40 m²K/W avvolgibile con permeabilità aria bassa

7) Vengono considerati in 4 climi differenti:

BRU = Brussels
BUD = Budapest
ROM = Roma
STO = Stoccolma

Temperatura e radiazione solare sono riportati in fig. 4 e 5.

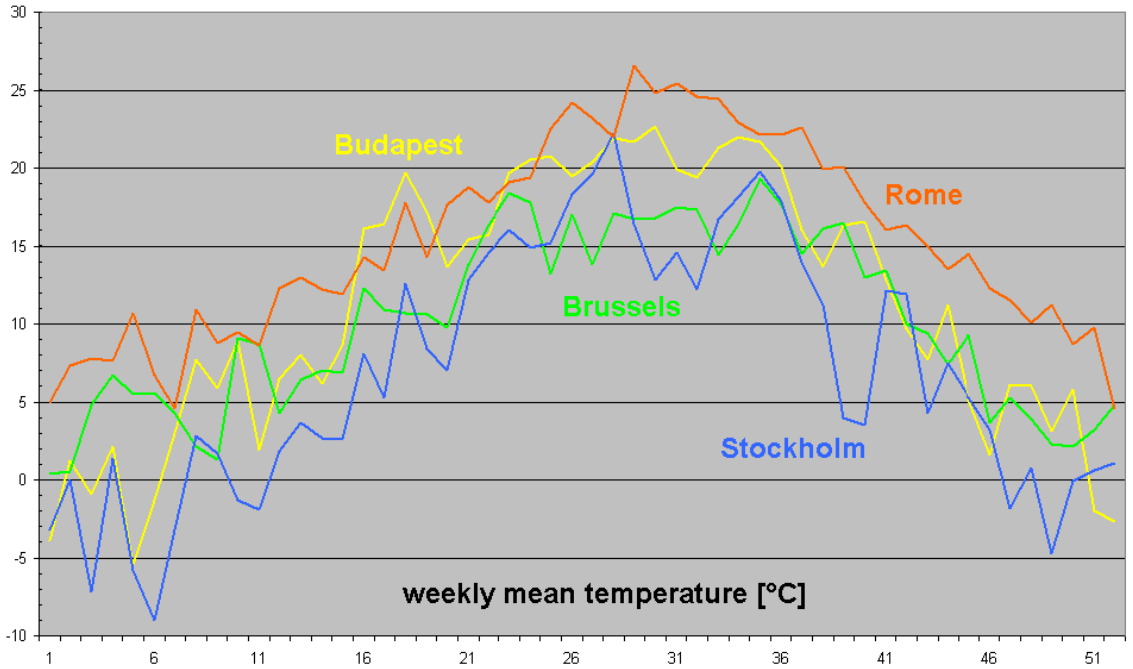


Fig. 4

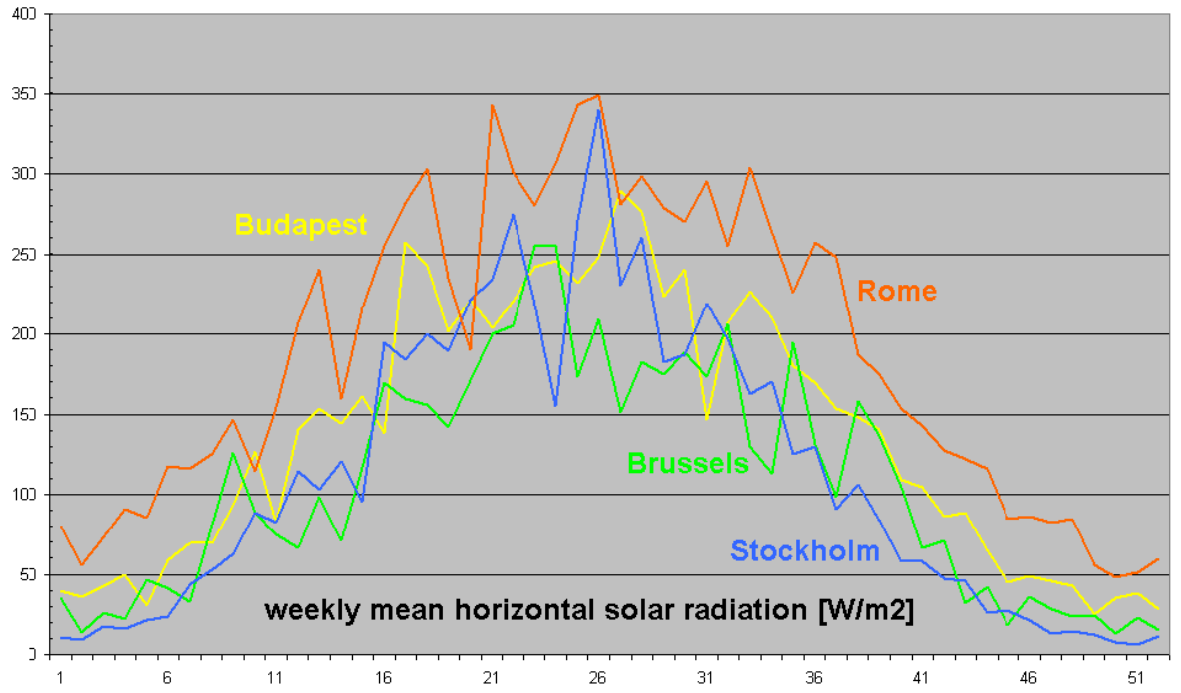


Fig. 5

8) Controllo della temperatura
   Per realizzare il comfort termico all'interno degli edifici è necessario realizzare un opportuno controllo della temperatura mediante riscaldamento, raffreddamento e ventilazione degli ambienti.
   20 °C inverno – 10 °C inverno periodi di non utilizzo locali
   24 °C estate – 30 °C estate periodi di non utilizzo locali

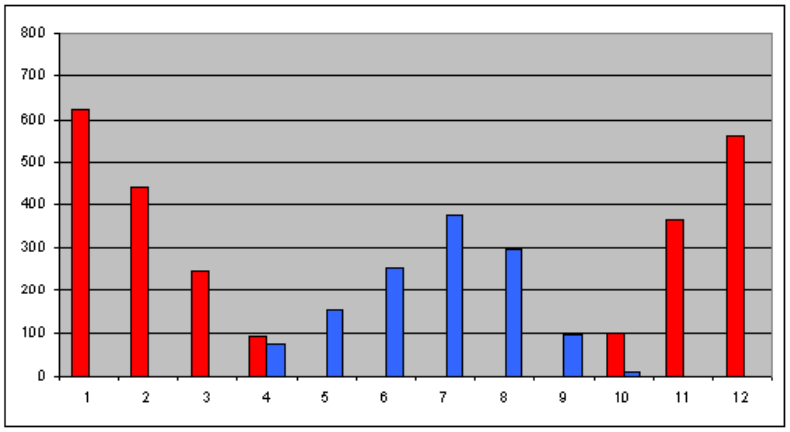
RISULTATI OTTENUTI

La simulazione dell'energia richiesta per climatizzare la camera ipotizzata nel periodo invernale ed estivo viene calcolata per le seguenti combinazioni possibili:

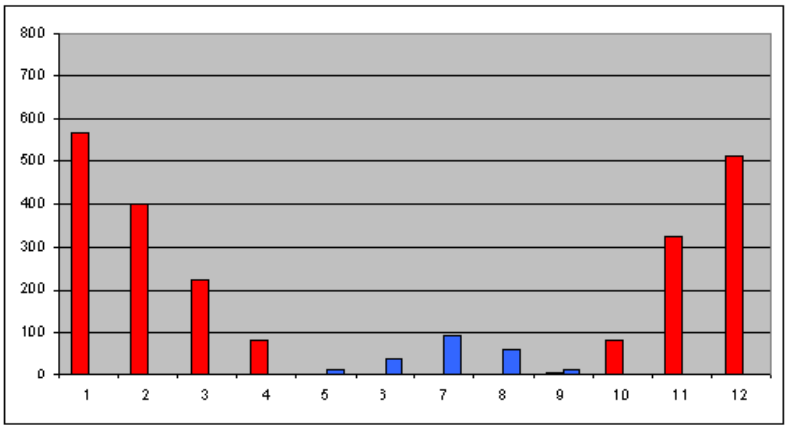
2 stanze
2 orientamenti
2 profili di utilizzo
2 serramenti
2 tipologie oscuranti
2 posizioni oscuranti
4 climi

2x2x2x2x2x2x4 = 256 combinazioni

Un esempio può essere rappresentato per evidenziare i risultati:



Senza oscuranti



CON OSCURANTI

Fig. 8 - **Richiesta di energia media mensile riscaldamento / raffreddamento in KWH per il caso B1/SW/U1/W2/BH/BE/BRU**

La **tab. 3** riporta le energie richieste per 24 casi analizzati evidenziando:
1 – energia richiesta senza oscurante (KWh/a)
2 – energia richiesta con oscurante (KWh/a)
3 – Δ energia 1-2
4 – Δ energia 1-2 in %
5 – Δ energia 1-2 al m² per stanza 25 m² (KWh/m²a)

Simulation	Euilding type	Mean Orientation	User Profile	Window type	Elind type	Elind position	CLimate	Heating energy demand without blinds [kWh/year]	Heating energy demand with blinds [kWh/year]	Heating energy demand difference [kWh/year]	Heating energy demand difference [%]	Heating energy demand difference [kWh/m2.year]	Cooling energy demand without blinds [kWh/year]	Cooling energy demand with blinds [kWh/year]	Cooling energy demand difference [kWh/year]	Cooling energy demand difference [%]	Cooling energy demand difference [kWh/m2.year]
1	B1	SW	U1	W1	BL	BE	BRU	1401	1256	-146	-10	**-6**	220	7	-214	-97	**-9**
2	B2	SW	U1	W1	BL	BE	BRU	2522	2257	-265	-10	**-11**	421	24	-397	-94	**-16**
3	B2	SW	U1	W1	BL	BE	BUD	2428	2190	-238	-10	**-10**	1259	225	-1033	-82	**-41**
4	B2	SW	U1	W1	BL	BE	ROM	854	717	-138	-16	**-6**	1663	630	-1033	-62	**-41**
5	B2	SW	U1	W1	BL	BE	STO	3754	3426	-328	-9	**-13**	704	79	-624	-89	**-25**
6	B2	NE	U1	W1	BL	BE	BRU	2519	2244	-275	-11	**-11**	393	30	-363	-92	**-15**
7	B1	NE	U1	W1	BL	BE	BRU	1683	1521	-161	-10	**-6**	61	11	-50	-82	**-2**
8	B1	NE	U1	W1	BL	BE	ROM	742	647	-95	-13	**-4**	889	317	-571	-64	**-23**
9	B1	SW	U2	W1	BL	BE	BRU	726	638	-88	-12	**-4**	483	145	-338	-70	**-14**
10	B2	SW	U2	W1	BL	BE	BRU	1418	1280	-138	-10	**-6**	601	198	-403	-67	**-16**
11	B1	SW	U1	W1	BH	BE	BRU	1402	1409	8	1	**0**	221	12	-208	-94	**-8**
12	B1	SW	U1	W2	BL	BE	BRU	1176	1101	-76	-6	**-3**	244	7	-237	-97	**-9**
13	B1	SW	U1	W2	BH	BE	BRU	1176	1140	-37	-3	**-1**	244	12	-232	-95	**-9**
14	B2	SW	U1	W2	BL	BI	BRU	2118	1962	-156	-7	**-6**	464	217	-246	-53	**-10**
15	B2	SW	U1	W1	BL	BI	BRU	2535	2262	-273	-11	**-11**	412	164	-248	-60	**-10**
16	B2	SW	U1	W1	BL	BI	BUD	2406	2152	-253	-11	**-10**	1244	645	-600	-48	**-24**
17	B2	SW	U1	W1	BL	BI	ROM	860	714	-146	-17	**-6**	1645	1036	-610	-37	**-24**
18	B2	SW	U1	W1	BL	BI	STO	3814	3456	-358	-9	**-14**	699	321	-378	-54	**-15**
19	B2	NE	U1	W2	BL	BI	BRU	2119	1957	-162	-8	**-6**	441	177	-265	-60	**-11**
20	B2	SW	U2	W1	BH	BE	BRU	1419	1437	19	1	**1**	603	237	-366	-61	**-15**
21	B1	SW	U2	W2	BH	BI	ROM	82	90	7	9	**0**	1428	1091	-337	-24	**-13**
22	B1	SW	U2	W2	BH	BI	STO	1126	1139	13	1	**1**	640	412	-228	-36	**-9**
23	B1	NE	U2	W2	BH	BI	ROM	247	247	0	0	**0**	1231	984	-246	-20	**-10**
24	B1	NE	U2	W2	BH	BI	STO	1410	1410	0	0	**0**	303	254	-49	-16	**-2**

Tab. 3

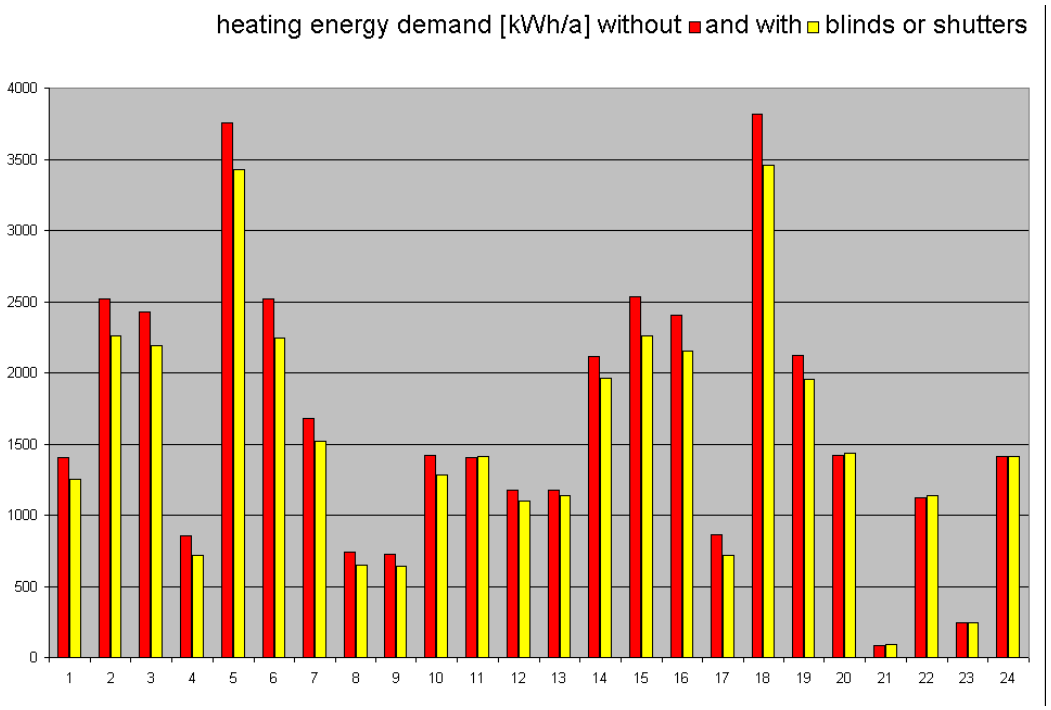


Fig. 11 – Domanda di energia per riscaldamento

con oscurante senza oscurante

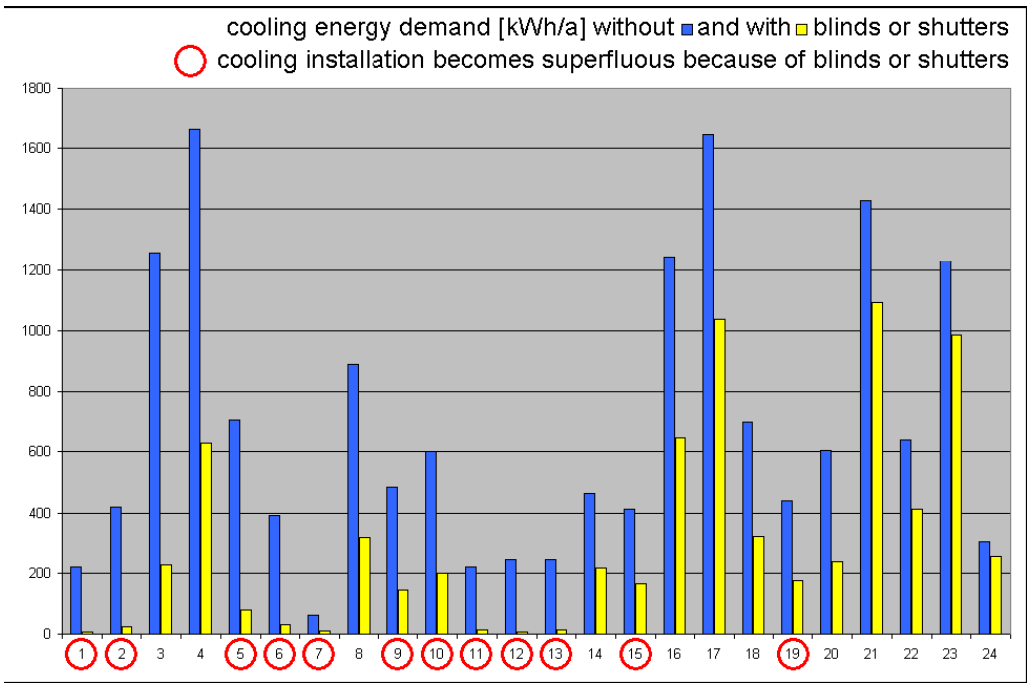


Fig. 12 - Domanda di energia per raffreddamento

con oscurante senza oscurante

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La fig. 12 evidenzia l'aspetto positivo della presenza di oscuranti nel raffrescamento: in 12 casi su 24 la richiesta di condizionamento è talmente piccola che permette di non accendere l'impianto di condizionamento.

Il contributo degli oscuranti nel periodo invernale può essere quantificato nella riduzione del 10% di energia richiesta per riscaldamento.

I maggiori effetti nel condizionamento sono per esposizione a SW a Roma e a Budapest mediante l'uso di oscuranti esterni con diminuzione di circa 40 KWh/m² anno. Effetti minori ma sempre considerevoli vengono ottenuti anche in esposizione NW.

Il valore della trasmittanza termica del serramento non è influente sull'efficacia degli oscuranti esterni sia nel periodo estivo sia invernale, ovvero gli oscuranti esterni producono sempre un effetto positivo.

L'utilizzo di oscuranti esterni, nel clima medio italiano, permette di ottenere una riduzione globale dell'energia del:

10% inverno
30% estate

con una riduzione globale di CO_2 per m² di pavimento di:
31 Mt/a inverno
80 Mt/a estate

4) LA FINESTRA
PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI

LA FINESTRA:
COMPONENTE CHIAVE PER MIGLIORARE L'EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI EDIFICI.

Il mercato europeo del serramento 2006 è suddiviso in modo da ottenere la suddivisione secondo il materiale utilizzato per realizzare il telaio fisso e mobile:

45% PVC
28% legno
25% alluminio

Il mercato del serramento in PVC nelle principali nazioni è il seguente:

80% Inghilterra
50% Germania/Francia/Austria
22% Spagna/Turchia
15% Italia

Mercato europeo serramenti 2006:

82 milioni di finestre/anno

(valore espresso in WU = windows unit pari a 1,3 x 1,3 = 1,69 m²)

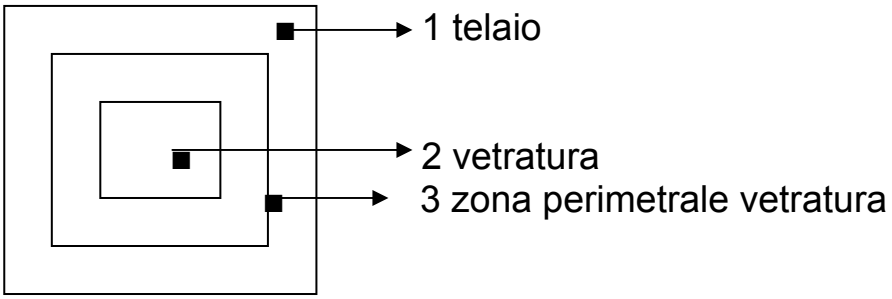
Sostituire i serramenti esistenti in Europa di bassa efficienza con elevata efficienza energetica si otterrebbe un risparmio (stima):

40.000 milioni Kwh risparmiati
8,60 milioni tonnellate di CO_2 risparmiate

Studio condotto da Istituto Hermes per Eppa e PVCplus.

1) FINESTRE E ISOLAMENTO TERMICO

La norma europea EN 10077 – 1 definisce i parametri necessari per il calcolo della trasmittanza termica di un componente quale il serramento:



mediante la relazione:

$U_w = (A_f U_f + A_g U_g + l_g \Psi_g)/A_w$

U_w = trasmittanza termica finestra (W/m²K)
A_f = superficie visibile telaio incluso spessori "disperdenti" (m²)
U_f = trasmittanza termica telaio (W/m²K)
A_g = superficie visibile della vetratura (m²)
U_g = trasmittanza termica vetratura (W/m²K)
l_g = perimetro della vetratura (m)
Ψ_g = trasmittanza termica lineare del perimetro vetratura (W/mK)
A_w = area totale serramento (m²)

Un interessante esercizio di verifica di quanto incide la trasmittanza termica del telaio rispetto al vetro in funzione della superficie dell'intera finestra è la seguente:

Dimensione (mm)	**Area** (m²)	**Rapporto in % telaio/vetro**	**Perimetro vetro** (m)	**U_W (W/m²K)**	
				Canaletta All.	Canaletta Inox
800 x 500	0,40	66/34	1,60	1,69	1,59
1230 x 1480	1,82	34/66	4,42	1,43	1,37
2250 x 2650	5,96	20/80	8,80	1,30	1,26

2) CLASSIFICAZIONE SERRAMENTI

In seguito alle esperienze ed alle proposte della direttiva europea sull'efficienza energetica degli edifici 2002/91 ed al progetto di norma pr EN 15217, viene proposta una classificazione dei serramenti esterni in base al valore di trasmittanza termica:

<u>CLASSE A</u> $U_W \leq 1{,}30$ W/m²K
<u>CLASSE B</u> $U_W \leq 2{,}00$ W/m²K
<u>CLASSE C</u> $U_W \leq 3{,}00$ W/m²K
<u>CLASSE D</u> $U_W \leq 5{,}00$ W/m²K

Per i calcoli effettuati vengono considerati 4 tipologie. I serramenti sono definiti in base al valore di trasmittanza termica presentata con i seguenti parametri:
dimensione: unità standard U_W = 1,30 x 1,30 m = 1,69 m²

CLASSE	**TIPOLOGIA**	**U_W**	**U_F**	**U_G**	**Ψ_g**
A	Buon isolamento	1,2	1,2	1,1	0,040
B	Isolamento medio	1,7	1,6	1,5	0,080
C	Basso isolamento	3,0	2,4	3,3	0
D	Isolamento molto basso	4,6	2,4	5,7	0

3) CONSUMO DI ENERGIA

La perdita di energia attraverso un serramento riferito all'unità WU di 1,69 m² è approssimata dalla relazione:

$Q_{WU} = 84 \cdot U_W \cdot A_W$ KWh/anno

Questa relazione tiene conto di zone con gradi giorno relativi alla fascia climatica media europea.
Il fattore "84" può variare in funzione della latitudine:
zone marine 50
zone alpine 110
Nel caso si volesse esprimere l'energia consumata in altre unità di misura di utilizzo tradizionale valgono le seguenti conversioni:

10 Kwh/anno = 1 litro petrolio

10 Kwh/anno = 1 m^3 gas naturale

1 litro petrolio = 2,7 Kg CO_2

1 m^3 gas naturale = 1,1 Kg CO_2

Possono essere calcolati i seguenti dati:
(serramento pari a 1 WU = 1,69 m²)

Finestra di 1 WU	QWU KWh/anno	Consumo litri gasolio	CO_2 (Kg)
CLASSE A	170	17	46
CLASSE B	241	24	65
CLASSE C	426	43	115
CLASSE D	653	65	176

Per 1 milione di WU:

	Giga Wh/anno	Milione l	Ton CO_2
CLASSE A	170	17	46000
CLASSE B	241	24	65000
CLASSE C	426	43	115000
CLASSE D	653	65	176000

Utilizzando gas naturale per 1 milione di WU:

	Giga Wh/anno	Milioni m³	Ton CO_2
CLASSE A	170	17	19000
CLASSE B	241	24	27000
CLASSE C	426	43	47000
CLASSE D	653	65	72000

4) RISPARMIO DI ENERGIA

Devono essere stimati alcuni parametri utili per il calcolo del risparmio potenziale di energia in seguito all'ipotesi di sostituire i serramenti esistenti con altri di classe superiore.

	Europa dei 27
Popolazione	747.000.000
Numero totale di WU	82 milioni

1° caso: minimo risparmio

Sostituzione di serramento Classe B con Classe C.
Calcolo riferito a 82 milioni di WU con una ripartizione media europea di fonti energetiche per riscaldamento pari a 2/3 petrolio e 1/3 gas naturale.

	Consumo petrolio Milioni l	CO_2 MegaTon	Consumo gas Milioni m³	CO_2 MegaTon
CLASSE B	1320	3,575	648	0,729
CLASSE C	2365	6,325	1191	1,269
Δ = C - B	1045	2,75	513	0,54

Risparmio:

1) gasolio + gas = 1558
   = 15580 milioni di KWh/anno
2) 3,29 mega tonnellate di CO_2

2° caso: massimo risparmio

Sostituisce il serramento di Classe D con Classe A
Calcolo riferito a 82 milioni di WU con una ripartizione media europea di fonti energetiche per riscaldamento pari a 2/3 petrolio e 1/3 gas naturale.

	Consumo petrolio Milioni l	CO_2 MegaTon	Consumo gas Milioni m³	CO_2 MegaTon
CLASSE A	935	2,53	459	0,513
CLASSE D	3575	9,68	1755	1,944
Δ = D - A	2640	7,15	1296	1,43

Risparmio:

1) gasolio + gas = 3936
   = 3960 milioni di KWh/anno

2) 8,58 mega tonnellate di CO_2

NOTA:

Il serramento combinato con il sistema di oscurante ad avvolgibile con cassonetto crea un'intercapedine d'aria che permette di ottenere i seguenti vantaggi di isolamento termico:

- il valore di U globale migliore del 25%
- il valore di U globale per le ore notturne scende sotto il valore 1 W/m^2K per serramenti di Classe A senza costi eccessivi.

5) **BOZZA DI TRADUZIONE DEL prEN 15217 (M01 + M03)**
PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI – METODI PER ESPRIMERE LA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI E PER LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA
(v. relazione allegata)

6) ANALISI SUL CONSUMO DI ENERGIA E EMISSIONE DI CO2 RELATIVA ALLA PRODUZIONE, ALL'USO E ALLO SMALTIMENTO DI SERRAMENTI

La crescente sensibilità e coscienza ambientale diffusa nelle attuali società induce e spinge gli acquirenti e gli utenti ad influenzare la produzione e l'offerta di manufatti nel mercato mediante la scelta e l'utilizzo di prodotti compatibili con l'ambiente oltrechè convenienti per rapporto prestazioni/costo e completamente rispondenti alle prestazioni richieste. In corrispondenza e coerentemente le linee guida per gli acquisti "verdi" (Green Public Procurement – GPP) e la politica integrata di prodotto (Integrated Product Policy – IPP) in fase di sviluppo e di definizione presso le Istituzioni Europee suggeriscono, agli enti pubblici ed agli acquirenti tutti, l'acquisto e l'uso di prodotti e manufatti, di cui si conoscano tutte le caratteristiche e prestazioni, a partire da quelle di impatto ambientale complessivo esteso a tutta la vita del manufatto. In realtà, agli acquirenti ed agli utenti resta il problema di scegliere manufatti effettivamente compatibili per l'ambiente, di cui si conosca l'impatto ambientale complessivo come risultato di valutazioni quantitative e standardizzate, riferite a tutta la loro vita (produzione, vita in opera e smaltimento finale). La metodologia standardizzata di Life Cycle Assessment ovvero LCA, definita nelle sue parti essenziali dalla norma ISO 14040, permette di valutare completamente l'impatto e la compatibilità ambientale di un prodotto durante l'intero arco della sua vita; questa metodologia stabilisce il processo da seguire, i parametri di impatto da considerare e le normalizzazioni da adottare per ottenere valutazioni "standardizzate" e confrontabili nel caso di manufatti di diversa costituzione, che svolgano la stessa funzione. In accordo con questa
metodologia l'ultima importante condizione da soddisfare per ottenere valutazioni di impatto ambientale quantitative e confrontabili è la disponibilità di dati reali sugli impatti ambientali di ciascun stadio delle varie fasi di vita del manufatto, dati necessari per ottenere la valutazione LCA del manufatto stesso e conoscere il suo impatto complessivo sull'ambiente.

La norma ISO 14040 definisce diversi parametri ambientali che possono essere valutati per verificare il reale effetto ambientale di un prodotto o per compararlo con altri prodotti aventi la stessa funzione, tra i quali in particolare ricordiamo l'energia

spesa dal sistema, l'effetto serra, l'acidificazione, distruzione ozono atmosferico, eutrofizzazione.

Due tra gli effetti ambientali normalmente più studiati sono : l'energia spesa dal sistema e l'effetto serra (emissione di CO2).

Proprio per valutare gli effetti ambientali di questi due parametri in alcune delle principali applicazioni del PVC, l' Iberian PVC Forum (il corrispondente spagnolo del Centro di Informazione sul PVC) ha commissionato all'Università di Barcellona uno studio di Life Cycle Assessment relativo a cavi, tubazioni, membrane e finestre.

Per riferimento e confronto, le valutazioni LCA dei manufatti in materia plastica sono state effettuate congiuntamente ed in parallelo con quelle di manufatti di uguale funzione-prestazione costituiti da materiali alternativi.

I risultati di LCA riportati si riferiscono e sono legati agli specifici manufatti esaminati e alle unità funzionali prescelte. Anche se alcuni dei parametri di
riferimento sono specifici della penisola Iberica, il lavoro di valutazione LCA effettuato per le fasi di vita di produzione dei polimeri può considerarsi
di validità e significatività generale in Europa. Si ricorda infatti che per i dati relativi al ciclo di produzione delle resine in PVC e altre plastiche sono stati utilizzati gli eco-profili sviluppati da APME, oggi Plasticseurope, nel 2004. Quindi lo studio può essere utilizzato per la valutazione LCA di numerosi altri manufatti, costituiti dagli stessi polimeri, rendendo così meno laboriosa la loro effettuazione ed eventuale estensione.

Per quanto riguarda gli impatti ambientali dei manufatti in materia plastica qui valutati secondo la metodologia LCA, essi sono risultati complessivamente competitivi rispetto a quelli dei manufatti in materiali alternativi. Gli studi di LCA hanno evidenziato la concreta possibilità di miglioramento della loro situazione di sostenibilità ambientale attraverso il consolidarsi e l'estendersi, attualmente in corso, del riciclo e del recupero energetico dei manufatti plastici usati alla fine della loro vita in opera.

Infatti una delle variabili prese in considerazione nei quattro studi è stata proprio la quantità di riciclato presente nel manufatto finito. Anche se per alcuni dei casi studiati non hanno una reale presenza sul mercato in termini di quantità di materiale da riciclo presente, lo studio permette di valutare come la presenza di riciclato influenzi le prestazioni ambientali in termini di risorse energetiche ed emissione di CO2.

Vengono riportati i seguenti documenti in versione integrale in lingua inglese prodotti dal Departament de Projectes d'Enginyeria dell'Universitat Politecnica de Catalunya:

1) Estimate of energy consumption and CO_2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, XLPE and PE cables;
2) Estimate of energy consumption and CO_2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, XLPE and PE ductile iron and concrete pipes;
3) Estimate of energy consumption and CO_2 emission associated with the production, use and final disposal of sheets made of PVC-P, MDPE and bituminous materials;
4) Estimate of energy consumption and CO_2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, aluminium and wooden windows.

Pur se come documento tecnico-scientifico si deve far sempre riferimento ai suddetti rapporti emessi in lingua inglese dall'Università di Catalogna, per semplificare e rendere più agevole la lettura del testo, per ogni studio sono state fatte effettuate, e qui riportate, le traduzioni in lingua italiana dei paragrafi e delle tabelle relativi agli scenari, ai materiali analizzati ed alle conclusioni.

Sintesi in italiano di alcune parti del documento

Stima del consumo energetico e delle emissioni di CO_2 associati alla produzione, uso e smaltimento finale di serramenti esterni in PVC, alluminio e legno.

Per valutazioni tecniche – prestazionali più approfondite, fare sempre e comunque riferimento al documento completo di seguito allegato

1. Riepilogo

I serramenti esterni svolgono una serie di funzioni in edifici residenziali e commerciali. Una delle funzioni più importanti è l'isolamento termico, per impedire l'entrata dei flussi di caldo e freddo e mantenere i corrispondenti livelli di riscaldamento e climatizzazione.

Il materiale strutturale che sostituisce il telaio del serramento influenza la capacità isolante del serramento stesso, ed è interessante scoprire l'impatto ambientale relativo alla scelta del materiale in tutte le fasi del ciclo di vita del serramento. In questo lavoro sono stati considerati i materiali seguenti: PVC, alluminio e legno. Si presume che, al termine del periodo di utilizzo del serramento, il materiale sia riciclato; cioè, si considera che non vi sia riutilizzo diretto di tali serramenti. In questa analisi è stato assegnato un periodo di vita di 50 anni a tutti i serramenti, presumendo che il PVC,

l'alluminio e le strutture in legno (con la relativa manutenzione) mantenessero le proprie proprietà funzionali.

La valutazione dell'impatto ambientale è stata eseguita considerando i seguenti indicatori fondamentali: (1) stima del consumo energetico; e (2) emissioni di anidride carbonica ($C0_2$) attribuibili alla produzione, uso, riciclaggio e smaltimento finale per i serramenti con struttura realizzata principalmente in PVC, alluminio e legno.

L'analisi si basa su di telaio per finestra standard che misura 1,34 m x 1,34 m, doppia vetratura, installato in una stanza standard, fabbricato e utilizzato nell'area della penisola iberica. Considerando che le finestre in legno con vetratura semplice sono ampiamente utilizzate in Spagna, è stata inclusa questa alternativa come un ottavo caso di analisi complementare.

La metodologia utilizzata si basa su di una procedura di contabilità ambientale del consumo energetico e dei valori relativi alle emissioni di CO_2, in cui questi indicatori sono stati stimati in ognuna delle fasi nel ciclo di vita di un serramento esterno in PVC, alluminio o legno (estrazione e produzione, trasporto all'assemblaggio, assemblaggio, trasporto all'edificio, uso, trasporto alla discarica, smaltimento in discarica, trasporto al riciclaggio e riciclaggio). I risultati finali indicano la somma del consumo energetico e i valori relativi alle emissioni di CO_2 equivalenti ad ognuna di queste fasi.

I risultati ottenuti indicano che, in tutti i casi analizzati, le maggiori percentuali di consumo energetico (fra 42 e 97%) corrispondono alla fase di utilizzo della finestra. Questo consumo si riferisce alle perdite energetiche in tutta la finestra. I valori relativi al consumo energetico nelle fasi di estrazione e produzione di materiali sono notevoli per serramenti in alluminio (fino a 52% del totale); questa percentuale è inferiore per i serramenti in PVC (14%) e in legno (4%).

Il serramento in PVC con 30% di materiale riciclato presenta il minor consumo energetico (1,740 kWh) ed emissioni di $C0_2$ (730 kg). Il serramento in PVC senza materiale riciclato presenta un consumo pari a 1,780 kWh ed emissioni di $C0_2$ pari a 742 kg.

Poi ci sono i serramenti in legno con doppia vetratura, che presentano un consumo pari a 2,045 kWh ed emissioni di $C0_2$ pari a 886 kg; seguiti dai serramenti in legno con vetratura singola, con un consumo energetico pari a 2,549 kWh ed emissioni di $C0_2$ pari a 1,129 kg.

Infine i valori più elevati di energia utilizzati e le emissioni più elevate di $C0_2$ corrispondono ai serramenti in alluminio. I serramenti con il 30% di alluminio riciclato presentano un consumo

energetico pari a 3,244 kWh, e 3,838 kWh nel caso di serramenti con e senza taglio termico. Questi serramenti presentano emissioni di $C0_2$ pari a 1,418 kg e 1,681 kg, rispettivamente. Per il caso di serramenti che non utilizzano alluminio riciclato, i valori relativi al consumo energetico rappresentano 3,819 kWh e 4,413 kWh per i serramenti con e senza taglio termico: in quest'ordine, presentano emissioni di $C0_2$ pari a 1,672 kg per il serramento con taglio termico, e 1,935 kg nel caso di serramento in alluminio senza taglio termico.

Per quanto riguarda il riciclaggio di materiali per serramenti esterni, il serramento in legno con doppia vetratura fornisce 21,4 kg di materiale riciclato nella fase di riciclaggio, materiale che proviene dal vetro (62% del peso totale del serramento). Nel caso del serramento in legno con vetratura semplice, può essere riciclato solo il vetro (10,7 kg: 45% del peso totale). Al contrario i serramenti in PVC e in alluminio forniscono 49,2 kg e 62.2 kg di materiale proveniente rispettivamente, sia dal vetro che dal telaio (93 e 94% dei materiali totali, rispettivamente). Quindi c'è una grande disponibilità di materiale riciclato per realizzare un serramento nuovo, o per riutilizzare questi materiali in altri prodotti. Nel caso di serramenti in legno, poiché il telaio non può essere riciclato, si dovrà estrarre e trattare del legno nuovo.

4.2. Scenari analizzati

Sono stati analizzati i casi seguenti:

1) Serramento in PVC con doppia vetratura 4/12/4, il telaio strutturale senza PVC riciclato.

2) Serramento in PVC con doppia vetratura 4/12/4, il telaio strutturale con il 30% di PVC riciclato.

3) Serramento in alluminio senza taglio termico, con doppia vetratura 4/6/4, telaio strutturale senza alluminio riciclato.

4) Serramento in alluminio senza taglio termico, con doppia vetratura 4/6/4, telaio strutturale con il 30% di alluminio riciclato

5) Serramento in alluminio con taglio termico, con doppia vetratura 4/12/4, telaio strutturale senza alluminio riciclato

6) Serramento in alluminio con taglio termico, con doppia vetratura 4/12/4, telaio strutturale con il 30% di alluminio riciclato

7) Serramento in legno, con doppia vetratura 4/6/4

8) Serramento in legno, con vetratura singola

Il caso numero otto (serramento in legno, con vetratura singola) è stato contemplato per includere l'uso di questo tipo di serramento nell'area dello studio. In Spagna, l'uso di serramenti in legno a doppia vetratura è trascurabile.

4.5 Uso del serramento esterno

Per stimare il consumo energetico nella fase di utilizzo, è stata considerata una stanza standard per le analisi, con il serramento collocato sulla parete esterna. Le sue dimensioni sono indicate nella figura 4.1. Il volume di aria contenuto nella stanza è di 32,4 m^3 (3 m x 4 m x 2,7 m). Il sistema parete/serramento possiede un'area superficiale di 8,1 m^2 (3 m x 2,7 m), con 1,80 m^2 che corrispondono al vero serramento (1,34 m x 1,34 m); cioè il 22%.

La quantità di calore che deve essere fornita o estratta dal volume di aria della stanza deve essere quella necessaria per:

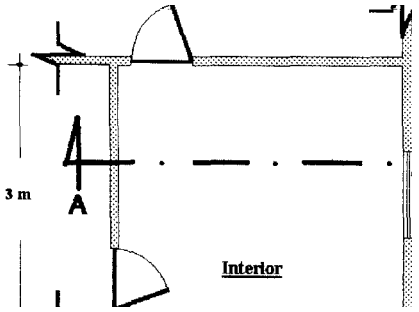
1) Aumentare (in inverno) o abbassare (in estate) la temperatura dell'aria interna fino a raggiugnere un livello di comfort, che si presume sia a 22°C, valore raccomandato dal Technical Building Code (MFOM, 2004).
2) Per mantenere la temperatura dell'aria interna a 22°C durante la permanenza media nella stanza. Mantenere questa temperatura significa fornire continuamente o estrarre calore da e verso l'interno, per bilanciare il flusso di calore attraverso il sistema parete esterna/serramento.

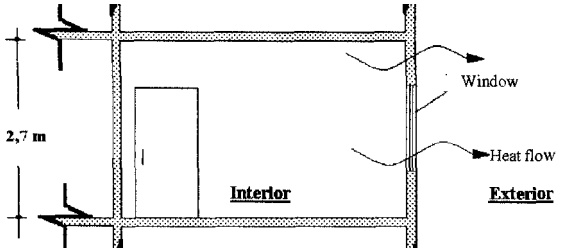
Vista in piano

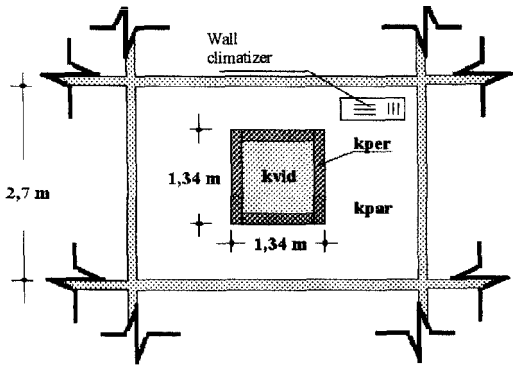
Sezione A-A

Lato destro

Figura 4.1. Dimensioni della stanza sottoposta ad analisi







Per semplificare l'analisi, si considera che la parete esterna che contiene il serramento sia l'unica via per perdere o acquistare calore; cioè si presume che non vi sia flusso energetico attraverso la parete interna, il pavimento o il soffitto.

Si presume che il riscaldamento o il raffreddamento utilizzato sia un sistema condiviso aria-condizionatore. Questi apparecchi sono normalmente in grado di fornire o ridurre calore a livelli di 2-3.5 volte l'energia elettrica che usano (Morrison, 2004). In questo studio, si presume un valore pari a 2,6.

4.5.1 Conduttività termica del sistema parete/serramento

Per la definizione dei coefficienti di conduttività termica, secondo i diversi materiali che costruiscono il telaio strutturale della finestra, vengono considerati il contributo superficiale della parete, del reale telaio strutturale e il vetro, secondo i dati contenuti nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2: aree superficiali del sistema parete/serramento

Componente	m^2	%
Sup. area parete (Apar)	6.3	77.8
Sup. area telaio (Aper)	0.5	6.2
Sup. area vetro (Avid)	1.3	16.0
Totale:	8.1	100

I coefficienti di conduttività termica sono stati estrapolati dal Technical Building Code (MFOM; 2004) (Tabella 4.3). Il valore dei coefficienti integrati del sistema parete/serramento ($U_{wall/window}$) indicato nella tabella 4.4 viene calcolato utilizzando l'equazione 1.

$$U_{wa11\,/\,window} = \frac{A_{par} \cdot U_{par} + A_{per} \cdot U_{per} + A_{vid} \cdot U_{vid}}{A_{par} + A_{pff} + A_{nd}}$$

Tabella 4.3: Coefficienti di conduttività termica (MFOM, 2004)

Componente	$W\ m^{-2}\ °C^{-1}$
Parete (U_{par}), muratura	1.63
Telaio in PVC (U_{per})	2.00
Telaio in alluminio senza taglio (U_{per})	5.88
Telaio in alluminio con taglio(U_{per})	4.00
Telaio in legno (U_{per})	2.50

Tabella 4.4: Coefficienti di conduttività termica del sistema parete/serramento

Tipo di finestra	W m^{-2} °C^{-1}
PVC con doppia vetratura	0.65
Allunino senza taglio termico, doppia vetratura	0.89
Alluminio con taglio termico, doppia vetratura	0.77
Legno con doppia vetratura	0.68
Legno con doppia vetratura	1.14

Allo stesso modo sono stati considerati i risultati presumendo che la conduttività termica della parete abbia un valore di U_{wall} uguale a zero; cioè presumendo che non vi siano perdite di calore attraverso la parete, per sottolineare all'interno dell'analisi il consumo energetico e i valori delle emissioni di $C0_2$ associati unicamente al serramento.

4.5.2 Temperatura atmosferica esterna

Per stimare la domanda energetica in diverse regioni della Spagna, sono state selezionate tre regioni con range diversi di temperature climatologiche. La figura 4.2 mostra le temperature medie mensili a Prat de Llobregat (Barcellona), Madrid e Alicante; questi valori sono stati ottenuti dalle registrazioni mensili per gli anni che vanno dal 1997 al 2002, Dall'Istituto Nazionale di Statistica (INE, 2004).

La curva della temperatura per Prat de Llobregat presenta i valori di temperatura più bassi (che vanno da 10 a 23°C). La curva di temperatura per Madrid presenta i valori invernali più bassi, mentre le temperature estive sono relativamente elevate (da 7 a 25°C). Alicante, la regione con la latitudine inferiore fra quelle selezionate, presenta le temperature più elevate, sia in inverno che in estate (da 13 a 26°C).

4.5.3 Stima delle perdite attraverso la permeabilità dell'aria

La permeabilità dell'aria è estremamente importante, poiché la fuga di calore dalle stanze e quindi il livello di comfort dipendono da questo fattore. Per le tre regioni dello studio, sono state stimate le perdite dovute alla permeabilità dell'aria dei serramenti. La permeabilità dell'aria è la proprietà di un serramento di consentire il passaggio dell'aria quando viene sottoposto a una pressione differenziale. La permeabilità dell'aria è caratterizzata dalla capacità di passaggio dell'aria espressa in m^3/h, secondo le differenze di pressione. Questa capacità di passaggio è riferita alla superficie totale dell'aria del serramento (capacità di passaggio per unità di area superficiale, m^3/h m^2).

È stata stimata la permeabilità dell'aria di ogni serramento secondo la classificazione delle finestre in quattro tipi stabiliti dalla norma UNE-EN 12207:2000 (UNE, 2000) con una pressione differenziale di riferimento pari a 100 hPa. È stato considerato che, senza alcun trattamento supplementare per migliorare le proprietà di permeabilità, i serramenti in PVC e alluminio con taglio termico sono stati classificati in classe 4, mentre quelli in legno e alluminio senza taglio termico sono stati inseriti nella Classe 3. Questo significa coefficienti di permeabilità pari a 1.5 $m^3/h\ m^2$ per i serramenti in PVC e alluminio con taglio termico, mentre questo coefficiente aumenta fino a raggiungere 7,0 $m^3/h\ m^2$ in scenari che comprendono serramenti in legno e alluminio senza taglio termico.

4.5.4 Stima della domanda energetica

Per le tre regioni selezionate sono state calcolate le differenze fra la temperatura di comfort all'interno della stanza (22 °C) e le temperature medie mensili. Differenze positive indicano la necessità di riscaldamento, mentre quelle mostrano una necessità di climatizzazione.

Vengono stimati i valori relativi al consumo mensile di elettricità per aumentare o diminuire la temperatura interna dell'aria (32,4 m^3) fino a 22 °C, presumendo che il sistema di condizionamento dell'aria sia acceso per 24 volte in un mese, e lo specifico riscaldamento dell'aria ha un valore pari a 1,004.67 J kg^{-1} $°C^{-1}$. Sono stati determinati i valori relativi al consumo di elettricità per 5 ore di uso continuo ogni volta che gli apparecchi sono accesi.

Figura 4.2: Variazione mensile nelle temperature medie atmosferiche nelle tre regioni della Spagna selezionate

I valori ottenuti dallo scenario sono dettagliatamente riportati nelle Tabelle 4.5-4.9. La tabella 4.10 fornisce un riepilogo dei valori relativi al consumo di elettricità annuale per riscaldamento e climatizzazione per ogni regione selezionata e per tipo di serramento.

Tabella 4.5: Calcolo dell'energia annuale richiesta per il riscaldamento e la climatizzazione con un serramento in PVC con doppia vetratura ($U_{wall/window}$ = 0,65 W m^{-2} $^{\circ}C^{-1}$)

Mese	Interno	Esterno	Differenza	Necessità	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Flusso di calore W	Perdita di calore kWh mese -1	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Perdita attraverso permeabilità kWh mese $^{-1}$
Catatogna Prat de Llobregat (aeroporto)									
Gennaio	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,31	66,6	8,0	3,1	0,4
Febbraio	22	11,0	11,0	riscaldamento	1,14	58,0	7,0	2,7	0,3
Marzo	22	12,6	9,4	riscaldamento	0.98	49,8	6,0	2,3	0,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0.79	40,6	4,9	1,9	0,2
Maggio	22	16,8	5,2	riscaldamento	0,54	27,7	3,3	1,3	0,2
Giugno	22	20,9	1,1	riscaldamento	0,11	5,6	0,7	0,3	0,0
Luglio	22	22,8	-0,8	climatizzazione	0,08	4,1	0,5	0,2	0,0
Agosto	22	23,2	-1,2	climatizzazione	0,13	6,4	0,8	0,3	0,0
Settembre	22	21,0	1,0	riscaldamento	0,10	5,2	0,6	0,2	0,1
Ottobre	22	17,9	4,2	riscaldamento	0,43	21,9	2,6	1,0	0,3
Novembre	22	12,7	9,3	riscaldamento	0,96	49,0	5,9	2,3	0,4
Dicembre	22	10,0	12,0	riscaldamento	1,24	63,3	7,6	2,9	2,4
				Subtotali	7,8	**Totale (kWa^{-1})**		18,4	28,5
Madrid - Retiro									
Gennaio	22	7,3	14,8	riscaldamento	1,53	77,9	9,3	3,6	0,5
Febbraio	22	9,9	12,1	riscaldamento	1,25	64,0	7,7	3,0	0,4
Marzo	22	13,3	8,8	riscaldamento	0,91	46,2	5,5	2,1	0,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0,80	40,6	4,9	1,9	0,2
Maggio	22	17,7	4,3	riscaldamento	0,44	22,6	2,7	1,0	0,1
Giugno	22	22,1	-0,1	climatizzazione	0,01	0,7	0,1	0,0	0,0
Luglio	22	24,4	-2,4	climatizzazione	0,25	12,9	1,5	0,6	0,1
Agosto	22	25,0	-3,0	climatizzazione	0,31	15,8	1,9	0,7	0,1
Settembre	22	20,7	1,3	riscaldamento	0,14	7,0	0,8	0,3	0,0
Ottobre	22	15,6	6,4	riscaldamento	0,66	33,7	4,0	1,6	0,2
Novembre	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,30	66,4	8,0	3,1	0,4
Dicembre	22	6,7	15,3	riscaldamento	1,58	80,7	9,7	3,7	0,5
				Subtotali	9,2	**Totale (kWa^{-1})**		21,6	2,8
Alicante – Ciudad Jardin									
Gennaio	22	12,5	9,5	riscaldamento	0,98	50,1	6,0	2,3	0,3
Febbraio	22	14,1	7,9	riscaldamento	0,82	41,7	5,0	1,9	0,2
Marzo	22	16,0	6,0	riscaldamento	0,62	31,6	3,8	1,5	0,2

Aprile	22	18,0	4,0	riscaldamento	0,41	20,9	2,5	1,0	0,1
Maggio	22	20,4	1,7	riscaldamento	0,17	8,7	1,0	0,4	0,1
Giugno	22	24,4	-0,4	climatizzazione	0,04	2,2	0,3	0,1	0,0
Luglio	22	25,9	-1,9	climatizzazione	0,19	9,8	1,2	0,5	0,1
Agosto	22	26,4	-2,4	climatizzazione	0,25	12,26	1,5	0,6	0,1
Settembre	22	24,8	-2,8	climatizzazione	0,29	15,0	1,8	0,7	0,1
Ottobre	22	20,4	1,6	riscaldamento	0,16	8,3	1,0	0,4	0,0
Novembre	22	15,7	6,3	riscaldamento	0,65	33,2	4,0	1,5	0,2
Dicembre	22	13,2	8,8	riscaldamento	0,91	46,6	5,6	2,2	0,3
				Subtotali	5,5	**Totale (kWa^{-1})**			20,1

Tabella 4.6: Calcolo dell'energia elettrica annuale richiesta per il riscaldamento e la climatizzazione con un serramento in alluminio senza taglio termico e con doppia vetratura ($U_{wall/window}$ = 0,89 W m^{-2} $^{\circ}C^{-1}$)

Mese	Interno	Esterno	Differenza	Necessità	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Flusso di calore W	Perdita di calore kWh mese -1	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Perdita attraverso permeabilità kWh mese $^{-1}$
Catatogna Prat de Llobregat (aeroporto)									
Gennaio	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,31	90,9	10,9	4,2	1,8
Febbraio	22	11,0	11,0	riscaldamento	1,14	79,2	9,5	3,7	1,6
Marzo	22	12,6	9,4	riscaldamento	0.98	68,0	8,2	3,1	1,4
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0.79	55,3	6,6	2,6	1,1
Maggio	22	16,8	5,2	riscaldamento	0,54	37,8	4,5	1,7	0,8
Giugno	22	20,9	1,1	riscaldamento	0,11	7,7	0,9	0,4	0,2
Luglio	22	22,8	-0,8	climatizzazione	0,08	5,6	0,7	0,3	0,1
Agosto	22	23,2	-1,2	climatizzazione	0,13	8,7	1,0	0,4	0,2
Settembre	22	21,0	1,0	riscaldamento	0,10	7,1	0,9	0,3	0,1
Ottobre	22	17,9	4,2	riscaldamento	0,43	29,9	3,6	1,4	0,6
Novembre	22	12,7	9,3	riscaldamento	0,96	66,9	8,0	3,1	1,4
Dicembre	22	10,0	12,0	riscaldamento	1,24	86,4	10,4	4,0	1,7
				Subtotali	7,8	**Totale (kWa^{-1})**		25,1	11,0
									43,9
Madrid - Retiro									
Gennaio	22	7,3	14,8	riscaldamento	1,53	106,3	12,8	4,9	2,2
Febbraio	22	9,9	12,1	riscaldamento	1,25	87,4	10,5	4,0	1,8
Marzo	22	13,3	8,8	riscaldamento	0,91	63,0	7,6	2,9	1,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0,80	55,4	6,6	2,6	1,1
Maggio	22	17,7	4,3	riscaldamento	0,44	30,9	3,7	1,4	0,6
Giugno	22	22,1	-0,1	climatizzazione	0,01	1,0	0,1	0,0	0,0
Luglio	22	24,4	-2,4	climatizzazione	0,25	17,6	2,1	0,8	0,4
Agosto	22	25,0	-3,0	climatizzazione	0,31	21,6	2,6	1,0	0,4
Settembre	22	20,7	1,3	riscaldamento	0,14	9,5	1,1	0,4	0,2
Ottobre	22	15,6	6,4	riscaldamento	0,66	46,0	5,5	2,1	0,9
Novembre	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,30	90,5	10,9	4,2	1,8
Dicembre	22	6,7	15,3	riscaldamento	1,58	110,1	13,2	5,1	2,2
				Subtotali	9,2	**Totale (kWa^{-1})**		29,5	12,9
									51,6
Alicante – Ciudad Jardin									

Gennaio	22	12,5	9,5	riscaldamento	0,98	68,4	8,2	3,2	1,4
Febbraio	22	14,1	7,9	riscaldamento	0,82	56,9	6,8	2,6	1,2
Marzo	22	16,0	6,0	riscaldamento	0,62	43,1	5,2	2,0	0,9
Aprile	22	18,0	4,0	riscaldamento	0,41	28,6	3,4	1,3	0,6
Maggio	22	20,4	1,7	riscaldamento	0,17	11,9	1,4	0,5	0,2
Giugno	22	24,4	-0,4	climatizzazione	0,04	2,9	0,4	0,1	0,1
Luglio	22	25,9	-1,9	climatizzazione	0,19	13,4	1,6	0,6	0,3
Agosto	22	26,4	-2,4	climatizzazione	0,25	17,2	2,1	0,8	0,3
Settembre	22	24,8	-2,8	climatizzazione	0,29	20,5	2,5	0,9	0,4
Ottobre	22	20,4	1,6	riscaldamento	0,16	11,3	1,4	0,5	0,2
Novembre	22	15,7	6,3	riscaldamento	0,65	45,3	5,4	2,1	0,9
Dicembre	22	13,2	8,8	riscaldamento	0,91	63,6	7,6	2,9	1,3
				Subtotali	5,5	**Totale (kWa^{-1})**		17,7	7,8
									30,9

Tabella 4.7: Calcolo dell'energia elettrica annuale richiesta per il riscaldamento e la climatizzazione con un serramento in alluminio con taglio termico e con doppia vetratura ($U_{wall/window}$ = 0,77 W m^{-2} °C^{-1})

Mese	Interno	Esterno	Differenza	Necessità	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Flusso di calore W	Perdita di calore kWh mese -1	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Perdita attraverso permeabilità kWh mese $^{-1}$
Catatogna Prat de Llobregat (aeroporto)									
Gennaio	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,31	79,1	9,5	3,7	0,4
Febbraio	22	11,0	11,0	riscaldamento	1,14	68,9	8,3	3,2	0,3
Marzo	22	12,6	9,4	riscaldamento	0.98	59,2	7,1	2,7	0,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0.79	48,2	5,8	2,2	0,2
Maggio	22	16,8	5,2	riscaldamento	0,54	32,9	3,9	1,5	0,2
Giugno	22	20,9	1,1	riscaldamento	0,11	6,7	0,8	0,3	0,0
Luglio	22	22,8	-0,8	climatizzazione	0,08	4,9	0,6	0,2	0,0
Agosto	22	23,2	-1,2	climatizzazione	0,13	7,6	0,9	0,4	0,0
Settembre	22	21,0	1,0	riscaldamento	0,10	6,2	0,7	0,3	0,0
Ottobre	22	17,9	4,2	riscaldamento	0,43	26,0	3,1	1,2	0,1
Novembre	22	12,7	9,3	riscaldamento	0,96	58,2	7,0	2,7	0,3
Dicembre	22	10,0	12,0	riscaldamento	1,24	75,2	9,0	3,5	0,4
				Subtotali	7,8			21,8	2,4
						Totale (kWa^{-1})			**32,0**
Madrid - Retiro									
Gennaio	22	7,3	14,8	riscaldamento	1,53	92,5	11,1	4,3	0,5
Febbraio	22	9,9	12,1	riscaldamento	1,25	76,1	9,1	3,5	0,4
Marzo	22	13,3	8,8	riscaldamento	0,91	54,9	6,6	2,5	0,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0,80	48,2	5,8	2,2	0,2
Maggio	22	17,7	4,3	riscaldamento	0,44	26,9	3,2	1,2	0,1
Giugno	22	22,1	-0,1	climatizzazione	0,01	0,8	0,1	0,0	0,0
Luglio	22	24,4	-2,4	climatizzazione	0,25	15,3	1,8	0,7	0,1
Agosto	22	25,0	-3,0	climatizzazione	0,31	18,8	2,3	0,9	0,1
Settembre	22	20,7	1,3	riscaldamento	0,14	8,3	1,0	0,4	0,0
Ottobre	22	15,6	6,4	riscaldamento	0,66	40,0	4,8	1,8	0,2
Novembre	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,30	78,8	9,5	3,6	0,4
Dicembre	22	6,7	15,3	riscaldamento	1,58	95,9	11,5	4,4	0,5
				Subtotali	9,2			25,7	2,8
						Totale (kWa^{-1})			**37,6**
Alicante – Ciudad Jardin									
Gennaio	22	12,5	9,5	riscaldamento	0,98	59,5	7,1	2,7	0,3

Febbraio	22	14,1	7,9	riscaldamento	0,82	49,5	5,9	2,3	0,2
Marzo	22	16,0	6,0	riscaldamento	0,62	37,5	4,5	1,7	0,2
Aprile	22	18,0	4,0	riscaldamento	0,41	24,9	3,0	1,1	0,1
Maggio	22	20,4	1,7	riscaldamento	0,17	10,3	1,2	0,5	0,1
Giugno	22	24,4	-0,4	climatizzazione	0,04	2,6	0,3	0,1	0,0
Luglio	22	25,9	-1,9	climatizzazione	0,19	11,7	1,4	0,5	0,1
Agosto	22	26,4	-2,4	climatizzazione	0,25	14,9	1,8	0,7	0,1
Settembre	22	24,8	-2,8	climatizzazione	0,29	17,8	2,1	0,8	0,1
Ottobre	22	20,4	1,6	riscaldamento	0,16	9,9	1,2	0,5	0,0
Novembre	22	15,7	6,3	riscaldamento	0,65	39,5	4,7	1,8	0,2
Dicembre	22	13,2	8,8	riscaldamento	0,91	55,4	6,6	2,6	0,3
				Subtotali	5,5	**Totale (kWa^{-1})**		15,4	1,7
									22,6

Tabella 4.8: Calcolo dell'energia elettrica annuale richiesta per il riscaldamento e la climatizzazione con un serramento in legno con doppia vetratura ($U_{wall/window}$ = 0,68 W m^{-2} $^{\circ}C^{-1}$)

Mese	Interno	Esterno	Differenza	Necessità	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Flusso di calore W	Perdita di calore kWh mese -1	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Perdita attraverso permeabilità kWh mese $^{-1}$
Catatogna Prat de Llobregat (aeroporto)									
Gennaio	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,31	69,7	8,4	3,2	1,8
Febbraio	22	11,0	11,0	riscaldamento	1,14	60,8	7,3	2,8	1,6
Marzo	22	12,6	9,4	riscaldamento	0.98	52,2	6,3	2,4	1,4
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0.79	42,5	5,1	2,0	1,1
Maggio	22	16,8	5,2	riscaldamento	0,54	29,0	3,5	1,3	0,8
Giugno	22	20,9	1,1	riscaldamento	0,11	5,9	0,7	0,3	0,2
Luglio	22	22,8	-0,8	climatizzazione	0,08	4,3	0,5	0,2	0,1
Agosto	22	23,2	-1,2	climatizzazione	0,13	6,7	0,8	0,3	0,2
Settembre	22	21,0	1,0	riscaldamento	0,10	5,5	0,7	0,3	0,1
Ottobre	22	17,9	4,2	riscaldamento	0,43	22,9	2,8	1,1	0,6
Novembre	22	12,7	9,3	riscaldamento	0,96	51,3	6,2	2,4	1,4
Dicembre	22	10,0	12,0	riscaldamento	1,24	66,3	8,0	3,1	1,7
				Subtotali	7,8			19,2	11,0
						Totale (kWa^{-1})			**38,1**
Madrid - Retiro									
Gennaio	22	7,3	14,8	riscaldamento	1,53	81,5	9,8	3,8	2,2
Febbraio	22	9,9	12,1	riscaldamento	1,25	67,0	8,0	3,1	1,8
Marzo	22	13,3	8,8	riscaldamento	0,91	48,4	5,8	2,2	1,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0,80	42,5	5,1	2,0	1,1
Maggio	22	17,7	4,3	riscaldamento	0,44	23,7	2,8	1,1	0,6
Giugno	22	22,1	-0,1	climatizzazione	0,01	0,7	0,1	0,0	0,0
Luglio	22	24,4	-2,4	climatizzazione	0,25	13,5	1,6	0,6	0,4
Agosto	22	25,0	-3,0	climatizzazione	0,31	16,5	2,0	0,8	0,4
Settembre	22	20,7	1,3	riscaldamento	0,14	7,3	0,9	0,3	0,2
Ottobre	22	15,6	6,4	riscaldamento	0,66	35,3	4,2	1,6	0,9
Novembre	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,30	69,5	8,3	3,2	1,8
Dicembre	22	6,7	15,3	riscaldamento	1,58	84,5	10,1	3,9	2,2
				Subtotali	9,2			22,6	12,9
						Totale (kWa^{-1})			**44,86**
Alicante – Ciudad Jardin									
Gennaio	22	12,5	9,5	riscaldamento	0,98	52,5	6,3	2,4	1,4

Febbraio	22	14,1	7,9	riscaldamento	0,82	43,6	5,2	2,0	1,2
Marzo	22	16,0	6,0	riscaldamento	0,62	33,1	4,0	1,5	0,9
Aprile	22	18,0	4,0	riscaldamento	0,41	21,9	2,6	1,0	0,6
Maggio	22	20,4	1,7	riscaldamento	0,17	9,1	1,1	0,4	0,2
Giugno	22	24,4	-0,4	climatizzazione	0,04	2,3	0,3	0,1	0,1
Luglio	22	25,9	-1,9	climatizzazione	0,19	10,3	1,2	0,5	0,3
Agosto	22	26,4	-2,4	climatizzazione	0,25	13,2	1,6	0,6	0,3
Settembre	22	24,8	-2,8	climatizzazione	0,29	15,7	1,9	0,7	0,4
Ottobre	22	20,4	1,6	riscaldamento	0,16	8,7	1,0	0,4	0,2
Novembre	22	15,7	6,3	riscaldamento	0,65	34,8	4,2	1,6	0,9
Dicembre	22	13,2	8,8	riscaldamento	0,91	48.8	5,9	2,3	1,3
				Subtotali	5,5	**Totale (kWa^{-1})**		13,6	7,8
									26,8

Tabella 4.9: Calcolo dell'energia elettrica annuale richiesta per il riscaldamento e la climatizzazione con un serramento in legno con vetratura semplice ($U_{wall/window}$ = 1,14 W m^{-2} $^{\circ}C^{-1}$)

Mese	Interno	Esterno	Differenza	Necessità	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Flusso di calore W	Perdita di calore kWh mese -1	Consumo elettricità kWh mese $^{-1}$	Perdita attraverso permeabilità kWh mese $^{-1}$
Catatogna Prat de Llobregat (aeroporto)									
Gennaio	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,31	116,2	13,9	5,4	1,8
Febbraio	22	11,0	11,0	riscaldamento	1,14	101,3	12,2	4,7	1,6
Marzo	22	12,6	9,4	riscaldamento	0.98	87,0	10,4	4,0	1,4
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0.79	70,8	8,5	3,3	1,1
Maggio	22	16,8	5,2	riscaldamento	0,54	48,3	5,8	2,2	0,8
Giugno	22	20,9	1,1	riscaldamento	0,11	9,8	1,2	0,5	0,2
Luglio	22	22,8	-0,8	climatizzazione	0,08	7,1	0,9	0,3	0,1
Agosto	22	23,2	-1,2	climatizzazione	0,13	11,2	1,3	0,5	0,2
Settembre	22	21,0	1,0	riscaldamento	0,10	9,1	1,1	0,4	0,1
Ottobre	22	17,9	4,2	riscaldamento	0,43	38,3	4,6	1,8	0,6
Novembre	22	12,7	9,3	riscaldamento	0,96	85,6	10,3	3,9	1,4
Dicembre	22	10,0	12,0	riscaldamento	1,24	110,5	13,3	5,1	1,7
				Subtotali	7,8			32,1	11,0
						Totale (kWa^{-1})			**50,9**
Madrid - Retiro									
Gennaio	22	7,3	14,8	riscaldamento	1,53	136,0	16,3	6,3	2,2
Febbraio	22	9,9	12,1	riscaldamento	1,25	111,8	13,4	5,2	1,8
Marzo	22	13,3	8,8	riscaldamento	0,91	80,7	9,7	3,7	1,3
Aprile	22	14,3	7,7	riscaldamento	0,80	70,8	8,5	3,3	1,1
Maggio	22	17,7	4,3	riscaldamento	0,44	39,5	4,7	1,8	0,6
Giugno	22	22,1	-0,1	climatizzazione	0,01	1,2	0,1	0,1	0,0
Luglio	22	24,4	-2,4	climatizzazione	0,25	22,5	2,7	1,0	0,4
Agosto	22	25,0	-3,0	climatizzazione	0,31	27,6	3,3	1,3	0,4
Settembre	22	20,7	1,3	riscaldamento	0,14	12,1	1,5	0,6	0,2
Ottobre	22	15,6	6,4	riscaldamento	0,66	58,8	7,1	2,7	0,9
Novembre	22	9,4	12,6	riscaldamento	1,30	115,8	13,9	5,3	1,8
Dicembre	22	6,7	15,3	riscaldamento	1,58	140,9	16,9	6,5	2,2
				Subtotali	9,2			37,7	12,9
						Totale (kWa^{-1})			**59,9**
Alicante – Ciudad Jardin									
Gennaio	22	12,5	9,5	riscaldamento	0,98	87,5	10,5	4,0	1,4

Febbraio	22	14,1	7,9	riscaldamento	0,82	72,7	8,7	3,4	1,2
Marzo	22	16,0	6,0	riscaldamento	0,62	55,2	6,6	2,5	0,9
Aprile	22	18,0	4,0	riscaldamento	0,41	36,6	4,4	1,7	0,6
Maggio	22	20,4	1,7	riscaldamento	0,17	15,2	1,8	0,7	0,2
Giugno	22	24,4	-0,4	climatizzazione	0,04	3,8	0,5	0,2	0,1
Luglio	22	25,9	-1,9	climatizzazione	0,19	17,1	2,1	0,8	0,3
Agosto	22	26,4	-2,4	climatizzazione	0,25	22,0	2,6	1,0	0,3
Settembre	22	24,8	-2,8	climatizzazione	0,29	26,2	3,1	1,2	0,4
Ottobre	22	20,4	1,6	riscaldamento	0,16	14,5	1,7	0,7	0,2
Novembre	22	15,7	6,3	riscaldamento	0,65	58,0	7,0	2,7	0,9
Dicembre	22	13,2	8,8	riscaldamento	0,91	81,3	9,8	3,8	1,3
				Subtotali	5,5	**Totale (kWa^{-1})**		22,6	7,8
									35,9

I valori più bassi relativi al consumo elettrico annuo appartengono alla regione di Alicante (20,1 kWh a^{-1}, serramento in PVC); mentre i valori più elevati sono registrati a Madrid (33,6 kWh a^{-1}, serramento in PVC). I valori intermedi si registrano nella regione di Prat de Llobregat (28,5 kWh a^{-1}, serramento in PVC).

La tabella 4.10 comprende anche le stime delle emissioni annuali di $C0_2$, calcolate tramite l'applicazione del fattore di emissione della generazione mista di elettricità spagnola (0,443 kg $C0_2$ kWh^{-1}). In ordine ascendente, per il serramento in PVC, le emissioni stimate sono pari a 9 kg $C0_2$ a^{-1} per Alicante, 13 kg $C0_2$ a^{-1} per Prat de Llobregat, e 15 kg $C0_2$ a^{-1} per Madrid.
Per stimare il consumo totale nella fase di uso del serramento, è stato utilizzato un periodo generico di 50 anni.

Tabella 4.10: Riepilogo dei valori relativi al consumo annuale di energia elettrica necessaria al riscaldamento e climatizzazione delle stanze sottoposte ad analisi

Regione	Tipo di telaio/serramento	Consumo annuale di elettricità	Emissioni di CO_2 (kg a^{-1})
Prat de Llobragat, Barcellona	PVC con doppia vetratura Allumino con doppia vetratura(senza taglio termico) Allumino con doppia vetratura(con taglio termico) Legno con doppia vetratura Legno con vetratura singola	28.5 43,9 32,0 38,1 50,9	13 19 14 17 23
Madrid	PVC con doppia vetratura Allumino con doppia vetratura(senza taglio termico) Allumino con doppia vetratura(con taglio termico) Legno con doppia vetratura Legno con vetratura singola	33,6 51,6 37,6 44,8 59,9	15 23 17 20 27
Alicante	PVC con doppia vetratura Allumino con doppia vetratura(senza taglio termico) Allumino con doppia vetratura(con taglio termico) Legno con doppia vetratura Legno con vetratura singola	20,1 30,9 22,6 26,8 35,9	9 14 10 12 16

Tabella 5.10: Riepilogo dei valori relativi al consumo energetico, emissioni di $C0_2$ e materiale riciclato attribuibili alla produzione, uso (50 anni), riciclaggio e smaltimento finale di materiali di scarto per serramenti fabbricati con materiali diversi.

Serramento	Consumo elettricità (kWh)	Emissioni di CO_2 (kg)	Materiale riciclato (kg)					
			Vetro	PVC	Acciaio	Alluminio	Totale materiale riciclato	% del materiale totale
30% di PVC riciclato con doppia vetratura	1,740	730	21,4	21.1	6.7		49.2	93.4%
0% di PVC riciclato con doppia vetratura	1,780	742	21,4	21.1	6.7		49.2	93.4%
Legno con doppia vetratura	2,045	886	21,4				21,4	61,5%
Legno con vetratura semplice	2,633	1,155	10,7				10,7	45,0 %
30% alluminio riciclato con taglio termico e doppia vetratura	3,244	1,418	21,4			40,8	62,2	94,1%
0% alluminio riciclato con taglio termico e doppia vetratura	3,819	1,672	21,4			40,8	62,2	94,1%
30% alluminio riciclato senza taglio termico e doppia vetratura	3,838	1,681	21,4			40,8	62,2	94,1%
0% alluminio riciclato senza taglio termico e doppia vetratura	4,413	1,935	21,4			40,8	62,2	94,1%

7) ANALISI E VALUTAZIONE DEL CICLO DI VITA DI FINESTRE IN PVC ED IN ALLUMINIO

SERRAMENTI: UNITA' FUNZIONALI

• LA SCELTA DELL'UNITA' FUNZIONALE DEVE ESSERE EFFETTUATA IN MODO CHE I PRODOTTI IN ANALISI SIANO CONFRONTABILI OSSIA ABBIANO UGUALE PRESTAZIONE: SERRAMENTO CON LUCE ARCHITETTONICA 1,2 m x 1,20 m:

– IN PVC (con rinforzo in metallo)

– IN ALLUMINIO SENZA "TAGLIO TERMICO"

– IN ALLUMINIO CON "TAGLIO TERMICO"

• NELL'ANALISI NON SONO CONSIDERATE LE VETRAZIONI E TUTTI GLI ACCESSORI CHE SI IPOTIZZANO UGUALI PER TUTTI I SERRAMENTI ESAMINATI

• SI E' IPOTIZZATA UNA VITA IN ESERCIZIO DI 30 ANNI INDIPENDNTEMENTE DAL MATERIALE

SERRAMENTI: ANALISI DI FINE VITA ALTERNATIVI

SONO STATI ESAMINATI E CONFRONTATI DUE SCENARI DI FINE VITA:

• SITUAZIONE ITALIANA ATTUALE:

–SERRAMENTO IN PVC: 100% DISCARICA

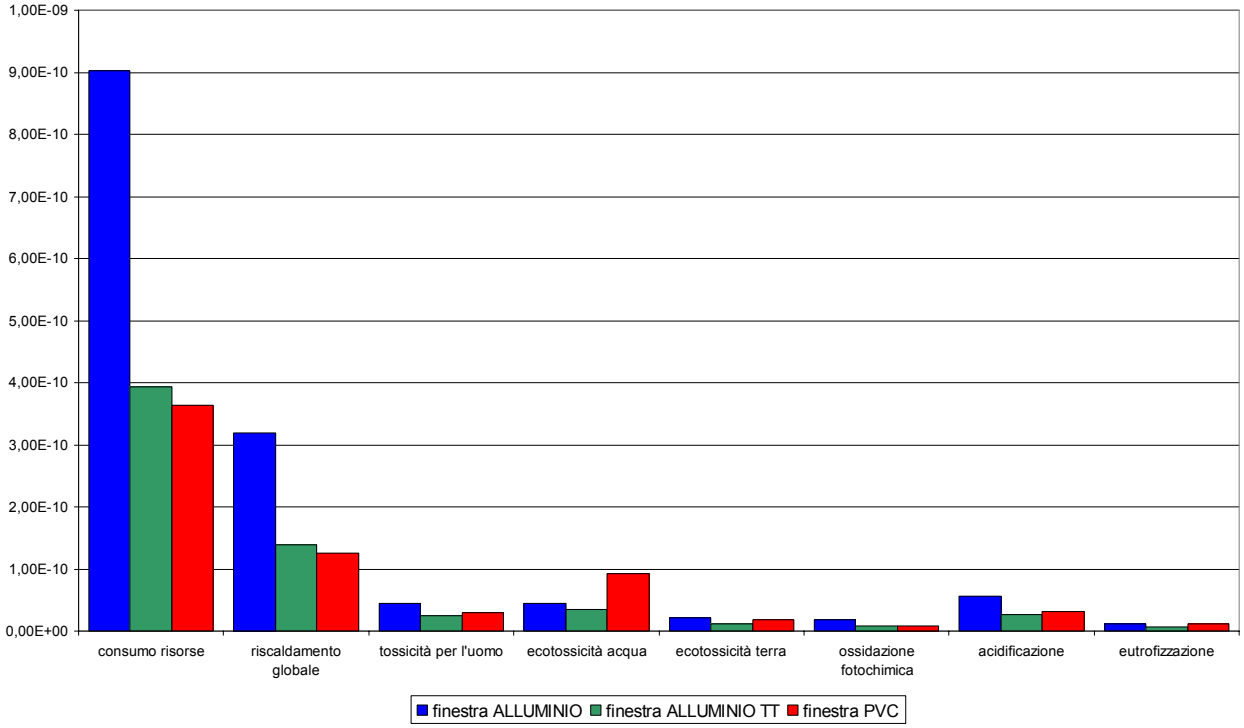
–SERRAMENTI IN ALLUMINIO: 90% RICICLO / 10% DISCARICA

• POSSIBILE SCENARIO FUTURO:

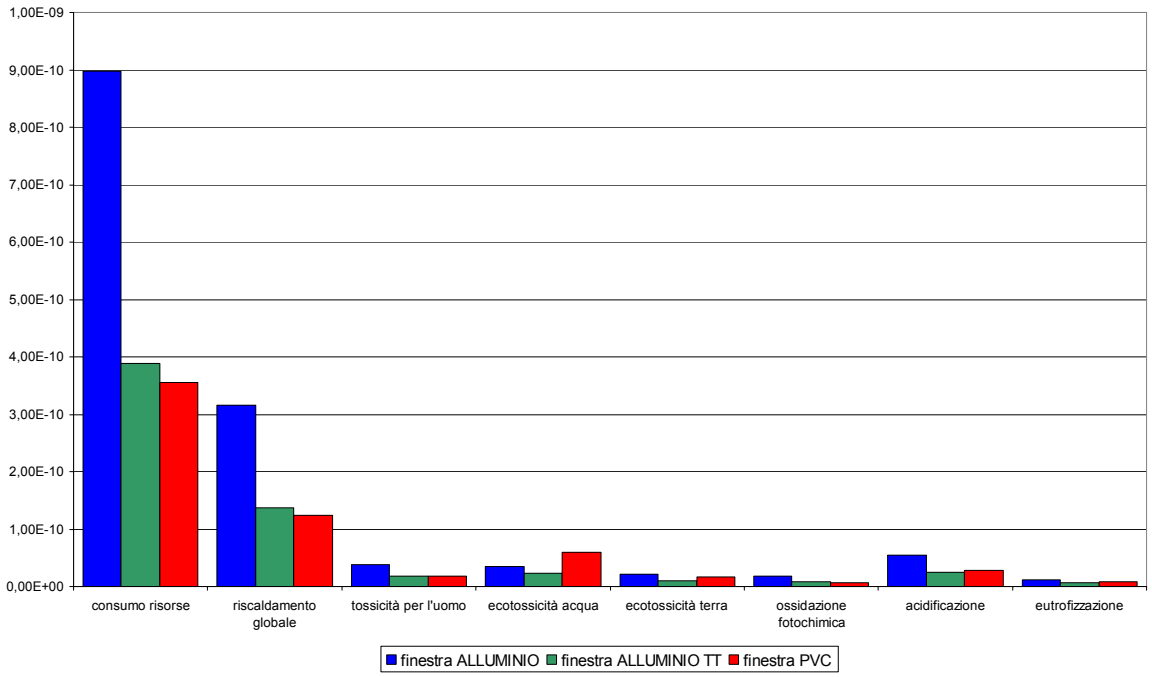
–SERRAMENTI IN PVC: 50% DISCARICA / 45% RICICLO / 5% TERMOVALORIZZAZIONE

–SERRAMENTI IN ALLUMINIO: 99% RICICLO

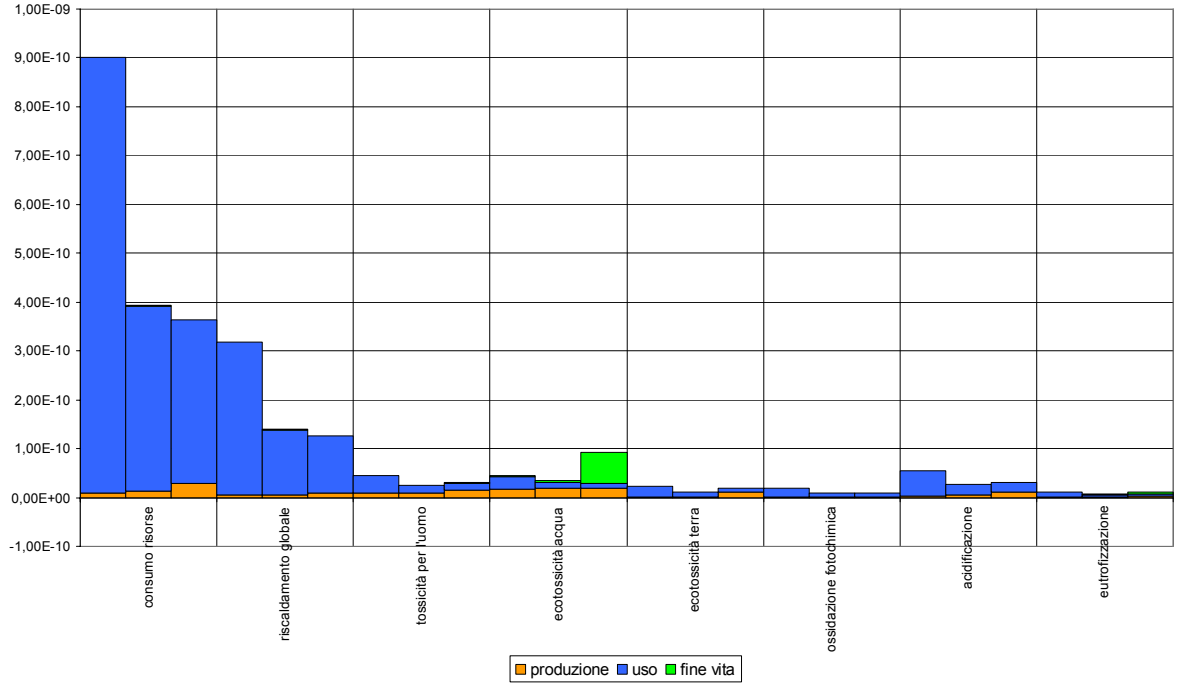
LCA serramenti - Fine vita: situazione italiana attuale
(CML 2000 - Normalizzazione)



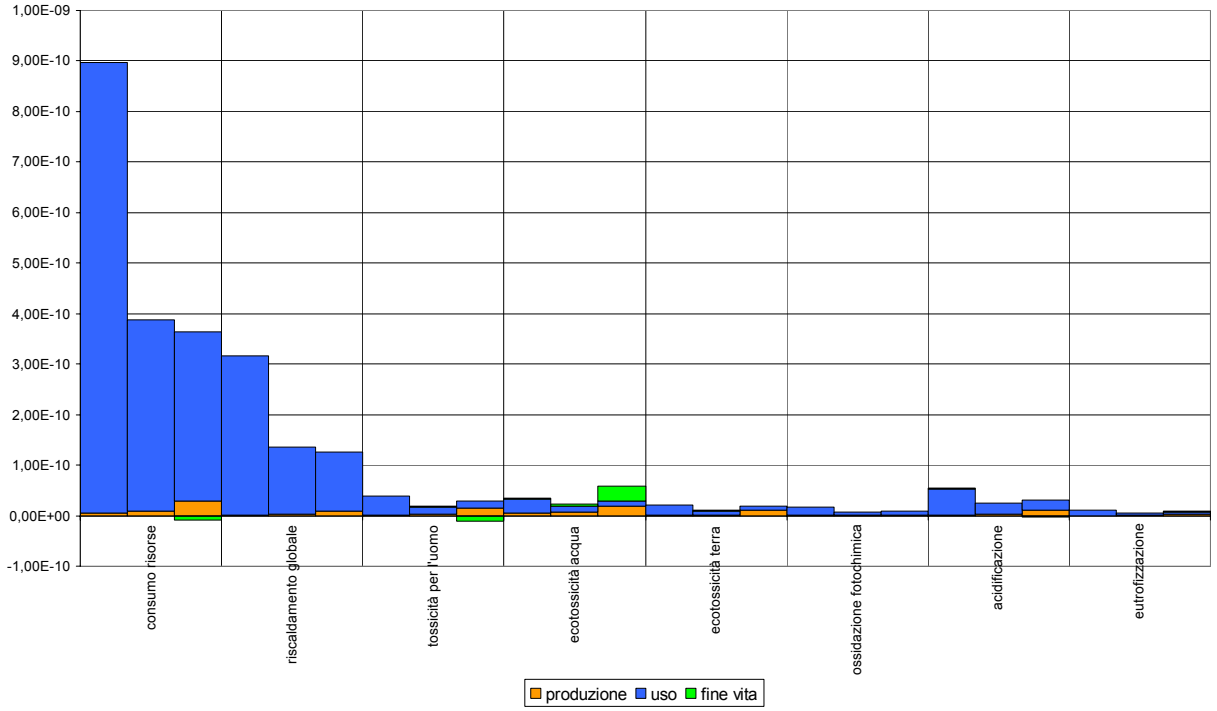
LCA serramenti - Fine vita: possibile scenario futuro
(CML 2000 - Normalizzazione)



LCA serramenti (Al/Al TT/PVC) - Fine vita: situazione italiana attuale
(CML 2000 - Normalizzazione)



LCA serramenti (Al/Al TT/PVC) - Fine vita: possibile scenario futuro
(CML 2000 - Normalizzazione)



Impatto ambientale delle fasi produzione, uso e smaltimento e complessivo dell'unità funzionale finestra in PVC.

Categoria	Unità di sostanza equivalente	Unità funzionale di finestra PVC			
		Produzione	Uso	Smaltimento in discarica	Totale
Consumo di risorse	kg Sb eq	0,438	5,01	0,00297	5,45
Cambiamento climatico (tempo 100 anni)	kg CO_2 eq	42,3	552	1,77	596

Impatto ambientale delle fasi produzione, uso e fine vita e complessivo dell'unità funzionale finestra in alluminio senza taglio termico.

Catergoria	Unità di sostanza equivalente	Unità funzionale di finestra in alluminio senza taglio termico			
		Produzione	Uso	Fine vita 90% riciclo 10% discarica	Totale
Consumo di risorse	kg Sb eq	0,128	13,4	0,0107	13,5
Cambiamento climatico (tempo 100 anni)	kg CO_2 eq	19,2	1480	1,98	1500

Impatto ambientale delle fasi produzione, uso e fine vita e complessivo dell'unità funzionale finestra in alluminio con taglio termico.

Catergoria	Unità di sostanza equivalente	Unità funzionale di finestra in alluminio con taglio termico			
		Produzione	Uso	Fine vita 90% riciclo 10% discarica	Totale
Consumo di risorse	kg Sb eq	0,192	5,69	0,0125	5,89
Cambiamento climatico (tempo 100 anni)	kg CO_2 eq	26	672	2,32	655

Impatto ambientale complessivo (dalla culla alla tomba) dell'unità funzionale finestra in PVC ed in Alluminio con e senza taglio termico, con scenario di fine vita corrispondente alla situazione attuale di smaltimento in Italia

Catergoria	Unità di sostanza equivalente	Unità funzionale di finestra		
		PVC	ALLUMINIO	
			senza taglio termico	con taglio termico
		fine vita: 100% discarica	fine vita: 90% riciclo 10% discarica	fine vita: 90% riciclo 10% discarica
Consumo di risorse	kg Sb eq	5,45	13,5	5,89
Cambiamento climatico (tempo 100 anni)	kg CO_2 eq	596	1500	655

LCA DI SERRAMENTI: CONSIDERAZIONI

- PER I SERRAMENTI LA FASE DI VITA IN OPERA E' QUELLA CHE COMPORTA I MAGGIORI IMPATTI AMBIENTALI: LA CAPACITA' DI ISOLAMENTO TERMICO E' QUINDI LA CARATTERISTICA CHE DISCRIMINANTE TRA I DIFFERENTI MATERIALI
- I SERRAMENTI IN PVC SONO CARATTERIZZATI DA MINORI IMPATTI SIA SUL CONSUMO DI RISORSE CHE SUL RISCALDAMENTO GLOBALE RISPETTO AI SERRAMENTI IN ALLUMINIO (IN PARTICOLARE CONFRONTATI CON QUELLI SENZA TAGLIO TERMICO)
- I SERRAMENTI IN ALLUMINIO SENZA TAGLIO TERMICO HANNO COMPLESSIVAMENTE L'IMPATTO AMBIENTALE MAGGIORE
- IL POSSIBILE SCENARIO FUTURO NON COMPORTA SIGNIFICATIVE VARIAZIONI SUGLI IMPATTI AMBIENTALI RISPETTO A QUELLO ATTUALE

8) CONCLUSIONI: STIMA ENERGIA DISPERSA

EP = fabbisogno di energia primaria per riscaldamento
100 Kwh/anno a m²

$\frac{100}{360}$ = 0,28 Kwh/giorno

$\frac{0,28}{24}$ = 0,012 Kwh/h
= 12 W potenza massima

Appartamento da 100 m²
12 w x 100 m² = 1200 w
12 lampadine da 100 w/cad

Valore medio ammesso:
70 Kwh/ m² anno x 100 m² = 7000 Kwh/anno

ENERGIA USCENTE/ENTRANTE DA SERRAMENTI ESTERNI

1 m² finestra a Milano
Finestra con vetro doppio non trattato
Periodo di riscaldamento 180 gg

Dispersione:
u = 2 w/ m²K
ΔT = 20 K
Q = 2x20 = 40 W/ m²
1 h = 40 Wh/ m²
24 h = 40 x 24 = 960 Wh/ m² giorno ~ 1,0 Kwh/ m² giorno
180 Kwh/ m² anno riscaldamento

Sole entrante**:**
1,0 Kwh/m² giorno valore medio per i mesi di riscaldamento

ENERGIA USCENTE/ENTRANTE DA PARETI ESTERNE

Periodo riscaldamento Milano = 180 giorni

$\Delta T = T_i - T_e = 20$ K
Parete verticale/orizzontale/contatto con esterno:

U = 0,4 w/ m²K
Q = 0,4 x 20 = 8 w/ m²
8 x 1h = 8 wh/ m²
8 x 24H = 192 wh/ m² giorno
192 x 180 gg = 34600 wh/ m² anno riscaldamento
= 35 Kwh/ m² anno

CONCLUSIONE

1. Appartamento in condominio Milano 100 m²

4 pareti esterne esposte nord+est+sud+ovest
Superficie esterna totale = 120 m²
Opaca = 105 m²
Trasparente = 15 m²

Trasparente esposta a est+sud+ovest = 9 m²
" " nord = 6 m²

<u>Dispersioni:</u>

finestre 180 Kwh/ m²anno
180 x 15 m² = 2700 Kwh/anno
pareti 35 Kwh/ m²anno
35 x 105 m² = 3700 Kwh/anno

Totale: 2700 + 3700 = 6400 Kwh/anno

<u>Apporto solare gratuito</u> (da esposizione est+sud+ovest):
1,0 Kwh/ m²giorno
1,0 x m² 9 = 9 Kwh/giorno
9 x 180 gg = 1600 Kwh/anno riscaldamento

Trascurato calore prodotto all'interno dell'appartamento:
Energia dispersa: 6400 – 1600 = 4800 Kwh/anno

2. Appartamento I° piano/ultimo piano

Superficie esterna totale = 120 + 100 = 220 m²
opaca 205 m²
trasparente 15 m²

Trasparente esposta a est+sud+ovest = 9 m²
" " nord = 6 m²

Dispersioni:

finestre 2700 Kwh/ anno

pareti 35 Kwh/ m²anno x 205 m² = 7200 Kwh/anno

Apporto solare gratuito:

1600 Kwh/anno

Energia dispersa: 2700 + 7200 – 1600 = 8300 Kwh/anno