



Politecnico di Torino - Facoltà di Architettura
Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile
Anno Accademico 2018-2019 - Sessione di Laurea Febbraio 2019

UMWELT

La progettazione tra consapevolezza e normativa

Relatore:
Vincenzo CORRADO

Correlatore:
Ilaria BALLARINI

Candidati:
Carlotta QUERCIA
Mauro SALOMONE

INDICE

Introduzione	6
1 – Premessa	7
2 – La situazione energetico-ambientale europea e nazionale	9
3 – Il quadro legislativo sull'efficienza energetica degli edifici	25
3.1 – Il recepimento delle direttive Europee in Italia	26
3.2 – I requisiti minimi di prestazione energetica e la classificazione energetica	27
4 – I requisiti minimi di CasaClima e le classificazioni	41
5 – Confronto tra requisiti minimi	46
PARTE A – Conscious Engineering	48
6 – Strategie progettuali e tecnologie innovative	49
6.1 – Principi di architettura e bioclimatica	50
6.2 – L'involucro edilizio	60
6.3 – Gli impianti tecnici	106
6.4 – Esempi di realizzazione	114
7 – Casa Umwelt	118
PARTE B – Valutazione della prestazione energetica	132
8 – Modelli di calcolo a confronto	133
8.1 – CasaClima	133
8.1.1 – La direttiva CasaClima 2017	134
8.1.2 – La certificazione energetica CasaClima	141
8.2 – UNI/TS 11300	149
8.2.1 – Campo di applicazione	150
8.2.2 – L'algoritmo di calcolo e dati di input e output	151
8.3 – Confronto tra i due modelli	157
9 – La prestazione energetica dell'edificio in progetto	158
9.1 – Calcolo eseguito con CasaClima	159
9.2 – Calcolo eseguito con UNI/TS 11300	163
9.3 – Confronto e analisi critica dei risultati	166
CONCLUSIONI	170
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	
ALLEGATI	
NOMENCLATURA	

INTRODUZIONE

1 - Premessa

Lungo questi 5 anni di studio che ci hanno portato all'importante traguardo della laurea magistrale, è stato nominato spesso l'ambiente, con tutte le sue caratteristiche positive ma anche con la sua problematica più allarmante, l'inquinamento.

Senza il bisogno di approfondire la questione ci si rende conto che il problema siamo noi, gli esseri umani, che con la nostra sete di "benessere" e comfort, abbiamo portato il pianeta all'esasperazione.

Per cui ci siamo trovati in una situazione di allarme dove l'unica cosa utile da fare era reinventarsi e trovare nuovi metodi per soddisfare la necessità di agiatezza e benessere.

Da qui si iniziò a pensare a nuovi metodi per costruire gli edifici, a nuove fonti da sfruttare per alimentare le nostre case e anche qui la risposta era solo una, il pianeta.

La consapevolezza sulla situazione ambientale acquisita negli ultimi anni, ha portato però al raggiungimento di un metodo costruttivo amico dell'ambiente, ovvero CasaClima, che più che essere un metodo costruttivo con uno standard architettonico, è un metodo costruttivo con uno standard energetico.

Mediante la tesi verrà affrontato un percorso lineare partendo dall'inquinamento ambientale che opprime il pianeta, passando per le norme che oggi giorno aiutano i cittadini a costruire edifici che non siano energivori, fino ad arrivare ad un metodo progettuale consapevole che porti ad ottenere una casa "Amica dell'ambiente" verificandone in itinere i consumi energetici.

Il titolo che porta questa tesi è esplicativo "Umwelt" che significa ambiente in tedesco, l'ambiente è tutto ciò che è alla base del metodo progettuale CasaClima, metodo che abbiamo voluto analizzare e capire per poi applicarlo in una piccola realtà come una casa monofamiliare passiva.

Senza la progettazione consapevole e le verifiche effettuate durante tutta la fase progettuale, non sarebbe stato possibile realizzare un progetto tanto ambizioso quanto fattibile.

Lo standard a cui si deve fare riferimento è l'edificio NZEB, ossia Near Zero Energy Building, cioè costruzioni che hanno un consumo di energia molto basso. In generale hanno l'obiettivo di ridurre al minimo le emissioni e il loro impatto negativo sull'ambiente, questo perché hanno una richiesta energetica per il riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria e ventilazione molto bassa.

Ad oggi i nuovi edifici che vengono costruiti, molto spesso, non sono NZEB ma hanno consumi energetici molto ridotti, grazie anche alle normative nazionali aggiornate che richiedono bassissimi consumi energetici per tutte le nuove costruzioni.

Ed è proprio qui che la tesi vuole soffermarsi, ovvero il confronto tra i metodi di calcolo dell'Agenzia e 11300 e i limiti energetici imposti da CasaClima ed il Decreto Ministeriale 26 giugno 2015, facendo anche un'analisi specifica dei bilanci principali per capire dove siano le reali differenze tra i due metodi di calcolo per poi giungere alla conclusione finale.

La conclusione finale sarà dettata dai risultati ottenuti che permetteranno di mettere in luce le differenze tra queste due realtà, così diverse ma anche simili su molti aspetti.

L'unica cosa certa è che non possiamo permetterci di oberare ancora il nostro pianeta con i consumi energetici causati dalle nostre case e questa tesi vorrebbe essere un piccolo contributo in questo percorso verso la sostenibilità ambientale, un piccolo tassello con al suo interno un'idea specifica, ovvero che la consapevolezza e la continua verifica nelle fasi progettuali porta a dei risultati concreti in termini di risparmio energetico.

2- La situazione energetico ambientale europea e nazionale

Il pianeta terra è ricco di risorse rinnovabili e non, fin dalle prime fasi dell'industrializzazione non si prendeva neanche in considerazione l'idea che potessero terminare le risorse fornite dalla terra.

L'essere umano è sempre stato alla ricerca di risorse innovative tant'è che tutto ebbe inizio alla fine dell'800 con lo sviluppo della civiltà industriale.

L'industrializzazione portò alla scoperta del carbone che produsse un immediato miglioramento della vita grazie alla sua capacità di soddisfare le necessità energetiche, successivamente si scoprì l'energia idroelettrica, e con quest'ultima anche gli innumerevoli giacimenti petroliferi in Medio Oriente.

La scoperta dei giacimenti petroliferi segnò un importante tappa storica in ambito economico ed ambientale, infatti dal '900 in poi il petrolio ebbe un ruolo cardinale all'interno del mercato mondiale.

Tutto questo fino al 1979 quando ci fu la prima grande crisi energetica, il petrolio ebbe un brusco rialzo economico e la maggior parte dei paesi industrializzati, essendone dipendenti, ebbero forti ripercussioni sull'economia interna. (Figura 1)

Da questo grave problema nacque la necessità di trovare una nuova fonte



Figura 1
Immagine esplicativa della situazione critica presente nel periodo dell' crisi petrolifera.

energetica, le ricerche portarono alla scoperta del gas naturale, che si scoprì avere minor impatto sull'ambiente e risultò essere un'ottima alternativa. Dopo il gravoso rialzo economico del petrolio si comprese la gravità dell'essere così dipendenti da una risorsa non rinnovabile, ubicata per giunta in un paese estero, motivo per cui venne attuato un nuovo piano energetico per consentire all'occidente di avere un'autonomia energetica e distaccarsi il più possibile dall'oriente.

Già prima della grande crisi energetica del 1979, vi era stato il tentativo di tutelare l'ambiente e la popolazione creando l'AIE¹, organismo autonomo con l'obiettivo di fornire la sicurezza energetica sfruttando un processo di risposta collettiva all'interruzione delle forniture petrolifere, fornendo anche ricerche ed analisi che indirizzassero i paesi membri a garantire l'accessibilità alle fonti energetiche pulite ed affidabili, ma soprattutto rinnovabili.

La crisi energetica è solamente un episodio nel panorama storico che ha spinto l'uomo a cercare fonti energetiche alternative e rinnovabili, questo processo nel corso del tempo ha permesso di ottenere risultati ottimali anche grazie all'innovazione.

Nonostante i miglioramenti registrati nel corso del tempo il continuo aumento della richiesta energetica ha evidenziato la necessità di trovare ulteriori fonti rinnovabili.

ma non basta perché vi è un continuo aumento della richiesta di energia, e l'uomo deve cercare il più possibile di utilizzare l'energia rinnovabile, però questo processo risulta ancora in fase di miglioramento.

Malgrado gli sforzi effettuati tra il 1974 ed il 2004 infatti si è registrato un sorprendente aumento dell'energia elettrica consumata, l'impennata registrata in questa finestra di 30 anni di tempo ha causato svariati problemi all'ambiente.

Alcune ricerche effettuate nel medesimo periodo evidenziarono la possibilità di aumento del consumo energetico a livello mondiale, dato che venne ritenuto allarmante in quanto vi era la consapevolezza che molte delle risorse non rinnovabili utilizzate fossero ancora disponibili, ma che ben presto si sarebbero esaurite, motivo per cui si comprese che fosse necessario rivolgere l'attenzione verso risorse rinnovabili ed inesauribili, come il sole.

La questione dell'inquinamento ambientale, allarmò fin da subito le maggiori organizzazioni mondiali, che si occuparono di trovare la soluzione ad una problematica che destinata ad aggravarsi, per cui dal 1988 iniziarono

¹ Agenzia Internazionale dell'Energia

a svolgersi importanti congressi internazionali con lo scopo principale di studiare nuove politiche d'azione atte alla salvaguardia dell'ambiente.

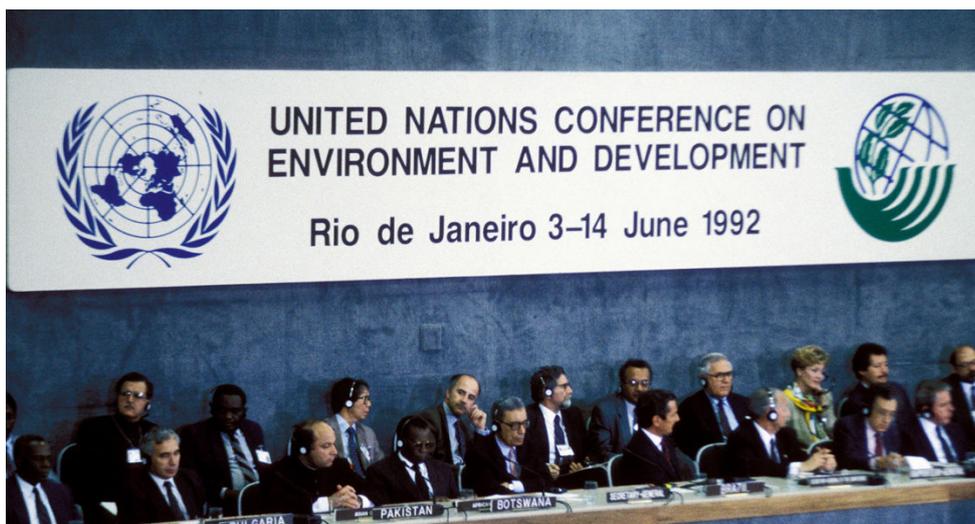
Proprio nel 1988 venne fondato il gruppo intergovernativo di esperti sul cambiamento climatico, l'IPCC², composto da due importanti organismi delle Nazioni Unite, WMO³ ed UNEP⁴, che si occupano di ambiente e clima.

Nello specifico venne organizzato un comitato scientifico di alto livello, all'interno del quale si studiarono gli effetti, l'impatto e le cause del cambiamento climatico e le eventuali soluzioni.

L'IPCC è un gruppo intergovernativo composto da esperti sui cambiamenti climatici che si occupa di valutare le informazioni scientifiche, le informazioni tecniche e le informazioni socio-economiche pertinenti il cambiamento climatico.

Il 6 dicembre 1988 l'IPCC fu convocato con la richiesta di creare una revisione globale sulla situazione scientifica dei cambiamenti ambientali, analizzandone l'impatto sulla società e sull'economia globale.

Nel 1992 a Rio de Janeiro, (Figura 2), si svolse il cosiddetto "Summit della Terra", in occasione del quale si adottò la Convenzione delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici detta anche UNFCCC⁵, con l'obiettivo di ridurre i valori di gas serra ad un livello tale da non causare ulteriori danni al clima.



2

Inizialmente l'UNFCCC, non impose specifici limiti per quanto riguarda le emissioni di gas serra in ambiente, ma impose ai paesi aderenti di adottare protocolli che indicassero un valore limite, generalmente i protocolli

Figura 2
Fotografia della più grande conferenza, per numero di partecipanti, della storia, tenutasi a Rio de Janeiro dal 03-14 giugno 1992

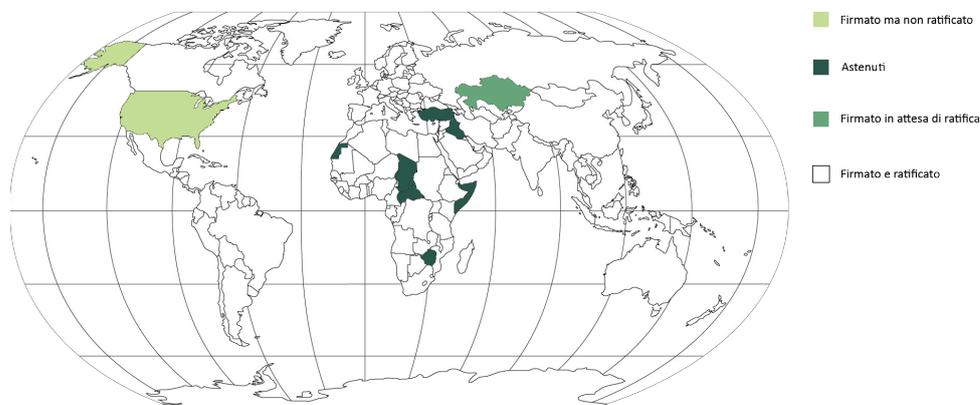
² Intergovernmental Panel on Climate Change

³ World Meteorological Organization

⁴ Programma Nazioni Unite per l'ambiente

⁵ United Nations Framework Convention on Climate Change

Figura 3
 Situazione d'insieme
 sull'adesione dei vari
 Stati al Protocollo di
 Kyoto



3

Mediante il Protocollo di Kyoto veniva esplicitamente richiesto di ridurre le emissioni di gas serra almeno del 5,2% rispetto i valori registrati alla fine degli anni'90, il tutto entro il 2012, per agevolare tutto ciò all'interno del protocollo vi erano meccanismi di mercato tali da permettere agli stati membri di ridurre le emissioni di gas serra.

Nel 2005 entrò in vigore la direttiva "Emission Trading" e ebbe inizio la prima fase dell'European Union Emission Trading Scheme ovvero il primo sistema di scambio di emissioni mondiale.

Nel 2008 i paesi aderenti avviarono politiche atte a ridurre le emissioni di gas serra di circa il 5%, rispetto quello del 1990, entro il 2012.

Nel 2009 a Copenaghen ci fu la Cop15⁶, per l'occasione tutti i paesi sviluppati si impegnarono a stanziare risorse pari a 100 miliardi di dollari l'anno per finanziare ed assistere i paesi in via di sviluppo.

Nel 2011 venne emanato il trattato Ad Hoc Working Group on the Durban Platform for Enhanced Action ovvero ADP, con l'obiettivo vincolante di regolare le emissioni di gas serra entro il 2015.

⁶ Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici

Nel 2012, tutti i paesi aderenti al Protocollo di Kyoto adottarono il secondo periodo di impegno per i paesi industrializzati dal 2013 al 2020, con l'impegno di ridurre le emissioni di gas serra del 18%, rispetto quello registrato nel 1990, il tutto il 2020.

Nel 2014 a Lima, ci fu la COP 20 ovvero la XX conferenza delle parti, dove venne richiesto ai i paesi aderenti di presentare entro il 2015, o almeno entro la conferenza di Parigi del 2015, il loro contributo nazionale alla riduzione delle emissioni di gas serra.

In occasione della XXI conferenza sull'ambiente tenutasi a Parigi nel 2015, è stato definito un piano d'azioni per ridurre e limitare il surriscaldamento globale ad un valore inferiore ai 2°, nello specifico gli obbiettivi richiesti dalla XI conferenza, possono essere riassunti in 5 punti:

Mantenere al di sotto dei 2° il surriscaldamento globale, per ottenere questi risultati tutti i paesi aderenti devono impegnarsi a far calare le emissioni entro il 2020;

La partecipazione globale, a differenza di quando accaduta nel 2009 in questo caso tutti i maggiori paesi inquinanti hanno partecipato, tra queste Cina e Stati Uniti;

Verifiche quinquennali, ogni 5 anni verrà svolta una verifica degli obbiettivi;

Erogazione di fondi per l'energia pulita, gli stati maggiormente industrializzati dovranno stanziare un fondo di circa cento miliardi l'anno, a partire dal 2020, per aiutare la diffusione dell'energia pulita e sostenibile e la decarbonizzazione.

Nel 2025 verrà stabilito un nuovo obiettivo finanziario cui potranno partecipare anche privati;

Azioni di rimborso, ovvero si prevede distanziare un rimborso ai paesi maggiormente arretrati, per sopperire ai danni causati dai cambiamenti climatici avvenuti a causa dei paesi maggiormente industrializzati.

Nel 2016 si svolse la XXII conferenza delle parti in Marocco, in occasione di quest'evento è stato stabilito l'obbligo da parte dei paesi aderenti di fare il punto sulla situazione delle emissioni di CO₂ entro il 2017.

Nel 2017 a Bonn in Germania, si svolse la XXIII conferenza ma senza rilevare miglioramenti degni di nota.

L'ultimo rapporto sul clima emesso dall'IPCC⁷ ha evidenziato un

⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change

aumento della temperatura globale pari a 1,5° C, imponendo quindi la riduzione delle emissioni di CO₂ del 45% entro il 2020, questo è stato uno degli argomenti al centro dell'ultima conferenza delle parti svoltasi a Katowice, in Polonia, nel dicembre 2018.

In occasione dell'ultima COP24 sono stati discussi differenti temi inerenti la problematica del clima, nello specifico i temi sono stati suddivisi in tre grandi gruppi:

" - Tecnologia, per mostrare che esistono delle soluzioni moderne rispettose dell'ambiente, come l'elettromobilità utilizzata per lo sviluppo urbano sostenibile, aria pulita e nuove opportunità di lavoro;

- Umano, evidenziando la necessità di guidare il cambiamento globale insieme alle persone, sfruttando la solidarietà e la trasformazione delle regioni e dei settori industriali;

- Natura, la gestione forestale multifunzionale e sostenibile come parte della neutralità climatica e il ruolo delle foreste come gas serra e sostegno a una visione sinergica delle tre convenzioni chiave delle Nazioni Unite: sul clima, sulla biodiversità e sulla desertificazione."⁸

⁸ <https://cop24.gov.pl/presidency/key-messages/>

Il quadro energetico europeo

Nell'ultimo decennio l'Europa ha fatto grandi progressi nel campo dell'efficienza energetica, questo è stato possibile anche grazie all'innovazione, che ha permesso l'accesso e l'impiego delle nuove fonti rinnovabili, diverse dai combustibili fossili.

Analizzando i dati raccolti da Eurostat, i combustibili fossili utilizzati come fonte di energia, sono circa il 72% dell'intero consumo lordo, il dato non è positivo, ma è importante specificare che le fonti rinnovabili sono in rapida crescita e con loro la riduzione del consumo energetico.

L'aumento dell'utilizzo delle fonti rinnovabili ha permesso di ridurre del 10% il consumo energetico europeo, riducendo sensibilmente l'impatto sull'ambiente e le emissioni di CO₂.

Nel 2014 l'Europa è stata in grado di produrre solamente il 35% dell'energia di cui necessita, il restante l'ha ottenuto mediante l'importazione; è importante però analizzare la composizione dell'energia prodotta dall'Europa per meglio comprendere quali risorse siano maggiormente utilizzate.

Il 35% di energia prodotta dell'Europa è composta da queste percentuali di energia (Figura 4):

- Prodotti petroliferi 34,3 %
- Gas naturali 21,4%
- Combustibili solidi 16,7%
- Energia nucleare 14,1%
- Energia rinnovabile 12,7%
- Altre fonti di energia 0,8%

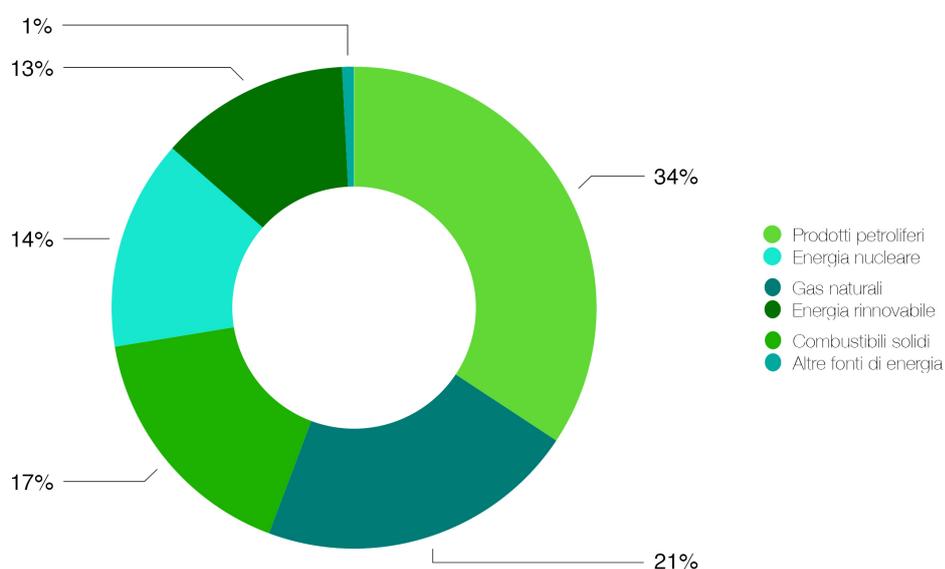
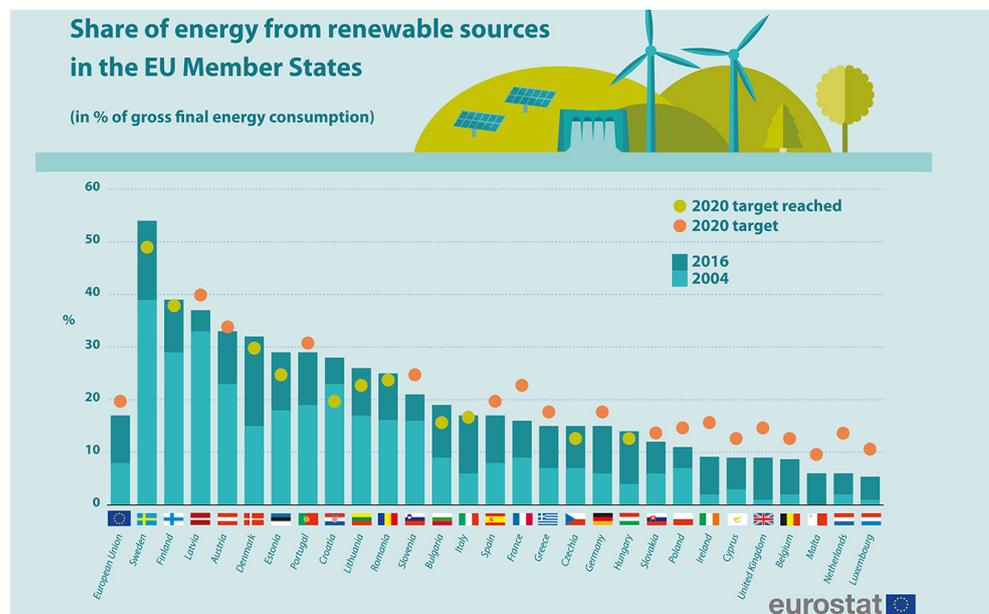


Figura 4
Grafico con le quote di energia prodotta suddivisa per fonte

Figura 5
 Grafico rappresentante
 i progressi Europei dal
 2004 al 2016



5

Come si nota dal grafico soprastante (figura 5), l'UE nel suo complesso è molto vicina al raggiungimento degli obbiettivi prefissati per il 2020¹⁰, ma non si può dire lo stesso per tutti i paesi membri.

Come si può notare molti paesi hanno ampiamente superato i limiti richiesti entro il 2020 già nel 2016, mentre altri sono ancora lontani dall'obiettivo, rischiando così di non raggiungerlo.

Come si evince da quanto detto fino ad ora, sia a livello mondiale che a livello europeo la strada verso l'utilizzo di fonti rinnovabili per creare energia è in continuo sviluppo, ci si aspettano risultati ottimali per il futuro specialmente perché grazie alle tecnologie per l'utilizzo di queste fonti rinnovabili che sono in continuo sviluppo.

⁹ Ufficio statistico dell'Unione Europea
¹⁰ Raggiungere una quota di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 20% del consumo finale lordo entro il 2020

Nel corso del tempo l'Europa ha fissato svariati obiettivi comuni da raggiungere entro il 2030 per avere un pianeta meno inquinato.

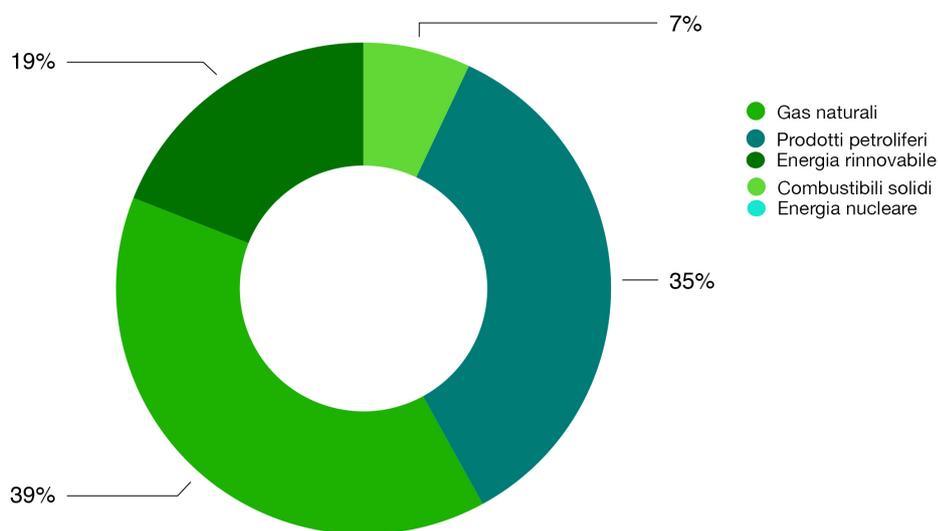
Gli obiettivi prefissati sono principalmente i seguenti:

- Ridurre almeno del 40% le emissioni di gas serra;
- Avere una quota almeno del 27% di energia rinnovabile;
- Un miglioramento di almeno il 27% dell'efficienza energetica.

Obiettivi ambiziosi ma possibili con il giusto impiego di energia e risorse.

Il quadro energetico italiano

Le quote di energia prodotte in Europa sono date dalla media di tutte le quote dei paesi europei, motivo per cui è necessario analizzare nello specifico le quote di energia prodotta in Italia, suddivisa anche in questo caso per fonte. (figura 6)



6

Come si nota dal grafico soprastante, l'Italia possiede una percentuale di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 19% dell'intera energia prodotta. Oltre alle fonti per la produzione di energia è importante analizzare il quantitativo di emissioni di CO₂, che risultano avere un andamento decrescente, infatti, secondo i dati raccolti dal 1990 al 2016 le emissioni di CO₂ risultano essere in riduzione continua, all'interno del grafico seguente (figura 7) è

Figura 6
Grafico con le quote di energia prodotta suddivisa per materiale

Figura 7
Grafico dell'andamento delle emissioni di CO₂, in Italia dal 1990 al 2016.

possibile notare come nello specifico le emissioni di CO₂, siano drasticamente diminuite rispetto le quantità emesse nel 1990.



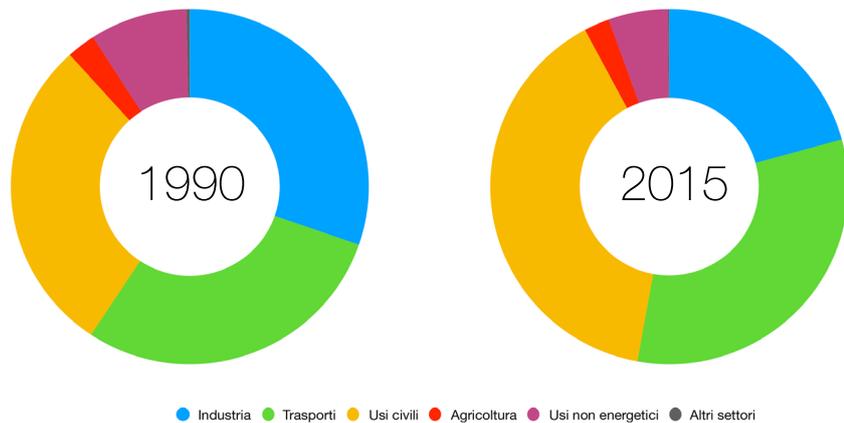
7

Le emissioni di CO₂, sono causate da molteplici fattori, nello specifico dai vari settori presenti all'interno del Paese oggetto di analisi, nel caso dell'Italia i settori sono suddivisi come segue:

- Industria;
- Trasporti;
- Usi civili;
- Agricoltura;
- Usi non energetici;
- Altri usi.

Nel grafico (Figura 8) sottostante vi è un confronto tra i consumi energetici, suddivisi per settore, tra il 1990 ed il 2015

Figura 8
Grafici dei consumi energetici suddivisi per settore, nel 1990 e nel 2015.



8

È evidente come i consumi energetici maggiori siano causati dal settore "usi civili" ovvero le abitazioni.

Le analisi sono state effettuate in una finestra di tempo costante, ovvero tra il 1990 ed il 2015, ed è emerso che i consumi energetici residenziali sono creati per la maggior parte da gas naturale, come si evince dal grafico sottostante (Figura 9).

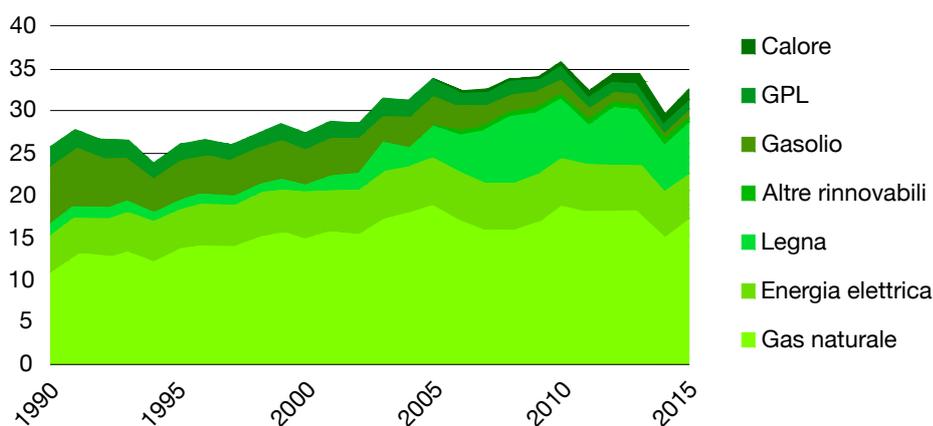


Figura 9
Grafico dei consumi energetici, nel settore residenziale, suddivisi per fonte.

9

Analizzando nello specifico i consumi energetici di un'abitazione tipo emerge che i maggiori consumi energetici sono da riferirsi al riscaldamento ed al raffrescamento (figura 10).

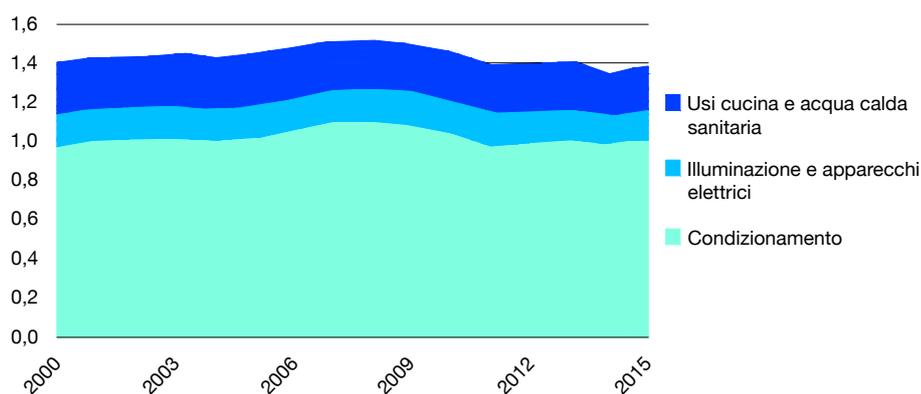


Figura 10
Grafico dei consumi energetici di un'abitazione, suddivisi per servizio.

10

I risultati ottenuti dalla raccolta dati, ha dimostrato come il condizionamento degli edifici residenziali impatti gravemente sull'ambiente, questa situazione allarmante ha scaturito reazioni di vario genere all'interno dello stato. Fin da subito si comprese che era necessario trovare una soluzione per tutto ciò, da qui nacquero nel corso del tempo molti piani d'azione, atti alla

riduzione delle emissioni di CO₂ ed alla sensibilizzazione ambientale.

L'energia nel futuro

Molte delle più importanti società si sono mobilitate nel tempo per creare un elenco di obiettivi futuri da raggiungere per salvaguardare il nostro pianeta, questo per creare delle linee guida che permettessero ai vari stati di indirizzarvi verso un uso più consapevole delle risorse disponibili.

La necessità di avere delle linee guida ha condotto alla creazione di alcune delle più importanti attività per il futuro, con il risultato di una mobilitazione quasi globale per salvaguardare il nostro pianeta, il tutto senza trascurare quello che è l'approccio sostenibile.

Agenda 21

L'agenda 21 fu uno dei primi piani d'azione creato dopo la Conferenza di Rio de Janeiro del 1992, consiste in una vera e propria agenda di "cose da fare" nel XXI secolo, al suo interno è possibile trovare una pianificazione delle azioni da eseguire a livello nazionale e locale da parte delle varie organizzazioni, dai governi e dalle amministrazioni ove sia presente l'impatto umano sull'ambiente.

All'interno dell'"Agenda 21" è possibile trovare indicazioni riguardo alcuni aspetti come:

- ***Trasversalità, ovvero tentare di estendere il concetto di sostenibilità a più enti possibile;***
- ***Miglioramento continuo, vengono monitorate tutte le fasi del processo per poterlo portare ad un miglioramento continuo atto ad ottenere risultati sempre migliori;***
- ***Partenariato, si tenta di creare partnership con l'obiettivo di diffondere il concetto di sostenibilità;***
- ***Visione condivisa, ovvero divulgare la costruzione di uno scenario unico di sviluppo sostenibile all'interno di una stessa comunità;***
- ***Governance, in questo caso specifico per l'Agenda21 è stata messa in atto una nuova politica più inclusiva ed attenta a tutte le varie politiche sociali che si innescano all'interno di uno Stato;***

¹¹<http://www.minambiente.it/pagina/lagenda-21>

- *Corresponsabilizzazione, ovvero un'azione globale e sinergica da parte di cittadini e politica.*" ¹¹

Energy Road Map

Nel luglio del 2009, in occasione del G8 gli stati membri dell'UE hanno annunciato la necessità di ottenere dei livelli di gas serra inferiori dell'80% rispetto a quelli del 1990, il tutto entro il 2050. (Figura 11)

Successivamente, in fase di stipula del trattato, l'Europa ha deciso di modificare i valori portandoli a una quantità compresa tra l'80% ed il 95%, valori sempre riferiti a quelli registrati nel 1990.

Successivamente, nell'ottobre del 2009, grazie all'aiuto dell'ECF ovvero European Climate Foundation è stata creata una base da cui partire per raggiungere l'obiettivo della riduzione del gas serra, qui nasce l'Energy Roadmap 2050.

L'Energy Roadmap 2050 si presenta come una vera e propria guida che vede l'Europa con basse emissioni di carbonio e di conseguenza una riduzione dei gas serra pari o superiore all'80%.

La tabella di marcia contenuta all'interno dell'Energy Roadmap 2050 si può riassumere con due grandi obiettivi:

- Studiare la fattibilità economica e tecnica delle azioni atte ad ottenere una riduzione del gas serra;
- Cercare di estrapolare le conseguenze di queste azioni sul sistema energetico europeo nei prossimi anni, sempre correlato alle azioni da eseguire per la riduzione dei gas serra.

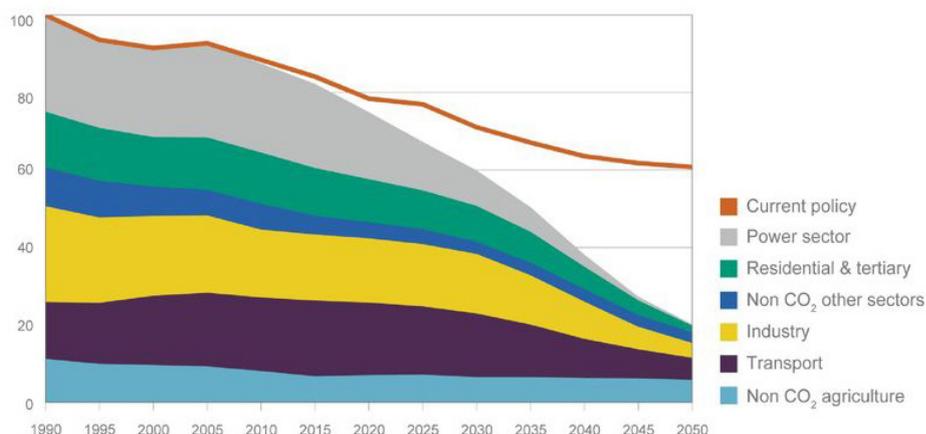


Figura 11
Possibile scenario di riduzione dei gas serra entro il 2050

Il grafico soprastante indica una probabile riduzione dei gas serra in Europa, entro il 2050, ma è altrettanto importante indicare come l'Unione Europea si sia posta degli ulteriori obiettivi intermedi come la riduzione del 40% dei gas serra entro il 2030 e la riduzione del 60% dei gas serra entro il 2040.

Pacchetto clima - energia 20-20-20

Il pacchetto clima-energia 20-20-20 è anche conosciuto con il nome di "Piano 20-20-20", è stato pensato per prendere il posto del Protocollo di Kyoto che ha visto il suo termine nel 2012.

Le indicazioni contenute nel "pacchetto" si trovano all'interno della direttiva 2009/29 CE, con una durata compresa tra il 2013 ed il 2020.

Come suggerisce il nome, il piano prevede una diminuzione del 20% delle emissioni di gas serra, un aumento del 20% della quota di energia rinnovabile prodotta ed aumentare al 20% il risparmio energetico.

Riassumendo i punti sopracitati, l'obiettivo è di ridurre il cambiamento climatico aumentando l'utilizzo di risorse rinnovabili.

All'interno del pacchetto clima-energia 20-20-20 sono contenute alcune misure per il raggiungimento dell'obiettivo precedentemente spiegato, seguirà un breve elenco che riassume schematicamente le misure da attuare secondo il pacchetto:

" 1. Revisione del sistema di scambio delle quote di emissioni di gas serra, ovvero il Sistema EU-ETS¹², modificando l'estensione dello scambio di quote per ridurre le emissioni di queste ultime;

2. Divulgazione del metodo Effort sharing extra EU-ETS, ovvero una suddivisione delle azioni per ridurre le emissioni, in pratica vengono suddivisi tra i vari stati membro dei singoli obiettivi di riduzione, ad esempio in Italia è stato assegnato un obiettivo di riduzione pari al 13%;

3. Divulgazione del Carbon Capture and Storage – CCS¹³, ovvero quel metodo che permette di stoccare il carbonio con procedimento totalmente ecologici, in questo modo non sarebbe più presente, con la stessa quantità, in atmosfera;

4. Utilizzare il più possibile l'energia proveniente da fonti rinnovabili raggiungendo il 20% di copertura delle energie totali utilizzate.

In questo caso si utilizza il metodo dell'Effort sharing extra EU-ETS, asse-

¹² European Union Emission Trading Scheme

¹³ Cattura e stoccaggio geologico del carbonio

gnando ad ogni stato membro il suo obiettivo, in Italia ad esempio è del 17%;

5. Ridurre le emissioni di CO₂ da parte delle automobili, dal 2011 le nuove auto hanno un limite di emissione pari a 130 gr CO₂/km ma nel 2020 si prevede che il livello medio raggiunga un valore pari a 95 gr CO₂/km;

6. Migliorare i combustibili utilizzati per ridurre le emissioni di gas serra, arrivando ad una riduzione pari al 6% durante il loro intero ciclo di vita." ¹⁴

Nel grafico che segue è stata analizzata la quota dell'energia rinnovabile sull'energia totale utilizzata, quale al punto 4, il confronto è stato fatto tra il 2004 (indicato in rosso) ed il 2016 (indicato in verde), si può subito notare l'aumento della quantità di energia rinnovabile nel 2016. (Figura 12)

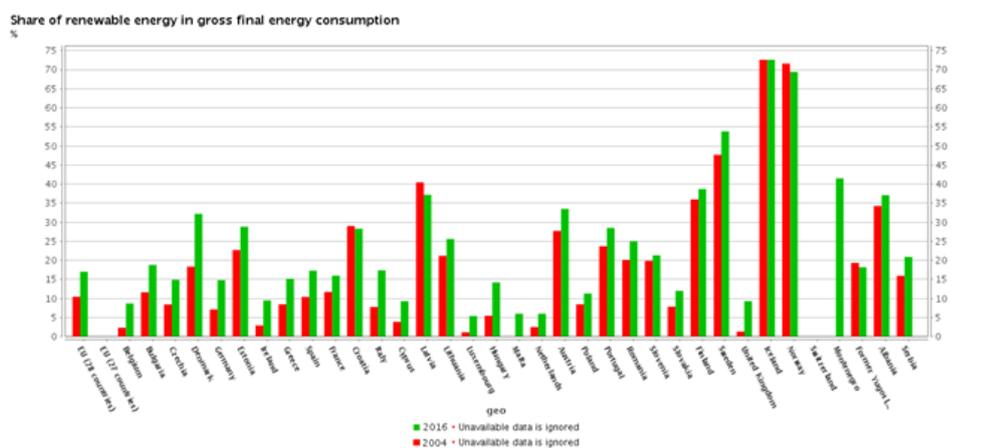


Figura 12
Grafico con il confronto delle emissioni nel 2004 e nel 2016

12

Clean Energy For all European

Nel novembre del 2016 è stata presentato un nuovo pacchetto di misure contenenti il quadro legislativo per raggiungere l'obiettivo dell'energia pulita, da qui nasce il pacchetto "Clean Energy for all Europeans"¹⁵. Clean Energy for all Europeans nasce per permettere agli stati membri di rispettare comunque i limiti imposti dal Protocollo di Kyoto, ma raggiungere una stabilità nel settore energetico, aiutandolo quindi a diventare più sostenibile e competitivo, creando l'Unione dell'Energia.

Il pacchetto può essere riassunto in tre macro-obiettivi principali:

1. Porre l'efficienza energetica al primo posto;
2. Riuscire a raggiungere una leadership globale nel campo delle energie rinnovabili;
3. Trovare un accordo con i consumatori per incoraggiare l'utilizzo di

¹⁴ <https://www.reteclima.it/piano-20-20-20-il-pacchetto-clima-energia-20-20-20/>

¹⁵ Energia pulita per tutti gli Europei

energie rinnovabili.

All'interno del pacchetto sono anche contenute otto diverse proposte legislative per il raggiungimento degli obiettivi:

1. Rendimento energetico degli edifici;
2. Energia rinnovabile;
3. Efficienza energetica;
4. Governance;
5. Regolazione elettrica;
6. Direttive sull'elettricità;
7. Regolamento sui rischi;
8. Indicazioni per i regolatori energetici ovvero indicazioni per ACER¹⁶. La nuova energia dovrà essere basata su un'economia con basse emissioni di CO₂, ed avere un occhio di riguardo per il clima allontanandosi dalle vecchie tecnologie e dall'utilizzo di combustibili fossili.

Con questi obiettivi l'Europa tenta la transazione verso un'energia pulita ed un'energia unita, come accennato sopra l'intento è quello di creare l'Unione dell'Energia che prevede la creazione di un sistema energetico totalmente integrato a livello continentale, permettendo così l'interscambio di energia tra i vari stati senza ostacoli da parte delle frontiere.

¹⁶ Associazione per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia

3- Il quadro legislativo sull'efficienza degli edifici

Vista la situazione energetica allarmante, e assodato che la principale causa siano le abitazioni, nel 2002 è stata emessa la direttiva 2002/91/CE, anche conosciuta come EPBD¹⁷.

L'EPBD prevede che gli stati membri rispettino degli specifici requisiti minimi di efficienza energetica differenziati per nuovi edifici ed esistenti, e prevedere la certificazione del rendimento energetico.

Nel 2010, in sostituzione alla precedente direttiva 2002/91/CE, venne emessa la direttiva 2010/91/UE conosciuta anche come EPBD RECAST oppure EBPD II, che introduce un elemento ormai fondamentale nel panorama edilizio italiano, l'attestato di prestazione energetico, ovvero l'APE. L'EPBD RECAST fornisce indicazioni riguardo "l'edificio energia quasi zero", individuando le procedure da seguire per ottenere un edificio energia quasi zero dal punto di vista tecnico e finanziario, inoltre la direttiva fornisce un vero e proprio piano d'azione nazionale comprendete gli obiettivi da raggiungere alla fine del 2014.

Successivamente viene emessa una nuova metodologia di calcolo della prestazione energetica per manufatti di nuova costruzione, fornendo indicazioni precise su quali elementi dovranno essere tenuti in considerazione, all'interno del calcolo, come:

- Le caratteristiche termiche dell'edificio e relative divisioni interne;
- Gli impianti di riscaldamento, di raffrescamento, di acqua calda sanitaria, di ventilazione e di illuminazione;
- L'orientamento e la posizione del manufatto;
- La presenza di sistemi solari passivi;
- Le condizioni climatiche interne ed i carichi energetici interni.

L'ultima modifica alle direttive vigente è stata effettuata recentemente, il 19 maggio 2018 è stata presentata la direttiva 2018/844, in sostituzione dell'ormai obsoleta direttiva 2010/31/UE.

La nuova direttiva semplifica ed integra le disposizioni vigenti per ottenere gli obiettivi previsti dall'Unione Europea nel 2030, le indicazioni riportate sono numerose ma tra le più importanti vi è quella di rendere più performanti le azioni di ristrutturazione di edifici esistenti in modo tale da renderli consoni al futuro parco immobiliare che vede un settore edile decarbonizzato e NZEB.

¹⁷Energy Performance of Buildings Directive

3.1 - Il recepimento delle direttive europee in Italia

In Italia l'EPBD RECAST, fu recepito solamente nel 2013 mediante il Decreto Legge n.63/2013 che prevedeva l'inserimento della nuova metodologia di calcolo, ma prima vigeva la legge quadro più precisamente la Legge 10 del 09/01/1991 pubblicata con il titolo di "**Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti di energia**".

La legge fornisce informazioni precise riguardo gli obiettivi da raggiungere, tra cui:

- *"Al fine di migliorare i processi di trasformazione dell'energia, di ridurre i consumi di energia e di migliorare le condizioni di compatibilità ambientale dell'utilizzo dell'energia a parità di servizio reso e di qualità della vita, le norme del presente titolo favoriscono ed incentivano, in accordo con la politica energetica della Comunità economica europea, l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi di energia nella produzione e nell'utilizzo di manufatti, l'utilizzazione delle fonti rinnovabili di energia, la riduzione dei consumi specifici di energia nei processi produttivi [...]"*
- *"La politica di uso razionale dell'energia e di uso razionale delle materie prime energetiche definisce un complesso di azioni organiche dirette alla promozione del risparmio energetico, all'uso appropriato delle fonti di energia, anche convenzionali, al miglioramento dei processi tecnologici che utilizzano o trasformano energia, allo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia, alla sostituzione delle materie prime energetiche di importazione."*
- *"Ai fini della presente legge sono considerate fonti rinnovabili di energia: il sole, il vento, l'energia idraulica, le risorse geotermiche, le maree, il moto ondoso e la trasformazione dei rifiuti organici o prodotti vegetali. [...]"*¹⁸

Dopo la Legge 10 del 09/01/1991 venne emesso un DPR, ovvero il Decreto Presidente della Repubblica 142 del 26/08/1993 all'interno del quale vennero presentate per la prima volta le zone climatiche.

Le zone climatiche italiane sono state create suddividendo in sei aree il suolo nazionale basandosi sulla temperatura media registrata a livello comunale, è importante specificare che la raccolta e la classificazione di questi dati avviene senza tenere conto della posizione geografica.

Le zone sono indicate con lettere dalla A alla F riportanti relativi parametri di temperatura media. (figura 13)

¹⁸ Legge 10 - Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti di energiaBuilding

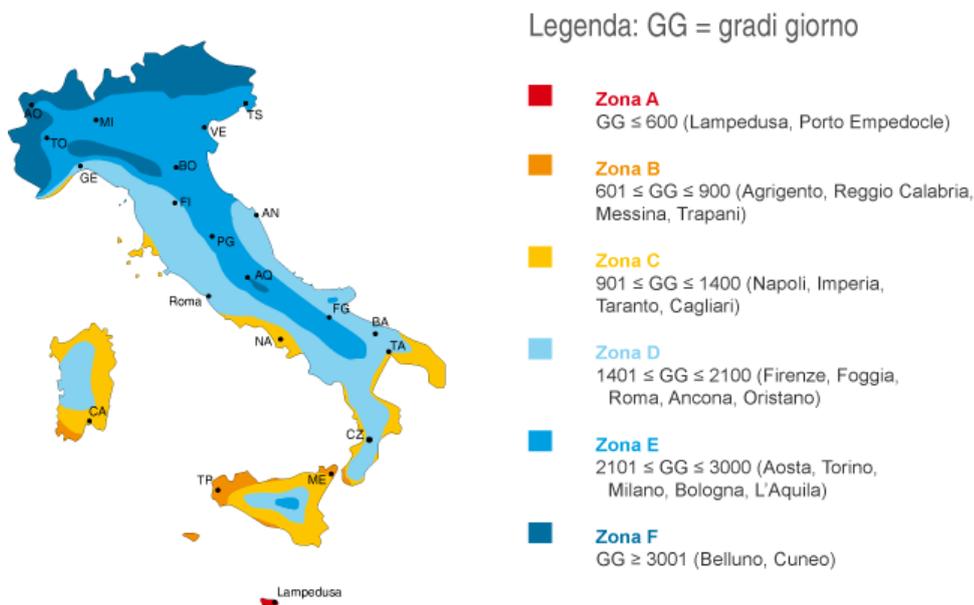


Figura 13
Suddivisione delle zone climatiche, in Italia, classificate in base ai gradi giorno.

13

Successivamente venne emesso il Decreto Legislativo 192/2005 grazie al quale l'Italia recepisce i contenuti della Direttiva 2002/91/CE, contenente indicazioni sul rendimento energetico.

Nello specifico il Decreto Legislativo 192 del 19 agosto 2005, nasce con l'obiettivo di **"[...] promuovere il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi."**¹⁹

All'interno del decreto è possibile trovare modalità, criteri e condizioni per svolgere attività di vario genere legate, in ogni caso, all'energetica:

- Migliorare le prestazioni energetiche;
- Favorire lo sviluppo, la lavorazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici;
- Determinare i criteri generali per la certificazione della prestazione energetica degli edifici e per il trasferimento delle relative informazioni in sede di compravendita e locazione;
- Effettuare ispezioni periodiche degli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva al fine di ridurre il consumo energetico e le emissioni di biossido di carbonio;
- Sostenere la diversificazione energetica;

¹⁹ Decreto Legislativo 192 del 19 agosto 2005

- Promuovere la competitività dell'industria nazionale attraverso lo sviluppo tecnologico;
- Coniugare le opportunità offerte dagli obiettivi di efficienza energetica con lo sviluppo di materiali, tecniche di costruzione, di apparecchiature e tecnologie sostenibili nel settore delle costruzioni e con l'occupazione;
- Conseguire gli obiettivi nazionali in materia energetica e ambientale;
- Razionalizzare le procedure nazionali e territoriali per l'attuazione delle normative energetiche al fine di ridurre i costi complessivi, per la pubblica amministrazione e per i cittadini e per le imprese;
- Applicare in modo omogeneo e integrato la normativa su tutto il territorio nazionale;
- Assicurare l'attuazione e la vigilanza sulle norme in materia di prestazione energetica degli edifici, anche attraverso la raccolta e l'elaborazione di informazioni e dati;
- Promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali.

Il Decreto Legislativo 192 del 19 agosto 2005 segna un punto di partenza importante all'interno del quadro legislativo energetico, perché da questo decreto ne sono poi scaturiti altri che hanno portato ad importanti sviluppi nel campo della certificazione energetica e non solo; i decreti legge successivi contribuiscono allo sviluppo di nuove tecnologie e di sistemi energetici maggiormente efficienti.

Nel 2006 venne emesso un decreto, il Decreto Legge 311 del 29 dicembre 2006 all'interno del quale vennero fornite nuove disposizioni per quanto concerne l'energetica, andando ad aggiungere quella che definiamo come la certificazione energetica degli edifici.

Mediante il decreto sopra citato venne modificato l'articolo 6 del Decreto Legislativo 192/2005, che conferì indicazioni molto importanti riguardo la certificazione energetica degli edifici, inserendo l'obbligo di produrre un attestato di certificazione energetica nei seguenti casi:

- Costruzione di nuovi edifici;
- Ristrutturazione di edifici esistenti ristrutturati integralmente nella parte dei componenti costituenti l'involucro, ma solo nel caso in cui la metratura di superficie utile superi i 1000 m²;

Nel caso in cui si tratti di edifici esistenti il certificato energetico è richiesto ma solo in caso di vendita, in questo caso sono state fornite delle soglie di

tempo per regolarizzarsi:

- ***“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” ;***
- ***“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 unità immobiliari” ;***
- ***“a decorrere dal 1° luglio 2009 alle singole unità immobiliari, nel caso di trasferimento a titolo oneroso”*** ²⁰.

All'interno del Decreto Legge 311/2006 mediante l'articolo 5 venne anche specificato che in attesa della pubblicazione delle “Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici” l'attestato di qualificazione energetica sostituisce l'attestato di certificazione energetica e che questo documento sostitutivo perde la sua efficacia dodici mesi dopo l'emanazione delle nuove linee guida.

Quanto scritto all'interno dell'articolo 5 causò molti problemi nel campo della qualificazione energetica, perché ogni comune possedeva un proprio metodo di calcolo e di regolamenti, portando alla formazione di svariati metodi tutti molto differenti.

Le problematiche sopra citate vennero risolte agli inizi del 2007, quando vennero emessi alcuni decreti attuativi ai Decreti Legislativi, 192/2005 e 311/2006.

Nello specifico il Decreto ministeriale del 26 giugno 2009, fornisce le linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, successivamente abrogata dal Decreto interministeriale 26 giugno 2015, comprendente indicazioni sulle metodologie di calcolo, requisiti minimi e l'utilizzo delle fonti rinnovabili.

Come accennato precedentemente, l'Italia recepì la direttiva 2010/31/UE in seguito, che arrivò con un anno di ritardo grazie al Decreto Legge n.63/2013, mediante il quale venne inserito un metodo di calcolo per la prestazione energetica, da cui poi scaturirà la normativa UNI/TS 11300 in tutte le sue parti.

All'interno del decreto 63/2013 venne anche indicato un Piano nazionale da attuare entro il 31 dicembre 2014, all'interno del piano d'azione è possibile trovare le seguenti indicazioni:

- ***“L'applicazione della definizione di edifici a energia quasi zero alle diverse***

²⁰ Decreto legislativo
195/500

tipologie di edifici e indicatori numerici del consumo di energia primaria, espresso in kWh/m² anno” ;

- “Le politiche e le misure finanziarie o di altro tipo previste per promuovere gli edifici a energia quasi zero, comprese le informazioni relative alle misure nazionali previste per l’integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, in attuazione della direttiva 2009/28/CE” ;
- “L’individuazione, in casi specifici e sulla base dell’analisi costi-benefici sul ciclo di vita economico, della non applicabilità [...]” ;
- “Gli obiettivi intermedi di miglioramento della prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione entro il 2015 [...]” ²³.

3.2 - I requisiti minimi di prestazione e la classificazione energetica

Come accennato precedentemente, in Italia dal primo ottobre 2015 vennero applicati i nuovi requisiti minimi e le nuove regole per la determinazione delle prestazioni energetiche, ed in particolar modo sono state palesate le modalità di classificazione energetica degli edifici ed il modello di attestazione di prestazione energetica, quello che oggi per semplicità chiamiamo APE.

Prima di proseguire con l’analisi del documento contenete i requisiti minimi, è bene soffermarci sull’analisi dell’APE, ovvero l’attestato di prestazione energetico, per meglio capire la motivazione dei requisiti minimi forniti.

L’APE è un documento, con una validità massima di 10 anni, riportante la prestazione energetica globale di un edificio, espressa in energia primaria totale ed energia non rinnovabile, dato che è possibile ottenere mediante l’indice di prestazione energetica globale, ottenuto sommando tutti gli indici calcolati mediante la metodologia, ed espresso in energia primaria non rinnovabile.

All’interno del documento devono essere indicati tutti i consumi relativi a qualsiasi servizio energetico presente nel manufatto e solitamente si prendono in considerazione i seguenti servizi:

- Riscaldamento;
- Acqua calda sanitaria;
- Raffrescamento
- Illuminazione artificiale;

²¹ Decreto legge
63/2013

- Ventilazione meccanica;
- Trasporto di persone o cose.

All'interno del documento devono essere presenti le seguenti indicazioni:

- La prestazione energetica globale espressa in energia primaria totale ed energia primaria non rinnovabile;
- La classe energetica, indicata in energia primaria non rinnovabile;
- La qualità energetica del fabbricato;
- I valori di riferimenti utilizzati per il calcolo, ovvero i requisiti minimi;
- Le emissioni di CO₂;
- Gli indici energetici di energia rinnovabile e non;
- Il quantitativo di energia consumata su base annuale;
- L'elenco dei servizi energetici con le efficienze specifiche;
- Le specifiche per un miglioramento energetico corredato di proposte.

Eseguendo i vari calcoli è possibile determinare l'indice di prestazione energetica di un edificio espresso come $EP_{gl,nr}$, per poterlo poi classificare all'interno di una scala energetica composta da 10 classi energetiche, dalla A4 alla G (Figura 14) ovvero dalla migliore alla peggiore; le classi sono definite dall'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento espresso come $EP_{gl,nren,rif,standard}$.

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard}$

14

Ciò detto è possibile ora proseguire con la spiegazione del documento dei requisiti minimi, il quale fornisce precise indicazioni tra cui:

- Ambiti di applicazione;

Figura 14
Immagine con le classi energetiche previste dalla normativa DM.26/06/2015

- Classificazione degli edifici;
- Schema delle verifiche;
- Parametri dell'edificio di riferimento;
- Altri requisiti;
- Edifici ad energia quasi zero;
- La classificazione energetica.

Ambiti di applicazione

In questo caso è necessario specificare l'ambito di applicazione su cui si deve eseguire il calcolo della prestazione energetica e la verifica dei requisiti minimi, le tipologie sono regolate secondo il Decreto Ministeriale 26/06/15 e sono suddivise in nuova costruzione, ristrutturazioni importanti e riqualificazioni energetiche, a loro volta suddivise come segue:

"• **Nuova costruzione:**

- *Demolizione e ricostruzione;*
- *Ampliamento di edifici esistenti con nuovo impianto o estensione di impianto, con almeno una delle condizioni che seguono ovvero che il nuovo volume lordo climatizzato sia maggiore del 15% volume lordo climatizzato esistente oppure che il nuovo volume lordo climatizzato si superiore ai 500 m³.*
- *Ristrutturazioni importanti:*
 - *Ristrutturazioni importanti di primo livello, il caso si presenta nel momento in cui l'intervento eseguito interessa l'involucro edilizio per più del 50% della superficie disperdente lorda oppure quando la ristrutturazione interessa l'impianto termico per raffrescamento e riscaldamento;*
 - *Ristrutturazioni importanti di secondo livello ovvero quando l'intervento eseguito interessa l'involucro edilizio per più del 25% della superficie disperdente lorda e potrebbe interessare l'impianto termico per raffrescamento e riscaldamento;*
- *Riqualificazioni energetiche:*
 - *Riqualificazione energetica dell'involucro solo nel caso in cui gli interventi sull'involucro coinvolgano una superficie maggiore o uguale al 25% della superficie disperdente lorda dell'edificio;*
 - *Nuova installazione di impianto nel caso in cui l'impianto d'interesse sia quello di riscaldamento, raffrescamento ed acqua calda sanitaria;*

- *Ristrutturazione di impianto nel caso in cui l'impianto d'interesse sia quello di riscaldamento, raffrescamento ed acqua calda sanitaria;*
- *Sostituzione del generatore*" ²²

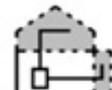
	Nuova costruzione (All.1 Art.1.3) Per edificio di nuova costruzione si intende l'edificio il cui titolo abilitativo sia stato richiesto dopo l'entrata in vigore del DM 26/6/15 (<i>nrd, ovvero dal 1° ottobre 2015</i>)
	Demolizione e ricostruzione (All. 1, Art. 1.3) Rientrano in questa categoria gli edifici sottoposti a demolizione e ricostruzione, qualunque sia il titolo abilitativo necessario.
	Ampliamento di edifici esistenti con nuovo impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*) Ampliamento di edifici esistenti (dotati di nuovi impianti tecnici) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³ La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.
	Ampliamento di edifici esistenti con estensione di impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*) Ampliamento di edifici esistenti (collegati all'impianto tecnico esistente) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³
	Ristrutturazioni importanti di primo livello (All. 1 Art. 1.4.1) La ristrutturazione prevede contemporaneamente: <ul style="list-style-type: none"> • un intervento che interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio (**); • la ristrutturazione dell'impianto termico (***) per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio.
	Ristrutturazioni importanti di secondo livello (All. 1 Art. 1.4.1) L'intervento interessa l'involucro edilizio con un incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio (**) e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva. (Le verifiche previste per questa casistica riguardano quindi il controllo di prestazioni sull'involucro e/o sugli impianti in base all'intervento previsto. Per facilitare la lettura della nostra guida, si è deciso di scindere la casistica in due parti riconducendo le verifiche separatamente all'involucro e/o agli impianti se previsto).
	Riqualificazione energetica dell'involucro (All. 1 Art. 1.4.2) Interventi sull'involucro che coinvolgono una superficie ≤ 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edifici (**).
	Nuova installazione di impianto (All. 1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1) (****) Gli interventi di nuova installazione di impianto termico asservito all'edificio per i servizi di riscaldamento, di raffrescamento e produzione di ACS .
	Ristrutturazione di impianto (All. 1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1) (****) Gli interventi di ristrutturazione di impianto termico asservito all'edificio (***) per i servizi di riscaldamento, di raffrescamento e produzione di ACS.
	Sostituzione del generatore (All. 1 Art. 1.4.2 e Art. 6.1) (****) Gli interventi di sostituzione del solo generatore e installazione di generatori e/o altri impianti tecnici per il soddisfacimento dei servizi dell'edificio.

Tabella 1
Suddivisione degli ambiti
d'applicazione da DM
26/06/15

Classificazione degli edifici

La classificazione degli edifici è suddivisa in base alla destinazione d'uso secondo il Decreto del Presidente della Repubblica 412/93, la divisione è stata effettuata principalmente in 8 categorie con alcune sottocategorie, come segue tra cui:

"• Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

- E.2 Edifici adibiti ad uffici e assimilabili;*
- E.3 Edifici adibiti ad ospedali e assimilabili;*
- E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative e assimilabili;*
- E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili;*
- E.6 Edifici adibiti ad attività sportive e assimilabili;*
- E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili;*
- E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili." ²³*

Schema delle verifiche

L'Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico ha fornito una tabella ottenuta mediante l'incrocio delle tipologie d'intervento e della categoria degli edifici, ottenendo così uno schema contenente le verifiche da effettuare per ogni casistica.

Le lettere indicate all'interno della tabella nello specifico indicano:

"A. Verificare che i valori di $EP_{h,nd}$, $EP_{C,n}$ e $EP_{gl,tot}$ siano inferiori al valore limite;

B. Verificare che H'_τ sia inferiore al valore limite;

C. Verificare che la trasmittanza delle strutture opache e chiusure tecniche rispetti i valori limite;

D. Verificare che la trasmittanza dei divisori sia inferiore o uguale a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

E. Le altezze minime dei locali di abitazione possono essere derogate fino a 10 cm;

F. Verificare l'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali;

G. Verificare nelle località in cui il $Im,s > 290 \text{ W/m}^2$, che le pareti opache verticali, orizzontali e inclinate rispettino i limiti di trasmittanza periodica (YIE) e massa superficiale (Ms);

H. Verificare che il rapporto $A_{sol,est}/A_{s_{up\ utile}}$ rispetti i limiti previsti;

²³ Decreto Ministeriale
26/06/15

- I. Verificare che per le chiusure tecniche trasparenti $g_{gl+sh} < 0,35$;
- J. Valutare l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate;
- K. Verificare l'efficacia, per le coperture, dell'utilizzo di materiali a elevata riflettanza solare e di tecnologie di climatizzazione passiva;
- L. Rispettare gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili termiche ed elettriche secondo quanto previsto dal DLgs 28/11;
- M. Verificare che i rendimenti η_H , η_W e η_C siano maggiori dei rispettivi valori limite;
- N. Realizzare una diagnosi energetica dell'edificio e dell'impatto
- O. Rispettare i limiti e le regole previste per la sostituzione del generatore di calore, la sostituzione di macchine frigorifere e la sostituzione di generatori di calore per l'ACS;
- P. Per gli edifici ad uso non residenziale, è obbligatorio un livello minimo di automazione le tecnologie dell'edificio e degli impianti termici;
- Q. Rispettare i limiti e le regole per la termoregolazione;
- R. Rispettare i limiti e le regole per la contabilizzazione del calore;
- S. Rispettare i limiti e le regole per l'installazione di generatori di calore a biomasse
- T. In caso di presenza di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento in prossimità dell'edificio in progetto è obbligatorio predisporre i collegamenti;
- U. Rispettare i limiti e le regole per la sostituzione di apparecchi di illuminazione;
- V. Rispettare i limiti per l'installazione, sostituzione o riqualificazione degli impianti di ventilazione;
- W. Rispettare i limiti e le regole per il trattamento dell'acqua di impianto e la contabilizzazione del volume di acqua calda sanitaria;
- X. Rispettare i limiti e le regole per la micro cogenerazione;
- Y. Rispettare i limiti e le regole per ascensori e scale mobili."

Parametri dell'edificio di riferimento

Fino ad ora è stato utilizzato il termine "edificio di riferimento" e con edificio di riferimento si intende un manufatto identico a quello preso in esame considerando di ricreare fedelmente i seguenti aspetti:

- Geometria;
- Orientamento;
- Localizzazione;
- Destinazione d'uso;
- Elementi circostanti.

Un'ulteriore suddivisione è effettuata per tipologia di parametro, ovvero:

- Parametri d'involucro;
- Parametri d'impianto.

Per quanto concerne i parametri dell'involucro fa riferimento a parametri energetici predominanti, definiti da DM 26/6/15.

I dati indicati fino ad ora sono necessari ai fini della certificazione energetica permettendo così di ottenere l'APE mediante gli indici di prestazione energetica precedentemente indicati, ovvero $EP_{h,nd}$, $EP_{C,n}$ e $EP_{gl,tot}$.

I parametri definiti dal DM 26/6/15 per l'edificio di riferimento indicano i valori delle trasmittanze delle strutture suddivise per tipologia e per data di entrata in vigore, infatti sono indicati due differenti valori, uno attivo in vigore dal 1° ottobre 2015 e l'altro in vigore dal 1° gennaio 2019/2021.

I dati di seguito si intendono forniti per calcolare gli indici di prestazione energetica ovvero EP_{lim} e risultano suddivisi per:

- Trasmittanza termica di riferimento per strutture opache verticali verso l'esterno, ambienti non riscaldati o contro terra;
- Trasmittanza termica di riferimento per le coperture inclinate o orizzontali verso l'esterno o ambienti non riscaldati;
- Trasmittanza termica di riferimento per i pavimenti verso l'esterno, ambienti non riscaldati o contro terra;

Tabella 2
Tabella riassuntiva delle trasmittanze limite per le strutture opache imposta dal DM 26/06/15

Zona climatica	Strutture opache verticali		Copertura		Pavimenti	
	U _{rif} [W/m ² k]					
	da 01/10/2015	da 01/01/19-21	da 01/10/2015	da 01/01/19-21	da 01/10/2015	da 01/01/19-21
A-B	0,45	0,43	0,38	0,35	0,46	0,44
C	0,38	0,34	0,36	0,33	0,40	0,38
D	0,34	0,29	0,30	0,26	0,32	0,29
E	0,30	0,26	0,25	0,22	0,30	0,26
F	0,28	0,24	0,23	0,20	0,28	0,24

2

- Trasmittanza termica di riferimento per chiusure tecniche trasparenti e opache e cassonetti con infissi verso l'esterno e ambienti non riscaldati;
- Trasmittanza termica di riferimento per strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti;

- Fattore di trasmissione solare totale g_{gl+sh} per componenti finestrati.

Zona climatica	Chiusure tecniche trasparenti		Separazione tra edifici		Fattore di trasmissione solare	
	U _{rif} [W/m ² k]				g _{gl+sh} [-]	
	da 01/10/2015	da 01/01/19-21	da 01/10/2015	da 01/01/19-21	da 01/10/2015	da 01/01/19-21
A-B	3,20	3,00	0,80		0,35	
C	2,40	2,20				
D	2,00	1,80				
E	1,80	1,40				
F	1,50	1,10				

3

Per quanto concerne i parametri legati all'impianto, l'edificio di riferimento si considera fornito dei medesimi impianti dell'edificio oggetto di calcolo per questo motivo vengono forniti dei valori medi di efficienza dei fattori di generazione e di utilizzo, i parametri sono indicati suddivisi per cui in:

- Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione;

Efficienza medie dei sottosistemi di utilizzazione dell'edificio di riferimento per i servizi H,C,W			
Efficienza dei sottosistemi di utilizzazione	H	C	W
Distribuzione idronica	0,81	0,8	0,7
Distribuzione aeraulica	0,83	0,83	/
Distribuzione mista	0,82	0,82	/

4

- Efficienza dei sottosistemi di generazione;

Efficienza medie dei sottosistemi di generazione dell'edificio di riferimento per la produzione di energia termica per i servizi H,C,W e per la produzione di energia elettrica in situ				
Sottosistema di generazione	Produzione di energia termica			Produzione di energia elettrica in situ
	H	C	W	
Generatore a combustibile liquido	0,80	/	0,80	/
Generatore a combustibile gassoso	0,95	/	0,85	/
Generatore a combustibile solido	0,72	/	0,70	/
Generatore a biomassa solida	0,72	/	0,65	/
Generatore a biomassa liquida	0,82	/	0,75	/
Pompa di calore a compressione di vapore con motore elettrico	3,00	(*)	2,50	/
Macchina frigorifera a compressione di vapore con motore elettrico	/	2,50	/	/
Pompa di calore ad assorbimento	1,20	(*)	1,10	/
Macchina frigorifera a fiamma indiretta	/	0,60-ηgn (**)	/	/
Macchina frigorifera a fiamma diretta	/	0,60	/	/
Pompa di calore a compressione di vapore a motore endotermico	1,15	/	1,05	/
Cogeneratore	0,60	/	0,60	0,20
Riscaldamento con resistenza elettrica	1,00	/	/	/
Teleriscaldamento	0,97	/	/	/
Teleraffrescamento	/	0,97	/	/
Solare termico	0,30	/	0,30	/
Solare fotovoltaico	/	/	/	0,10
Mini eolico e mini idroelettrico	/	/	/	(**)

(*) Per pompe di calore che prevedono la funzione di raffrescamento si considera lo stesso valore delle macchine frigorifere della stessa tipologia
(**) Si assume l'efficienza media del sistema installato nell'edificio reale

5

Tabella 3

Tabella riassuntiva delle trasmittanze limite per le strutture trasparenti imposta dal DM 26/06/15

Tabella 4

Tabella riassuntiva delle efficienze limite dei sottosistemi di utilizzazione imposta dal DM 26/06/15

Tabella 5

Tabella riassuntiva delle efficienze limite dei sottosistemi di generazione imposta dal DM 26/06/15

Tabella 6
Tabella riassuntiva dei
valori limite dei sistemi di
ventilazione imposta dal
DM 26/06/15

- Efficienza dei sottosistemi di generazione;

Fabbisogno di energia elettrica specifico per m ³ di aria movimentata	
Tipologia di impianto	E _{ve} [Wh/m ³]
Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione	0,25
Ventilazione meccanica a semplice flusso per immissione con filtrazione	0,3
Ventilazione meccanica a doppio flusso senza recupero	0,35
Ventilazione meccanica a doppio flusso con recupero	0,5

6

Considerando sempre l'aspetto impiantistico dei requisiti, per quanto concerne l'impianto di illuminazione il calcolo viene effettuato facendo riferimento alla UNI EN 15193 ed alla UNI/TS 11300-2, anche in questo caso gli impianti utilizzati all'interno dell'edificio di riferimento dovranno essere i medesimi dell'edificio di calcolo.

Gli impianti di ventilazione meccanica, invece, vanno specificati per cui vengono indicati i fabbisogni di energia elettrica per la ventilazione in base alla tipologia di impianto, come nel caso precedente gli impianti utilizzati all'interno dell'edificio di riferimento dovranno essere i medesimi dell'edificio di calcolo; segue tabella riportante i dati richiesti per l'impianto di ventilazione:

Parametri dell'edificio di riferimento

All'interno del Decreto Ministeriale 26/06/15 sono presenti requisiti minimi di vario genere, tra questi vi sono quelli che seguono riferiti all'elenco di interventi specificati all'interno del paragrafo 2.3.2_Schema delle verifiche, con indicazioni specifiche riguardo:

- Il valore del coefficiente medio di scambio termico H'_T;

Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H' _T [W/m ² K]					
Rapporto di forma (S/V)	Zona Climatica				
	A e B	C	D	E	F
S/V > 0,7	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
0,7 > S/V > 0,4	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
0,4 > S/V	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

7

Tabella 7
Tabella riassuntiva del
valore massimo ammissibile
del coefficiente globale di
scambio termico imposta dal
DM 26/06/15

- I valori delle trasmittanze termiche limite per edifici esistenti suddivise in:
- Strutture opache verticali verso l'esterno soggette a riqualifica;
- Coperture verso esterno in riqualifica;
- Pavimento verso esterno soggetto a riqualifica;
- Chiusure tecniche trasparenti verso esterno o ambienti non climatizzati in riqualifica.
- Il fattore di trasmissione solate totale ggl+sh ;
- I requisiti minimi per le pompe di calore e le macchine frigorifere.

Edifici ad energia quasi zero

Il Decreto Ministeriale 26/06/15 è chiaro per quanto concerne quelli che sono definiti "edifici ad energia quasi zero", all'interno di questi rientrano tutti gli edifici di nuova costruzione oppure edifici esistenti a patto che siano rispettati i seguenti criteri:

"• Che tutti i requisiti che seguono siano verificati con i limiti indicati per 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici ed invece per tutti gli altri edifici dal 1° gennaio 2021:

- H'_T ;
- $A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$;
- $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$, $EP_{gl,tot}$;
- ηH , ηW , ηC .

• Che gli obblighi dell'integrazione delle fonti rinnovabili rispettino i requisiti minimi indicati del DLgs 28/11;

• Che il calcolo delle quote energetiche rinnovabili e non rinnovabili venga effettuato mediante l'applicazione dei vettori energetici con i relativi fattori di conversione."²⁵

Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici $F_{P,TOT} = F_{P,NREN} + F_{P,REN}$			
Vettore energetico	$F_{P,NREN}$	$F_{P,REN}$	$F_{P,TOT}$
Gas naturale	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e olio combustibile	1,07	0	1,07
Biomasse solide	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento	1,5	0	1,5
Energia termica da collettori solari	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini eolico e mini	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno - pompa di calore	0	1,00	1,00

Tabella 8
Tabella riassuntiva dei fattori di conversione di energia primaria dei vettori energetici imposta dal DM 26/06/15

²⁵ Decreto Ministeriale 26/06/15

Normativa di calcolo

A livello nazionale, è fornita una metodologia di calcolo che permette di calcolare, tra le altre cose, i requisiti minimi e quindi la prestazione energetica, per cui successivamente rende possibile la redazione dell'attestato di prestazione energetica, è quella fornita dalla serie delle specifiche tecniche UNI/TS 11300:

- UNI/TS 11300-1
- UNI/TS 11300-2
- UNI/TS 11300-3
- UNI/TS 11300-4
- UNI EN 15193

Le norme tecniche sopra elencate forniscono un metodo di calcolo, spesso calcolato mediante l'uso di software appositi.

Ai fini della classificazione energetica è necessario ottenere, mediante l'utilizzo del metodo di calcolo UNI/TS 11300, l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl-nren}$ dato da:

$$EP_{gl-nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{C,nren} + EP_{V,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$$

[kWh /m²anno]

$EP_{H,nren}$ fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale;

$EP_{W,nren}$ fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la produzione di ACS;

$EP_{C,nren}$ fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione estiva;

$EP_{V,nren}$ fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per ventilazione;

$EP_{L,nren}$ fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per l'illuminazione artificiale;

$EP_{T,nren}$ fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il trasporto di persone e cose.

Dopo aver effettuato i calcoli ed aver ottenuto l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl-nren}$ è possibile assegnare una classe energetica all'edificio in esame.

4- CasaClima, requisiti minimi e classificazioni

CasaClima nasce nel 2002 da un'idea di Norbert Lantschner, in seguito alla presentazione del Protocollo di Kyoto, con le sue esigenze di ridurre le emissioni di gas serra, si iniziò a pensare come ridurre le emissioni in campo edilizio, la risposta a questa domanda fu CasaClima.

Si presenta come un ente della Provincia Autonoma di Bolzano, ed è nata per effettuare la certificazione energetica obbligatoria degli edifici siti in Alto Adige, sul resto del suolo nazionale è una verifica facoltativa ed ha il ruolo di protocollo di qualità volontario, dal 2002 ad oggi in Italia sono state consegnate oltre 9000 targhette di certificazione.

Oltre ad una nuova categoria energetica, CasaClima fornisce formazione e campagne di sensibilizzazione ai cittadini e ai professionisti.

Come accennato prima CasaClima, nello specifico è una categoria energetica, ma porta con sé anche una specifica tipologia architettonica, ovvero tutti quei manufatti che possiedono un elevato livello di comfort interno abbattendo così i costi di riscaldamento e raffrescamento, aumentando però il benessere abitativo e la tutela dell'ambiente.

Le caratteristiche CasaClima si possono riassumere in sei elementi, quali:

- Isolamento dell'involucro performante;
- Impiantistica performante;
- Struttura compatta;
- Elevata tenuta all'aria;
- Assenza totale di ponti termici;
- Utilizzo di tutte le energie rinnovabili disponibili per il sito in costruzione.

CasaClima si estende anche a ciò che è il concetto di sviluppo sostenibile, ed è anche uno dei motivi che ha portato alla creazione di questa nuova performante categoria energetica.

Per sviluppo sostenibile si intende una tipologia di sviluppo economico che salvaguardi l'ambiente e le generazioni future, motivo per cui si è deciso di legare il concetto di "sviluppo sostenibile" a quello che è la costruzione di manufatti abitativi, perché qualunque costruzione l'uomo crei influenzano aspetti sociali, economici ed ambientali.

Dall'idea di sviluppo sostenibile nascono "I dieci principi per un costruire sostenibile" con lo scopo di invogliare il singolo ad impegnarsi nell'accelerazione della trasformazione di quello che è il sistema energetico, nel suo uso e nella sua produzione.

I dieci principi per un costruire sostenibile sono anche conosciuti come "Il

decalogo del sole", che si suddivide in 10 punti:

- 1. Noi siamo figli del sole. Il sole è la nostra unica, inesauribile fonte di energia e fondamento di tutte le forme di vita sulla Terra. L'utilizzo dell'energia solare nel nostro modo di costruire ed abitare migliora la qualità di vita;*
- 2. Noi sosteniamo una rivoluzione energetica globale fondata sull'efficienza, sul risparmio energetico e sull'utilizzo di energie rinnovabili;*
- 3. Noi creiamo ambienti di vita sani e confortevoli, che favoriscono la crescita della consapevolezza dei fruitori, risparmiando ed allo stesso tempo risorse e rispettando l'ambiente. Spazi in cui vivere inseriti nel ciclo naturale e che dialogano con le tradizioni costruttive locali;*
- 4. Noi mettiamo al centro le persone, sia quelle che oggi abitano questi spazi, sia quelle che vi abiteranno domani. Siamo coscienti che l'architettura è espressione di desideri, nostalgie, sogni e bellezza, ma tutto questo non deve essere in contrasto con la vita. Al centro non mettiamo l'individualizzazione della società, ma l'agire solidale. Ogni abitante della Terra ha il diritto di condurre una vita dignitosa;*
- 5. Noi perseguiamo la bellezza e cerchiamo di raggiungere un benessere ecologico, che non metta in pericolo il ciclo naturale pregiudicandone irreversibilmente la capacità di auto-rigenerazione;*
- 6. Noi operiamo consapevoli che gli edifici dovranno essere utilizzati dai 50 fino ai 100 anni ed anche più. Per questo i provvedimenti finalizzati alla salvaguardia dell'ambiente sono efficaci a lungo termine. I quartieri residenziali saranno attuali anche in futuro se esteticamente gradevoli ed attrattivi per tutti;*
- 7. Noi trasformiamo il passato in futuro risanando energeticamente gli edifici esistenti. Questo ci permetterà di impiegare meno energia per assicurare il comfort. Si ridurranno così le emissioni di sostanze inquinanti e di gas ad effetto serra;*
- 8. Noi scegliamo, per tutti gli edifici di nuova costruzione, uno standard che non necessita più (o quasi più) di energia. Impieghiamo materiali sani e tecnologie ecocompatibili considerandone globalmente gli impatti nella valutazione ecologica. Provvediamo inoltre a un'illuminazione e a un'acustica ottimale nonché a una buona qualità dell'aria, in quanto tutti questi fattori incidono in modo significativo sulla qualità di vita;*
- 9. Noi applichiamo con intelligenza le tecniche che utilizzano in modo economico ed efficiente la risorsa energia, consci che anche i cantieri si contradd-*

distinguono per un impatto ambientale ridotto. Allo stesso tempo diamo la preferenza alle energie rinnovabili;

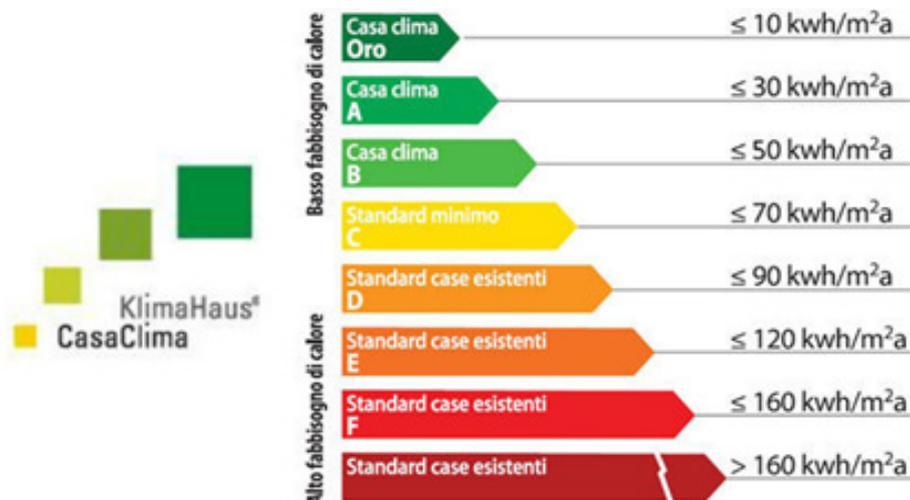
10. Noi siamo innanzitutto flessibili mentalmente. Le nostre azioni sono rivolte ad una mobilità sociale ed ecosostenibile. Noi diamo la precedenza a soluzioni che risparmiano energia e risorse e che sono in grado di venire incontro alle necessità del singolo senza per questo limitare quelle degli altri."

26

Per cui nella ricerca continua di una soluzione, in campo edilizio, per lo sviluppo sostenibile, CasaClima è la risposta.

Normativa di calcolo

Le classi energetiche, come nella normativa nazionale, permettono di classificare il consumo energetico di un edificio, le classi sono suddivise come segue nella figura 15 :



15

La Classe CasaClima Oro rappresenta il consumo più basso garantito con un massimo di 10 kWh/m²a, con un consumo di massimo un litro di gasolio oppure 1 m² di gas l'anno.

La Classe CasaClima A ha un consumo inferiore ai 30 kWh/m²a, con un consumo di massimo 3 l di gasolio oppure 3 m² di gas l'anno.

La Classe CasaClima B ha un consumo inferiore ai 50 kWh/m²a, con un consumo di massimo cinque litri di gasolio oppure 5 m² di gas l'anno.

La Classe C rappresenta lo standard minimi con un massimo di 70 kWh/m², le classi dalla D alla G si riferiscono alla classificazione di edifici esi-

Figura 15
Suddivisione delle classi energetiche di CasaClima

²⁶ NORBERT LAN-TSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009 (pp. 17-18)

stenti.

La classe energetica viene definita dall'efficienza energetica dell'involucro oggetto di analisi, la classificazione è basata sulle norme tecniche di calcolo europee e dipende da:

- Dati tecnici dell'edificio;
- Impianti;
- Dati climatici standard come temperatura esterna e irraggiamento solare;
- Uso dell'edificio quindi temperature delle stanze interne, areazione e utilizzo dell'acqua calda sanitaria;
- Vettore energetico ovvero dall'utilizzo di gas, olio oppure altri elementi;
- L'efficienza dei sistemi produttivi;
- L'efficienza dei sistemi di distribuzione;
- L'accumulo e l'emissione del calore.

Normativa di calcolo

I requisiti minimi di prestazione energetica di CasaClima sono differenti rispetto quelli imposti a livello nazionale dal DM 26/06/2015, sono stati emessi mediante la Delibera della giunta provinciale n. 362 del 03/04/2013. Al suo interno sono riportati requisiti minimi di prestazione energetica, dell'utilizzo di energia ed eventuali eccezioni. Nello specifico si richiede che l'involucro abbia un'efficienza energetica pari alla Classe CasaClima B e, dal 01/01/2017, in Classe CasaClima A; inoltre impone degli specifici valori limite nei confronti delle emissioni di anidride carbonica, vedi tabella 9.

Tabella 9
Suddivisione delle classi energetiche di CasaClima

Classe CasaClima	Efficienza Energetica Involucro (EIN) [kWh/m ² a]	Fabbisogno Energia Primaria Equiv. Senza Raffrescamento (EPSR _{RES}) [kgCO ₂ eq/m ² a]	Fabbisogno Energia Primaria Equiv. Raffrescamento (EPR _{RES}) [kgCO ₂ eq/m ² a]	Efficienza energetica complessiva [kgCO ₂ eq/m ² a]
Gold	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 15
A	≤ 30	≤ 20	≤ 10	≤ 30
B	≤ 50	≤ 35	≤ 15	≤ 50

9

La delibera indica anche i valori limite del coefficiente di trasmissione di calore e della protezione dal calore estivo, suddivisi per struttura dell'involucro e specificata per le zone climatiche E ed F, vedere tabella 10.

zona climatica	strutture verticali opache verso esterno	strutture orizzontali / inclinati opachi		finestre	
		tetto	solaio	Ug	Uw
zona E	0,34	0,30	0,33	1,7	2,2
zona F	0,33	0,29	0,32	1,3	2,0

10

Un ulteriore requisito minimo imposto è quello dell'utilizzo delle energie rinnovabili, la delibera impone che il 50% del fabbisogno di energia primaria sia coperto da energia rinnovabili ed il 60% del fabbisogno di ACS sia fornito anch'esso da fonti rinnovabili.

Tabella 10
Suddivisione delle trasmittanze limite imposte da CasaClima

5 - Confronto tra requisiti minimi

Le due certificazioni richiedono diversi requisiti minimi, per quanto riguarda la prestazione energetica la normativa richiede che le energie primarie per riscaldamento, raffrescamento e globale siano inferiori a quelle dell'edificio di riferimento. Lo stesso vale per le efficienze medie stagionali degli impianti di riferimento, per il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione e per l'area solare equivalente.

Di seguito all'interno della Tabella 11, sono riportati i requisiti minimi delle due metodologie.

Tabella 11
Tabella riassuntiva dei requisiti minimi imposti da CasaClima e UNI/TS 11300

	CasaClima	D.M. 26/06/2015
Coefficiente medio di scambio termico per trasmissione	/	$H'T < H'T_{lim}$
Area solare equivalente estiva	/	$A_{sol,est}/A_{sup,utile} < 0,030 [-]$
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	/	$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento	/	$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$
Indice di prestazione energetica globale dell'edificio.	/	$EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale	/	$\eta_H < \eta_{H,limite}$
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva	/	$\eta_C < \eta_{C,limite}$
Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda	/	$\eta_W < \eta_{W,limite}$
Efficienza energetica involucro	\leq Classe CasaClima A da tabella 1	/
Emissioni anidride carbonica	\leq Classe CasaClima A da tabella 1	/
Rispetto coefficienti di trasmissione del calore e per la protezione dal calore estivo	$<$ di trasmittanze Tabella 2	/
Fabbisogno totale energia primaria coperto da energia rinnovabili	$> 50\%$	$> S/50$
Fabbisogno di ACS coperto da energia rinnovabili	$> 60\%$	$> 50\%$

Classe CasaClima	Efficienza Energetica Involucro (EIN) [kWh/m ² a]	Fabbisogno Energia Primaria Equiv. Senza Raffrescamento (EPS _{RES}) [kgCO ₂ eq/m ² a]	Fabbisogno Energia Primaria Equiv. Raffrescamento (EPR _{RES}) [kgCO ₂ eq/m ² a]	Efficienza energetica complessiva [kgCO ₂ eq/m ² a]
Gold	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 15
A	≤ 30	≤ 20	≤ 10	≤ 30
B	≤ 50	≤ 35	≤ 15	≤ 50

zona climatica	strutture verticali opache verso esterno	strutture orizzontali / inclinati opachi		finestre	
		tetto	solaio	U _g	U _w
zona E	0,34	0,30	0,33	1,7	2,2
zona F	0,33	0,29	0,32	1,3	2,0

L'Agenzia CasaClima invece si pone in maniera diversa in quanto richiede di sottostare ad una delle sue classi, per l'efficienza energetica dell'involucro e le emissioni di anidride carbonica bisogna rispettare la classe A o migliore, mentre per le trasmittanze limite si ha una tabella per le zone climatiche E e F.

Per le risorse rinnovabili si hanno richieste simili anche se con limiti diversi, il fabbisogno di energia primaria deve essere coperto per più del 50% secondo CasaClima, la normativa calcola l'energia in base all'impronta a terra dell'edificio diviso per un coefficiente che, dal 1 gennaio 2017, è 50; l'acqua calda sanitaria deve essere coperta per più del 60% da CasaClima e per più del 50% dalla normativa.

La classe di prestazione energetica per la normativa si assegna in base alla prestazione energetica globale dell'edificio, per CasaClima invece la classe è data dalla peggiore delle due per quanto riguarda l'efficienza energetica dell'involucro e l'emissioni di anidride carbonica.

A

CONOSCIOUS
ENGINEERING

6 - Strategie progettuali e tecnologie innovative

La consapevolezza progettuale è alla base della tesi, che intende fornire una metodologia progettuale specifica, per raggiungere l'obiettivo di uno specifico standard energetico.

La progettazione del nuovo edificio non è basata su una metodologia progettuale specifica, ma piuttosto su una progettazione consapevole che tutti gli elementi che compongono l'involucro lo influenzano, come ad esempio il luogo circostante, è possibile ottenere un edificio performante e tecnologicamente avanzato.

A supporto del progetto vi sono continue verifiche effettuate mediante modelli specializzati, all'interno del quale verranno elencati e spiegati i vari step che porteranno a una composizione consapevole dell'edificio oggetto di studio.

La progettazione è una delle fasi cruciali nella costruzione di un edificio CasaClima, è necessario che la progettazione sia attenta e scrupolosa, ponendo particolare attenzione a:

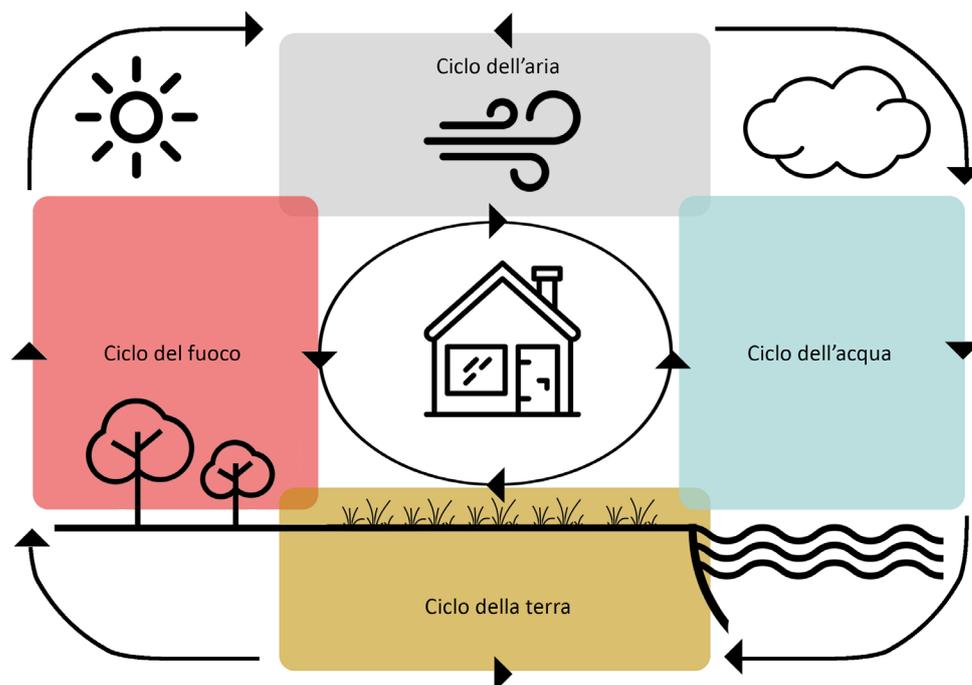
- Non effettuare scelte con l'obiettivo di risparmiare perché poi potrebbe ripercuotersi nelle fasi successive causando costi maggiori;
 - Affidarsi a professionisti competenti e specializzati nel campo;
 - Progettare nei minimi dettagli;
 - Essere a conoscenza delle prestazioni di tutti i componenti dell'edificio;
 - Vagliare sempre più alternative per quanto riguarda i sistemi costruttivi e i materiali, considerando la spesa iniziale ma anche la manutenzione futura.
- L'utilizzo di tecnologie innovative in concomitanza alle strategie progettuali permette di ottenere un manufatto altamente performante e adatto per soddisfare i criteri richiesti dall'agenzia CasaClima.

6.1 I principi di architettura bioclimatica

Letteralmente la parola “bioclimatica” nasce dall’unione tra le parole “bios” e “clima”, ovvero la vita e gli aspetti climatici.

La bioclimatica ha l’obiettivo di assicurare il comfort termico interno sfruttando gli elementi naturali (Figura 16) uniti ad una progettazione consapevole ed attenta

Figura 16
I processi edilizi che rientrano all’interno del termine “Bioclimatica”, sono parte di una filosofia che cerca l’equilibrio con l’ecosistema.



16

Mediante un’attenta progettazione è possibile ottenere molteplici vantaggi, come:

- Un controllo attento e specifico dell’umidità presente all’interno dell’abitazione;
- Ridurre il fabbisogno energetico per soddisfare i requisiti di comfort termico interno;

L’architettura bioclimatica nasce dallo sviluppo degli ideali di progettazione antichi, ovvero disporre e progettare l’edificio in modo tale da sfruttare al massimo quanto offre l’ambiente circostante, ed è riassumibile in cinque principi fondamentali:

- 1.Utilizzare masse termiche che accumulino calore per rilasciarlo gradualmente;
- 2.Utilizzare materiali altamente isolanti;
- 3.Sfruttare il più possibile la ventilazione naturale;
- 4.Permettere l’ingresso del sole mediante le superfici vetrate per aumenta-

re la quantità degli apporti solari;

5. Dove presenti, è necessario che le vetrate siano ben isolate per evitare che diventino superfici radiative fredde.

L'Agenzia CasaClima si ispira proprio a questa tipologia architettonica, ma nel corso del tempo, grazie anche agli importantissimi sviluppi tecnologici, si è evoluta senza però dimenticare i principi fondamentali dell'architettura bioclimatica.

Minimizzare il fabbisogno energetico

Un edificio CasaClima non richiede tanto uno specifico standard o stile architettonico, più che altro necessita di uno specifico standard energetico. Nella prima fase di una progettazione CasaClima è importante definire lo standard energetico da ottenere, pertanto è fondamentale decidere se si vuole raggiungere una classe CasaClima ORO, CasaClima A oppure CasaClima B.

Lo standard CasaClima definisce il fabbisogno energetico e l'energia impiegata per il riscaldamento, è pertanto necessario costruire un edificio in cui siano minimizzati fabbisogni energetici ed ove sia possibile coprire il fabbisogno energetico richiesto mediante l'impiego di fonti energetiche rinnovabili.

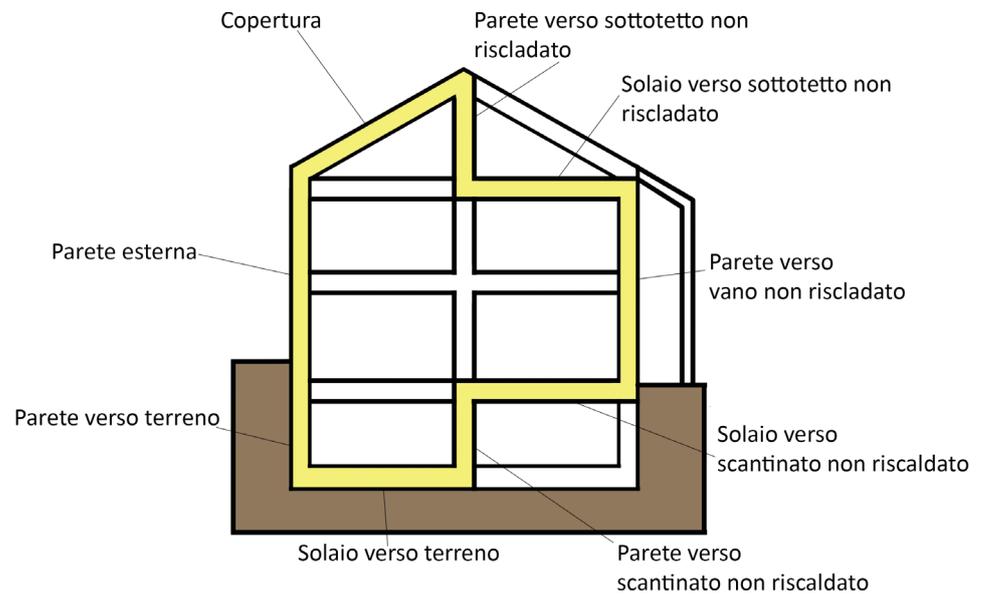
Il calcolo del fabbisogno termico di riscaldamento

Il calcolo del fabbisogno termico di riscaldamento effettua la valutazione riferendosi alla superficie netta riscaldata, verificando la quantità di calore necessario a riscaldare l'ambiente per mantenere una temperatura interna di 20°C.

Il calcolo prevede un bilancio termico dove vengono prese in considerazione le perdite o le dispersioni di calore e gli apporti sfruttabili per il riscaldamento, nella fase di definizione degli ambienti riscaldati vengono presi in considerazione tutti gli ambienti riscaldati confinanti con ambiente non riscaldato ed esterno.

Come si può notare dalla Figura 17, le superfici disperdenti di un edificio tipo, sono molteplici, e sono differenziate in base all'elemento confinante, ovvero esterno, ambiente non riscaldato o contro terra.

Figura 17
Schema riassuntivo degli elementi disperdenti di un edificio tipo



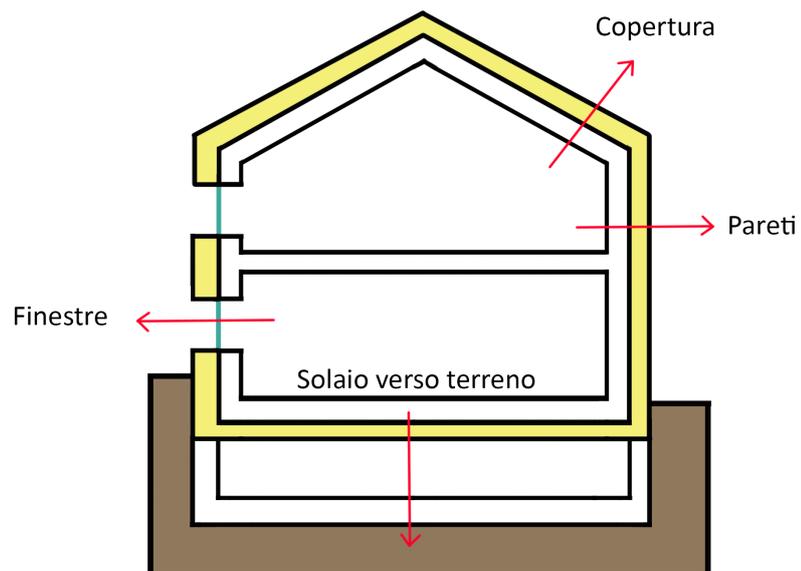
17

- Le perdite

Le perdite dall'interno di un edificio avvengono tramite molteplici fattori, nello specifico sono presenti le perdite per trasmissione e le perdite per ventilazione.

- Le perdite per trasmissione (Q_T) indicate in Figura 18

Figura 18
Schema riassuntivo delle perdite termiche di un edificio tipo



18

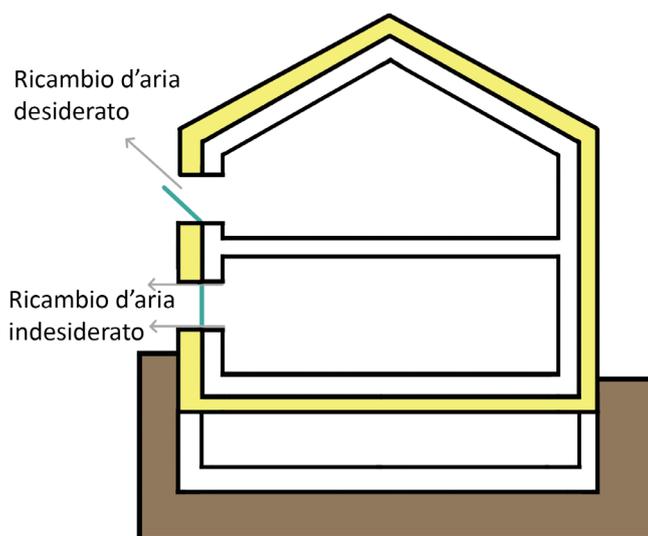
Le perdite per trasmissione avvengono per mezzo degli elementi, sia trasparenti che opachi, che compongono l'involucro.

La dispersione avviene perché il calore viene trasmesso naturalmente dagli ambienti più caldi a quelli più freddi, le perdite dipendono da svariati fattori tra cui:

1. I parametri climatici;
2. Dal grado di isolamento del manufatto;
3. Dall'area totale degli elementi disperdenti.

I metodi per ridurre al massimo le perdite per trasmissione sono quelli di avere un ottimo isolamento dell'edificio, perché questo permette di mantenere il calore più tempo possibile all'interno dell'edificio, ed avere una maggiore compattezza del manufatto per cui un numero ridotto di superfici disperdenti.

- Le perdite per ventilazione (Q_v) indicate in Figura 19



19

Un altro modo in cui viene disperso il calore è mediante le fasi di ricambio dell'aria oppure attraverso gli spifferi presenti nella giunzione serramento-partizione.

Generalmente la ventilazione avviene mediante l'apertura dei serramenti, ma questo implica l'ingresso di aria fredda nell'ambiente interno e per tanto un conseguente aumento del fabbisogno termico per riportare la temperatura interna intorno ai 20°C. Per ridurre al minimo le perdite per ventilazione è bene utilizzare una ventilazione controllata con recupero di calore, in questo modo non si registra un aumento del fabbisogno termico per riscaldamento causato dall'ingresso di aria fredda dall'esterno.

Figura 19
Schema riassuntivo delle perdite per ventilazione di un edificio tipo

- I guadagni termici

All'interno di un edificio con elevate prestazioni energetiche sono molto importanti i guadagni termici, perché contribuiscono sensibilmente alla riduzione del fabbisogno termico di riscaldamento in quanto essi stessi sono in grado di contribuire al riscaldamento.

I guadagni termici sono suddivisi in guadagni solari e guadagni interni:

- Guadagni solari (Q_s) indicati in Figura 20:

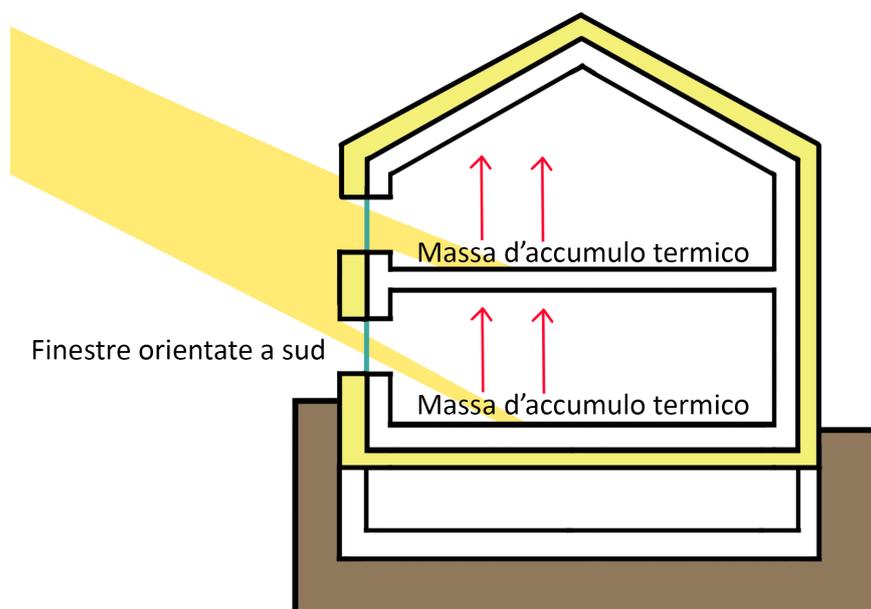
Generalmente per il riscaldamento degli ambienti interni si utilizza anche parte del calore proveniente dall'esterno mediante l'irradiazione solare.

La quantità dei guadagni solari varia in base a:

1. Quantità dell'area vetrata;
2. Valore del fattore solare del vetro;
3. Ombreggiamenti esterni;
4. Parametri climatici.

Nell'ambito dei guadagni solari è fondamentale il giusto dimensionamento delle finestre, dell'orientamento e della scelta dell'infisso stesso.

Figura 20
Schema riassuntivo dei guadagni solari in un edificio tipo



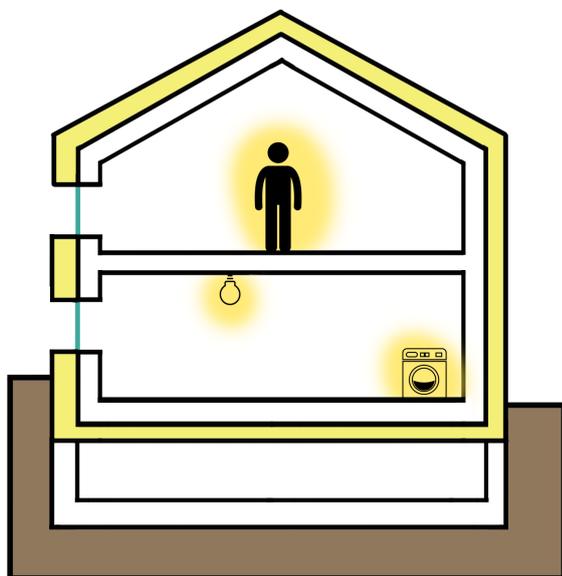
20

- Guadagni interni (Q_i) indicati in Figura 21:

I guadagni interni sono tutti quegli apporti provenienti dall'interno, prodotti dagli stessi abitanti oppure dagli elettrodomestici.

Gli apporti interni risultano avere un impatto di notevole importanza so-

prattutto nel caso in cui l'edificio in questione abbia una buona capacità di accumulo termico.

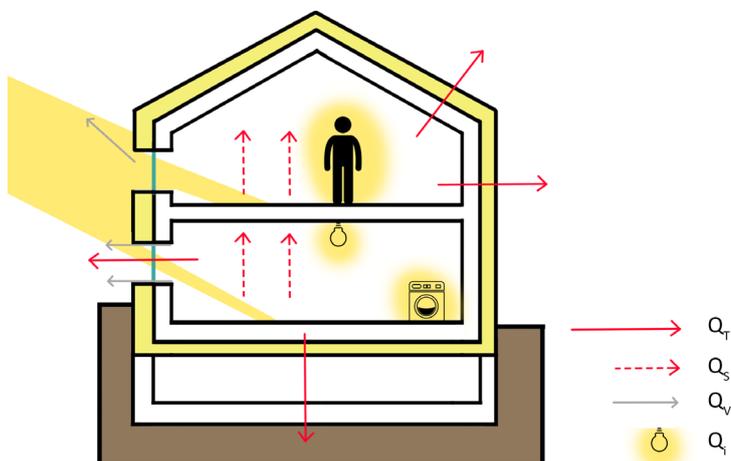


21

- I bilanci termici

L'agenzia CasaClima specifica che il metodo per risparmiare il più possibile sull'energia impiegata per riscaldare l'edificio è quella di massimizzare i guadagni e minimizzare le perdite.

E' molto importante bilanciare il contributo di questi due elementi, perchè la massimizzazione dei guadagni potrebbe causare un discomfort termico nel periodo estivo, situazione da evitare in quanto è necessario assicurare per tutti i giorni dell'anno un comfort termico interno.(Figura 22)



22

Figura 21
Schema riassuntivo ed esplicativo di alcune delle tipologie di apporto interno in un edificio tipo

Figura 22
Schema riassuntivo degli elementi che influenzano il risultato finale del bilancio termico

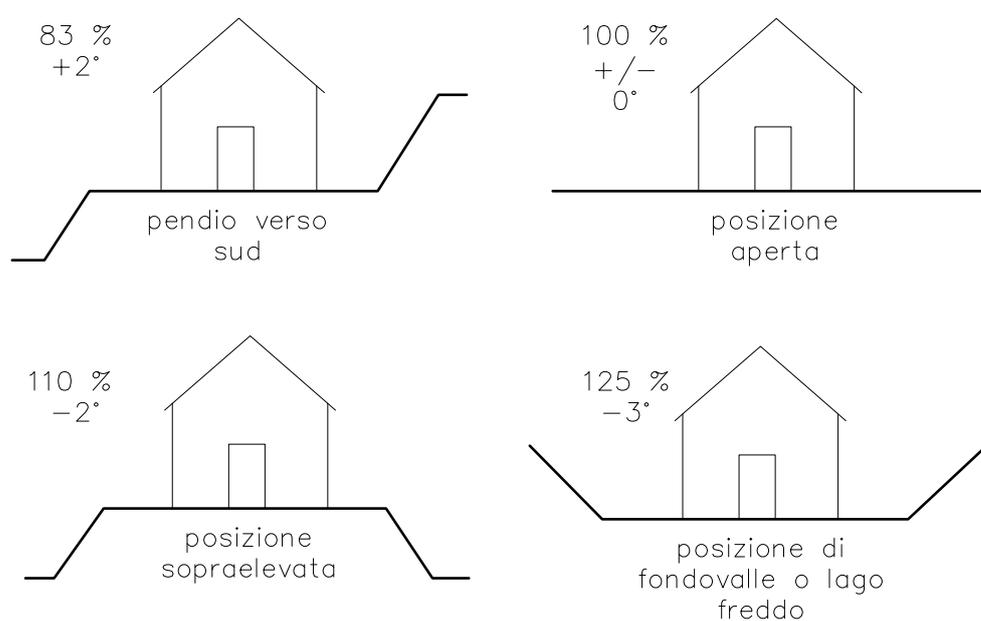
La localizzazione

In generale un edificio con caratteristiche CasaClima può essere costruito in ogni luogo, ma l'aspetto importante è quello di individuare il luogo più adatto a sfruttare l'energia solare e ridurre al massimo le dispersioni.

La posizione del manufatto è molto importante, perché contribuisce ad ottimizzare l'efficienza dell'edificio anche in termini di risparmio di risorse naturali ed economiche, gli aspetti da considerare in fase di progettazione sono:

- La topografia del luogo, ovvero valutare quota, orientamento e pendenza del terreno;
- La presenza o meno di ostacoli, per ogni caso specifico è necessario considerare la presenza di alberature, edifici circostanti o rilievi importanti che possano in qualche modo creare ostacolo al soleggiamento nel periodo invernale pregiudicando l'utilizzo dell'energia solare;
- Evitare le posizioni sopraelevate, l'eccessiva esposizione contribuisce all'aumento delle dispersioni perché l'edificio risulta maggiormente esposto a venti e precipitazioni;
- Evitare le posizioni a fondovalle, perché vi è un accumulo di aria fredda unito ad un aumento di umidità che riduce la ricezione delle radiazioni solari;

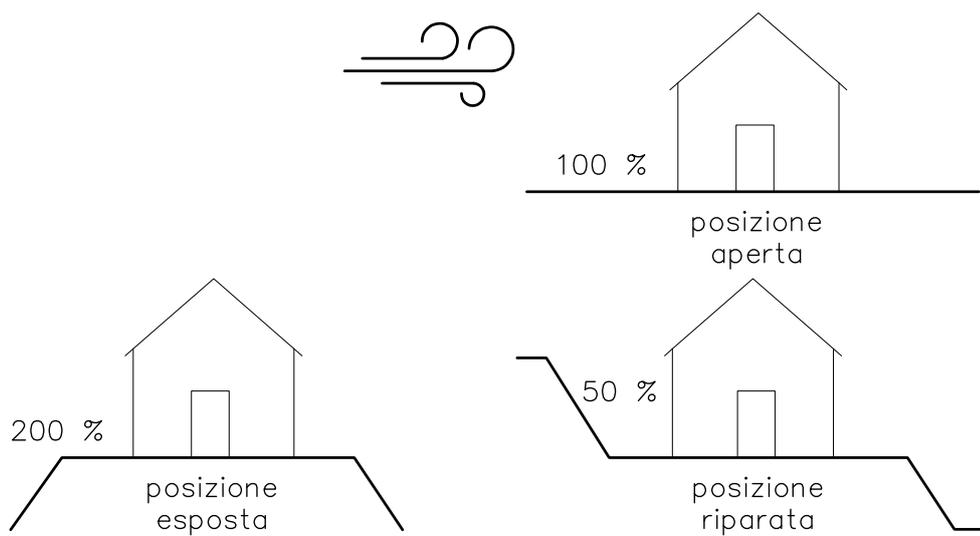
Aspetti riassunti nella Figura 23



23

Figura 23
Schema riassuntivo delle perdite energetiche e del mutamento delle temperature esterne nel periodo invernale, differenziate per posizione

- Evitare localizzazioni esposte a venti freddi, le perdite potrebbero quadruplicarsi nel caso in cui l'edificio sia posto in un luogo con forti venti, in tal caso è fondamentale che l'edificio possenga degli elementi tecnologici con un'elevata tenuta al vento; aspetti riassunti nella Figura 24



24

Tutti gli elementi sopracitati incidono in buona parte sul livello di prestazione energetica finale, secondo alcuni studio la localizzazione ideale sarebbe nell'emisfero boreale sui versanti orientati a sud.

In fase di progettazione ed individuazione della località, per valutare se gli elementi circostanti possano essere d'intralcio al soleggiamento invernale, bisogna semplicemente rivolgere lo sguardo verso sud e alzare la mano di 20°C verso l'alto, tutti gli oggetti visibili al di sopra della mano saranno d'intralcio.

L'orientamento

Un altro elemento da prendere in considerazione dal punto di vista della sostenibilità ambientale e dei consumi energetici, è la distanza che intercorre tra il sito scelto e i luoghi di lavoro o di servizi pubblici, perché il 30% dei consumi giornalieri sono riconducibili agli spostamenti quotidiani.

L'orientamento dell'edificio è un aspetto molto importante nelle fasi iniziali della progettazione, si deve cercare di ottenere la miglior esposizione per catturare al meglio gli apporti solari. Se si ha la possibilità si deve cercare di avere grandi vetrate sul lato sud, assenze di vegetazione ombreggiante

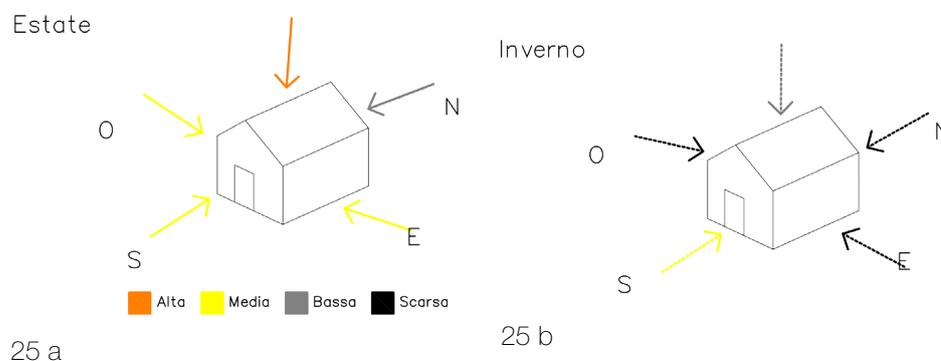
Figura 24
Schema riassuntivo delle perdite energetiche causate dal vento, differenziate per esposizione

e disporre gli ambienti interni con la zona giorno esposta verso la luce. L'edificio deve sapersi adeguare alle varie stagioni e a come devono essere recepiti i raggi solari:

-In estate i raggi solari sono più intensi e si distribuiscono su più lati dell'edificio (est, sud, ovest e sulla copertura) e, essendo il sole più alto sull'orizzonte; (Figura 25.a)

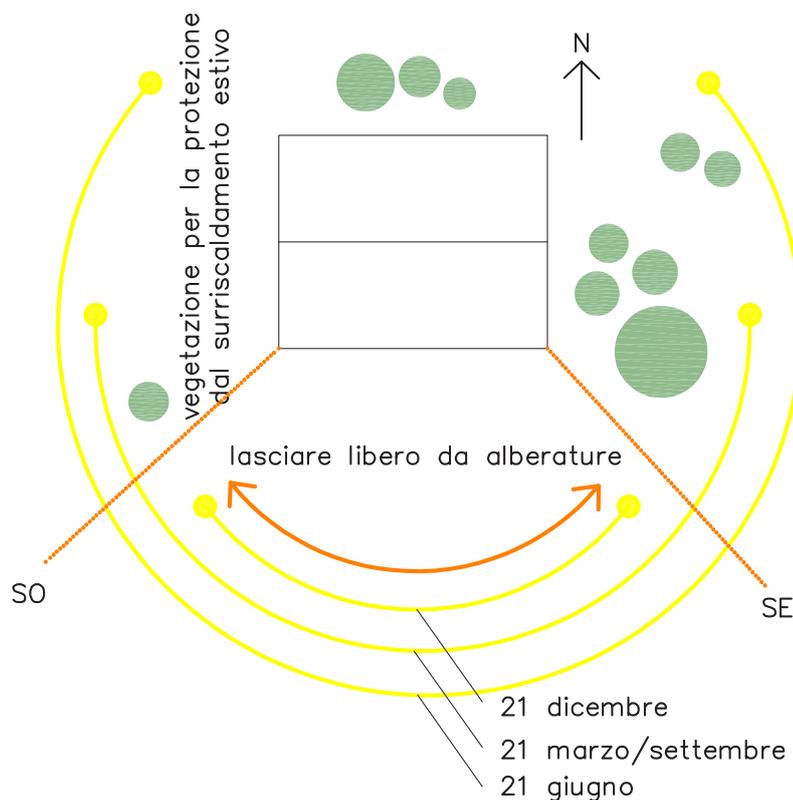
-In inverno il sole emette un irraggiamento di debole intensità, ma è molto basso sull'orizzonte, ciò permette di avere comunque dei buoni apporti sul lato sud (Figura 25.b)

Figura 25 a-b
Schema riassuntivo delle radiazioni solari incidenti, differenziate per faccia d'edificio, nel periodo estivo e nel periodo invernale



Una delle forme migliori è il parallelepipedo disposto sull'asse est-ovest

Figura 26
Orientamento e sistemazione dell'edificio, ottimale per ottenere il massimo degli apporti solari



26

in quanto si hanno a disposizione grandi aree finestrate sul prospetto sud, si possono avere più ambienti con luce solare diretta e illuminazione migliore, inoltre si può sfruttare la grande falda del tetto che si crea a sud per posizionare pannelli solari e fotovoltaici. La parete che affaccia verso nord deve avere la minor superficie finestrata possibile per ridurre il più possibile le dispersioni, in quanto dal lato nord non si possono avere apporti di alcun genere, sui lati est e ovest bisogna cercare di limitare le aperture e comunque assicurarsi di schermarle adeguatamente per evitare il surriscaldamento in estate.

Nel caso ci siano vincoli urbanistici, ostruzioni o scelte progettuali che non permettano di avere una esposizione ottimale, si dovrà sopperire a questa mancanza di apporti in altre maniere, come, ad esempio, aumentare l'isolante. (Figura 26)

bile le dispersioni, in quanto dal lato nord non si possono avere apporti di alcun genere, sui lati est e ovest bisogna cercare di limitare le aperture e comunque assicurarsi di schermarle adeguatamente per evitare il surriscaldamento in estate.

Nel caso ci siano vincoli urbanistici, ostruzioni o scelte progettuali che non permettano di avere una esposizione ottimale, si dovrà sopperire a questa mancanza di apporti in altre maniere, come, ad esempio, aumentare l'isolante.

La compattezza dell'edificio

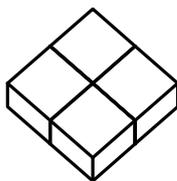
Le dispersioni dell'edificio avvengono attraverso il secondo principio della termodinamica il calore tende a passare dal corpo più caldo ad uno più freddo, quindi le superfici di un edificio disperdono quando si trovano tra due ambienti che hanno una temperatura diversa tra loro, questo succede solitamente alle pareti verso esterno, verso vani non riscaldati, ai solai contro terra e al tetto.

Seguendo questo ragionamento si arriva a comprendere che un ambiente che ha meno superfici confinanti verso l'esterno disperde meno di un altro più distribuito a parità di volumetria. Il solido che ha il miglior rapporto è la sfera, che però non si declina bene per utilizzi per fini edilizi, passando a solidi più facilmente utilizzabili a scopi costruttivi si può notare che si ha un rapporto migliore con forme compatte rispetto a forme più articolate e allar-

Figura 27
Schemi riassuntivi sulla differenza di rapporto S/V, a parità di volumi riscaldati, differenziati per forma

gate. Edifici che comprendono più nuclei abitativi come le villette a schiera e i condomini hanno un rapporto superficie/volume migliore, in quanto i singoli appartamenti hanno meno superfici a contatto con locali non riscaldati e non si considera il flusso verso locali con la stessa temperatura. Per quanto riguarda edifici monofamiliari isolati si può intuire che, seguendo il ragionamento precedente, si deve preferire un volume compatto e con aggetti contenuti o, ancora meglio, assenti. A parità di superficie utile richiesta e quindi preferibile sviluppare l'edificio su più livelli piuttosto che nuclei tra loro staccati o un edificio su un unico piano, aspetti riassunti nella Figura 27.

blocco edilizio



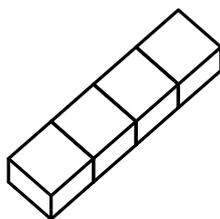
Rapporto S/V = 0,8

torre



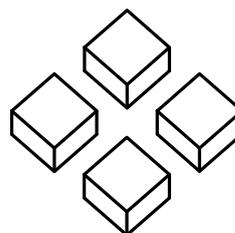
Rapporto S/V = 0,9

case a schiera



Rapporto S/V = 0,9

case unifamiliari



Rapporto S/V = 1,2

27

6.2 L'involucro edilizio

L'involucro edilizio è quell'elemento che separa l'ambiente interno dall'ambiente esterno, ha il compito di proteggere gli ambienti interni e assicurare il comfort termico ambientale interno.

Specialmente nell'ambito di una CasaClima l'involucro deve essere in grado di agire come filtro tra interno ed esterno, controllando e controllando gli scambi di calore in modo tale da regolare il clima interno dell'edificio.

È importante specificare che per “involucro edilizio” s’intendono tutte le partizioni dell’edificio confinanti con l’ambiente esterno, per assicurare il comfort termico in ambiente è necessario che tutti gli elementi dell’involucro operino in modo sinergico.

Le tipologie costruttive

La progettazione di un edificio CasaClima non ha specifiche caratteristiche costruttive l’unica necessità è quella di avere efficienza energetica, comfort termico e ecocompatibilità della costruzione.

È possibile optare per diverse tecniche costruttive e scegliere quella che meglio si adatta alle necessità del progetto, le tipologie costruttive sono suddivise in costruzione massiccia, costruzione massiccia in legno e costruzione leggera, nello specifico:

- La costruzione massiccia

Per costruzione massiccia si intende quella tipologia costruttiva caratterizzata dall’uso di mattoni, calcestruzzo o simili, nello specifico sono tutti i materiali con una massa elevata e spessori consistenti con una conseguente elevata capacità di accumulare calore.

Questa tipologia costruttiva si conclude con un isolamento esterno continuo, c’è da specificare anche che ad oggi tutti i materiali sopracitati sono stati rinnovati e alleggeriti per cui non si parla per forza di un materiale massiccio.

La costruzione massiccia risulta essere una tipologia costruttiva con un’elevata flessibilità architettonica ed una protezione antincendio ottimale data dalle caratteristiche proprie dei materiali utilizzati, che risultano essere non infiammabili.

La lunga durata dei materiali utilizzati garantisce un’elevata stabilità strutturale e di conseguenza un valore economico relativamente stabile nel tempo.

Una delle caratteristiche più importanti della costruzione massiccia è la sua capacità di accumulo, infatti se isolata adeguatamente, è in grado di accumulare calore sia in estate che in inverno migliorando il comfort termico all’interno dell’edificio.

La massa di cui è dotato il materiale costruttivo utilizzato permette di immagazzinare calore nelle stagioni fredde, mentre in quelle calde permette di

Figura 28
Esempio di una costruzione massiccia in laterizio



28

E' molto importante specificare come nel periodo invernale l'aspetto più importante sia quello della trasmittanza stessa del componente di chiusura, mentre nel periodo estivo è fondamentale la disposizione degli strati interni, non meno importante è l'ombreggiatura delle finestre.

Gli apporti solari gratuiti risultano avere un ruolo importante nel periodo invernale, infatti mediante l'irraggiamento è possibile aumentare la temperatura interna del manufatto, che viene accumulata grazie alla massa della costruzione.

Per avere un involucro massiccio performante è molto importante la tenuta all'aria, quest'ultima è un aspetto molto importante per tutte le case costruite secondo la metodologia CasaClima, infatti per tutte le tipologie costruttive è fondamentale che tutte le aperture e le forature siano sigillare, questo accorgimento permette di ottenere un involucro maggiormente performante e privo di condensa interstiziale.

All'interno di un nucleo abitativo con un comfort termico elevato è importante l'umidità interna, infatti all'interno degli edifici è necessario che l'umidità relativa oscilli tra il 40% ed il 60% e la costruzione massiccia risulta

essere ottimale per questo tipo di necessità.

Anche nell'ambito del comfort acustico la costruzione massiccia risulta avere caratteristiche rilevanti, infatti grazie al peso specifico di cui è dotato il laterizio è possibile ottenere buoni livelli di acustica interna, in ogni caso per ottenere le migliori caratteristiche di comfort dalla tipologia costruttiva è fondamentale la collaborazione sinergica di tutti i componenti dell'edificio.

I prodotti per la costruzione massiccia

Il materiale utilizzato per la costruzione massiccia è la pietra da costruzione artificiale, quest'ultima è composta per lo più da sabbia, calce, argilla, gesso e pomice, questi elementi vengono trattati e lavorati per ottenere dei blocchi.

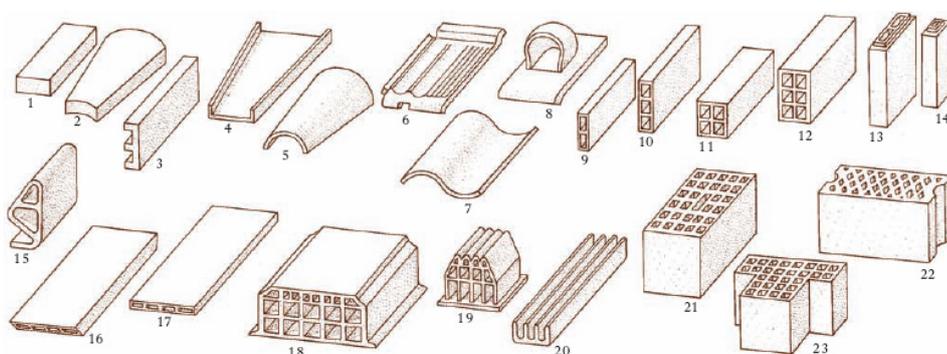
I blocchi ottenuti devono avere specifiche caratteristiche tra cui la bassa densità, infatti una densità ridotta permette di avere una migliore capacità termoisolante, motivo per cui i blocchi spesso sono alleggeriti con pori d'aria oppure materiali isolanti.

I prodotti adatti alla costruzione massiccia sono molteplici, tra questi sono presenti:

- Il mattone

Il mattone è la più comune pietra artificiale da costruzione, è la maggiormente versatile grazie alle differenti tipologie presenti, riassunte nella Figura 29.

I più diffusi sono i mattoni pieni con una foratura al di sotto del 15%, sono poi presenti i mattoni semipieni con una foratura tra il 15% ed il 45%, entrambi i mattoni possono avere una produzione innovativa ed essere porizzati



29

mediante l'aggiunta, prima della foratura, di materiale di alleggerimento al suo interno. La tabella 12 mostra le conseguenze della densità sulla con-

Figura 29
Tipologie di laterizio classico presenti in commercio

Tabella 12
 Tabella riassuntiva della
 variazione di conduttività
 termica in funzione della
 densità del laterizio

Densità kg/m ³	550	600	630	660	700	800	900	1000	1400
Conduttività W/mK	0,07	0,08	0,09	0,11	0,16	0,21	0,36	0,45	0,58

12

•I blocchi in arenaria calcarea

I blocchi in arenaria calcarea sono anche conosciuti come blocchi in silicati di calcio, a differenza dei mattoni sono composti da sabbia quarzifera e calce viva, la loro produzione sotto pressione di vapore a 200°C permette di ottenere una ridotta conduttività termica su prodotti con una densità elevata.

•I blocchi in argilla espansa

Il processo produttivo dei blocchi in argilla espansa permette di ottenere un prodotto con una densità ridotta, infatti l'espansione della materia prima in forni a 1200°C crea all'interno dell'argilla stessa dei micropori interni che aumentano la quantità di aria presente all'interno del blocco, aumentando di conseguenza la qualità delle caratteristiche termiche.

•Il calcestruzzo

Il calcestruzzo è forse uno degli elementi maggiormente utilizzato in edilizia, ha una densità elevata che varia tra i 2000 kg/m³ ed i 2600 kg/m³, in base alla densità viene suddiviso in calcestruzzo leggero oppure pesante.

•I blocchi-cassero in legno-cemento

I blocchi in legno cemento derivano dal processo di mineralizzazione di un impasto composto da cemento Portland e legno di recupero.

I blocchi vengono posati a secco e all'interno dei vuoti è possibile inserire materiale isolante per aumentarne le caratteristiche termoisolanti oppure calcestruzzo con armatura.

Le tipologie strutturali della costruzione massiccia

Per la struttura massiccia esistono differenti tipologie di parete confinante con l'esterno, nello specifico le tipologie costruttive massicce offrono svariate quantità di pareti, per meglio soddisfare le esigenze richieste.

Le pareti possono essere:

•Parete monostrato

Nel caso in cui si debba obbligatoriamente utilizzare una tipologia struttu-

rale di tipo monostrato, è buona norma utilizzare blocchi di laterizio con un valore di conduttività termica molto basso, ormai in commercio esistono numerosi laterizi innovativi con una conduttività termica di base pari a 0,07 W/mK.

Per le strutture monostrato è necessario avere alcuni accorgimenti specifici, come quello di utilizzare della malta termoisolante per la finitura, incollare i mattoni tra di loro e progettare muri di elevato spessore.

- Parete isolamento termico esterno (Figura 30)

Nel caso specifico della parete con isolamento termico esterno o meglio ancora la parete a cappotto, vengono utilizzati due elementi, i laterizi e l'isolante.

A differenza della parete monostrato, la parete a cappotto offre il soddisfacimento delle esigenze con uno spessore ridotto ma con l'utilizzo di più elementi.

La scelta dell'isolante è molto importante in questa tipologia costruttiva, perché proprio a causa della presenza dell'isolante non vengono utilizzati mattoni a bassa conduttività termica, motivo per cui è necessario utilizzare un isolante con una ridotta conduttività termica.

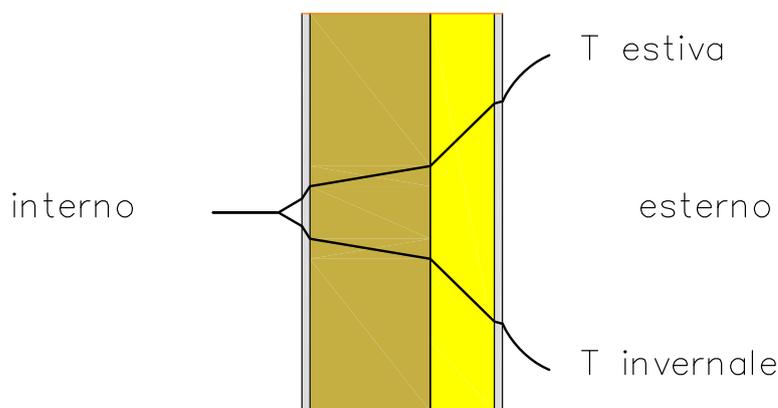


Figura 30
Andamento della temperatura con una parete ad isolamento esterno, nel periodo estivo e nel periodo invernale

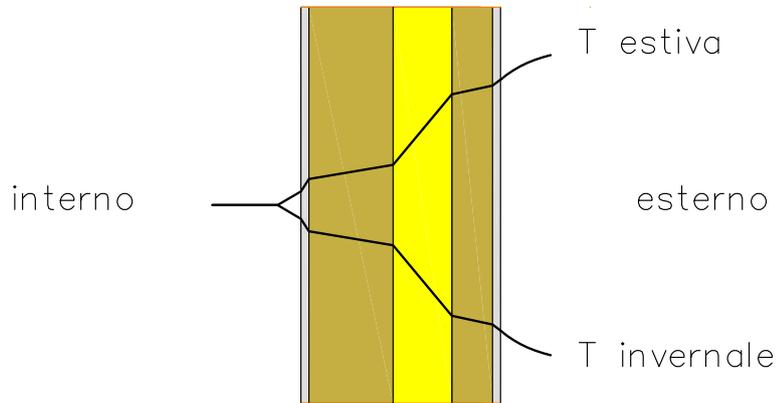
30

Per questa tipologia costruttiva è importantissima la gestione dei ponti termici, infatti tutti i nodi strutturali andranno gestiti mediante elementi a taglio termico, questo perché i laterizi utilizzati in questo caso non hanno potere termoisolante.

- Parete con isolamento in intercapedine (Figura 31)

La parete con isolamento in intercapedine, a differenza della parete a cappotto, è composta da due elementi rigidi cui è frapposto uno strato isolante termico continuo.

Figura 31
Andamento della temperatura di una parete con isolamento termico in intercapedine, nel periodo estivo e nel periodo invernale



31

• Parete ventilata con isolamento termico (Figura 32)

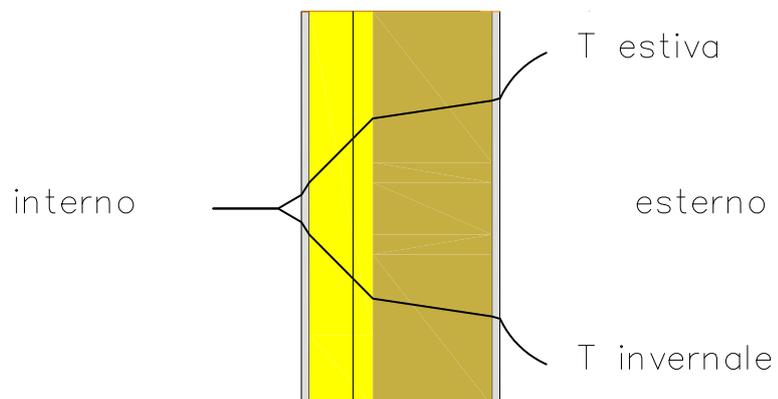
La parete ventilata è presso che simile alla parete a cappotto ma risulta essere meccanicamente più resistente grazie allo strato esterno rigido e termicamente più performante grazie all'effetto camino creato nella camera di ventilazione, pertanto la facciata sviluppa notevoli funzioni di traspirazione ed eliminazione dell'umidità.

Nello specifico in estate, l'aria entrante nell'intercapedine, aiuta l'espulsione dell'aria calda presente all'interno della camera di ventilazione diminuendo così gli apporti termici dall'esterno e eseguendo anche l'azione di schermatura solare, assorbendo e riflettendo parte della radiazione solare.

Per quanto riguarda il periodo invernale, la ventilazione contribuisce la rapida espulsione del vapore acqueo creatosi dall'interno, riducendo i fenomeni di condensa.

• Parete isolamento termico interno (Figura 32)

Figura 32
Andamento della temperatura con una parete ad isolamento interno, nel periodo estivo e nel periodo invernale



32

Questa tipologia costruttiva è utilizzata soprattutto nei casi di risanamento, per il semplice fatto che la tipologia a cappotto risulta essere un intervento molto delicato se eseguito su un manufatto già esistente.

In ogni caso è necessaria una progettazione minuziosa e attenta soprattutto nei confronti dei nodi, dei ponti termici e dell'eventuale formazione di condensa interstiziale.

Ogni tipologia di parete presenta le sue caratteristiche relative, il dato più importante è quello del valore di trasmittanza, questo perché ogni tipologia di struttura, in base alla disposizione dell'isolante ed in base alla densità dell'elemento, fornisce differenti valori di trasmittanza.

Ogni tipologia di parete presenta le sue caratteristiche relative, il dato più importante è quello del valore di trasmittanza, questo perché ogni tipologia di struttura, in base alla disposizione dell'isolante ed in base alla densità dell'elemento, fornisce differenti valori di trasmittanza.

Oltre alla trasmittanza termica dell'elemento, è anche molto importante il suo comportamento nei confronti della diffusione del vapore, per tanto l'Agenzia CasaClima, facendo riferimento alla norma UNI EN ISO 1378810 ha verificato il comportamento della diffusione del vapore per le differenti tipologie di parete, (Figura 33), mettendo in evidenza come la metodologia maggiormente performante sia quella del sistema a cappotto esterno per evitare così la formazione della condensa interstiziale.

Indipendentemente dalle tipologie strutturali presenti è sempre consigliabile porre l'isolamento termico all'esterno per evitare fenomeni di ponti termici e assicurare la funzionalità di massa d'accumulo.

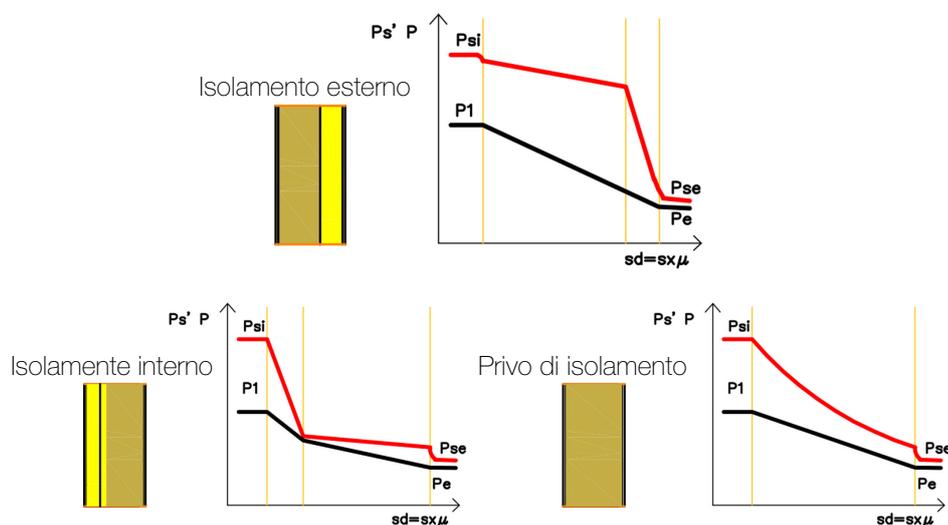


Figura 33
Schemi riassuntivi del comportamento alla diffusione del vapore delle varie tipologie costruttive

¹⁰La normativa fornisce metodi di calcolo per verificare le prestazioni

Figura 34
Esempio di una costruzione in legno

- La costruzione in legno

La costruzione in legno eseguita mediante tecnologie innovative, permette di raggiungere gli standard energetici richiesti da CasaClima, con la stessa semplicità delle strutture massicce in legno, nella Figura 34 è rappresentato un esempio della costruzione in legno.

I vantaggi della costruzione in legno sono molteplici, posseggono un ottimo rapporto peso-resistenza, infatti le strutture in legno riescono a raggiungere elevati valori di resistenza strutturale con pesi molto inferiori rispetto le strutture massicce, inoltre risultano avere un comportamento ottimale nel



34

caso di sisma, proprio grazie al suo rapporto peso-resistenza.

La costruzione in legno risulta avere ottime caratteristiche isolanti, proprio grazie alla struttura del materiale, infatti la struttura fibrosa del legno permette di trattenere al suo interno particelle d'aria ferma raggiungendo una conduttività termica che oscilla tra $0,13 \text{ W/mK}$ e $0,18 \text{ W/mK}$, inferiore rispetto ai laterizi.

A parità di conduttività termica è pertanto possibile costruire strutture più leggere in legno piuttosto che in laterizio.

La scelta della costruzione in legno ha effetti positivi anche su clima e ambiente perché gli impatti di una costruzione in legno durante l'intero ciclo di vita risultano essere per svariati motivi tra cui la natura del ciclo del legno, la rinnovabilità dello stesso, la riciclabilità e soprattutto la possibilità di impiegare un quantitativo limitato di energia non rinnovabile in fase di trasporto. L'Agenzia CasaClima ha calcolato che con il legno utilizzato per la costruzione di un manufatto realizzato con telaio in legno è possibile recuperare

combustibile a sufficienza per riscaldare una CasaClima in classe ORO per almeno 20 anni.

Le caratteristiche positive del legno sono anche date dalle caratteristiche intrinseche del materiale, come la capacità di rendere gli ambienti interni sani e confortevoli, infatti nel caso di legno non trattato quest'ultimo non emette sostanze nocive per l'uomo ed inoltre è in grado di regolare l'umidità dell'ambiente interno.

Generalmente nelle costruzioni in legno viene utilizzato un sistema costruttivo a secco e questo permette di utilizzare elementi prefabbricati (Figura 35) è un metodo che possiede moltissimi aspetti positivi come brevi tempi di realizzazione ed una maggiore qualità, ma è necessaria una progettazione precisa e meticolosa in quanto non è possibile effettuare modifiche



35

in corso d'opera.

La costruzione in legno necessita di particolari attenzioni in tutte le sue fasi, una corretta costruzione, un montaggio a regola d'arte ed una buona manutenzione permettono ad una struttura in legno di avere una durata di vita simile alle costruzioni in laterizio.

Per essere certi che la costruzione in legno sia affidabile e duratura, l'Agenzia di CasaClima ha redatto alcuni criteri di qualità da soddisfare:

- Protezione dall'umidità

Uno dei maggiori pericoli per le costruzioni in legno è la presenza di umidità, pertanto è necessario ricorrere ad una pianificazione, realizzazione e messa in opera, molto meticolosa in modo tale da evitare l'utilizzo di sostanze chimiche per evitare il fenomeno dell'umidità.

Figura 35
Immagine della fase di montaggio di un involucro prefabbricato in legno

Figura 36
Esempio di un elemento costruttivo in legno impermeabilizzato

È fondamentale che le strutture in legno restino asciutte nel tempo e per fare questo è necessario verificare che l'ingresso di umidità sia ostacolato e che l'eventuale umidità presente all'interno dell'elemento stesso sia allontanata verso l'esterno.

Uno dei maggiori problemi da risolvere è la condensa interstiziale che può crearsi all'interno del pacchetto costruttivo, per ovviare a tutti questi aspetti relativi l'umidità è necessario porre attenzione, in fase costruttiva, a svariati aspetti tra cui:

1. La tenuta al vento e all'aria degli elementi disperdenti dev'essere ottimale per ovviare al trasporto di aria umida; (Figura 36)
2. La costruzione è necessario che sia aperta alla diffusione del vapore permettendo così lo smaltimento dell'umidità;
3. Se presente il freno vapore porlo sul lato interno per la regolazione dell'umidità in ingresso per diffusione;
4. E' necessario che il legno utilizzato sia ben essiccato in modo tale da



36

avere un ridotto quantitativo di umidità all'interno.

- Protezione antincendio

Di base il legno è un materiale combustibile ed è classificato in Euroclasse D11, nonostante la combustione del legno avvenga in modo prevedibile rispetto ad altri materiali, è bene sfruttare alcuni accorgimenti costruttivi per migliorare la resistenza al fuoco:

1. Porre sul lato interno della struttura un rivestimento minerale con caratteristiche ignifughe; (Figura 37)
2. Collocare l'apparato impiantistico in un piano a sé stante interamente

rivestito con pannelli resistenti al fuoco

3. Interrompere le facciate ventilate con elementi tagliafuoco che impedi-



37

scano al fuoco di passare velocemente da un piano all'altro.

- Protezione acustica

Un ulteriore aspetto da tenere in considerazione nelle costruzioni in legno è la protezione acustica nei confronti del rumore esterno e anche nei confronti del rumore interno.

Per assicurare la protezione acustica è importante evitare i ponti acustici e aumentare la massa degli elementi di separazione.

Per la protezione contro il rumore esterno è sufficiente utilizzare la tecnica "massa-molla-massa" oppure aumentare la massa mediante materiali fonoassorbenti oppure doppi rivestimenti.

La protezione contro il rumore da calpestio, invece necessita di essere gestito diversamente, infatti è necessario aumentare la massa, evitare ponti acustici riducendo al minimo l'uso di viti e bulloni.

- Protezione termica estiva

Nel caso della costruzione in legno il surriscaldamento estivo necessita una gestione differente rispetto quello utilizzato nelle costruzioni massicce.

Per tanto nelle costruzioni in legno è necessario utilizzare un isolante termico con un buon svasamento termico oppure, in caso di una parete che necessita di ridotti spessori costruttivi, è possibile utilizzare una parete ventilata.

Figura 37
Immagine di un elemento ligneo rivestito con elemento incombustibili in fibrogesso

Le tipologie di copertura

Nelle nuove costruzioni spesso capita di vedere edifici "ibridi", dove l'involucro è realizzato con la tecnica della costruzione massiccia e il tetto realizzato con la tecnica della costruzione in legno.

Specialmente nella realizzazione di un tetto in legno per un edificio Casa-Clima, è importante la stratigrafia, che deve essere così composta:

- Manto di copertura

Il manto di copertura è fondamentale per proteggere la copertura dalle intemperie, in commercio sono presenti svariate tipologie di manti da scegliersi in base alle prestazioni da soddisfare;

- Listelli di legno

I listelli sono elementi necessari per il fissaggio delle tegole o del manto di copertura scelto.

- Contro listelli di legno

Lo strato di contro listelli in legno è necessario per realizzare la ventilazione all'interno del tetto.

E' consigliato sempre realizzare un tetto ventilato perché il passaggio di aria, tra l'isolante e lo strato di copertura, permette un comportamento igrometrico corretto permettendo così alla copertura di smaltire l'umidità, eliminare l'aria calda presente nell'intercapedine.

Per ottenere le prestazioni massime dall'intercapedine, è necessario che rispetti alcune caratteristiche specifiche, come:

- 1.Lo strato di ventilazione deve essere continuo, senza interruzioni come canne fumarie o finestre;

- 2.Le aperture di ingresso e di uscita dell'aria devono essere adeguatamente dimensionate e protette per permettere il corretto deflusso di aria.

E' importante che le aperture siano protette dagli agenti atmosferici e dall'eventuale ingresso di insetti;

- 3.E' necessario che abbia una dimensione ed un'inclinazione adeguata, è consigliato avere una sezione non inferiore ai 4 cm e con un'inclinazione non inferiore al 10°C.

- Strato di tenuta al vento

E' bene porre attenzione alla posa dello strato di tenuta al vento, che deve risultare ben incollato e aderente, specialmente ove vi sia il raccordo tra più elementi.

- Strato isolante

Nell'ambito di un tetto ventilato, lo strato isolante è necessario per proteggere termicamente l'involucro, sia nel periodo estivo che nel periodo invernale.

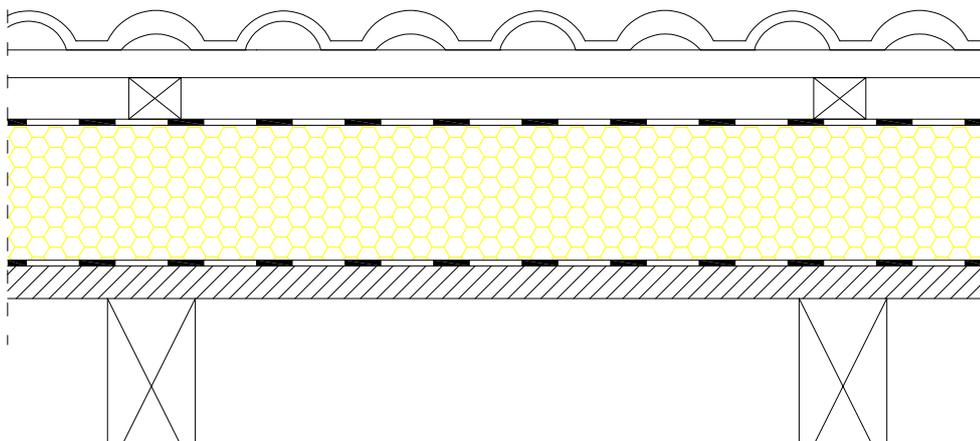
Nel periodo invernale l'isolante viene sfruttato per la sua trasmittanza e il valore di conduttività termica; nel periodo estivo viene sfruttato per il suo sfasamento termico, motivo per cui è importante scegliere un materiale isolante con un'inerzia termica consona.

La posizione dell'isolante all'interno della stratigrafia della copertura leggera in legno è molto importante:

- Isolamento sopra le travi, (Figura 38)

L'isolamento applicato sopra le travi risulta essere il più vantaggioso, perché evita la formazione di punti di interruzione che potrebbero causare ponti termici indesiderati.

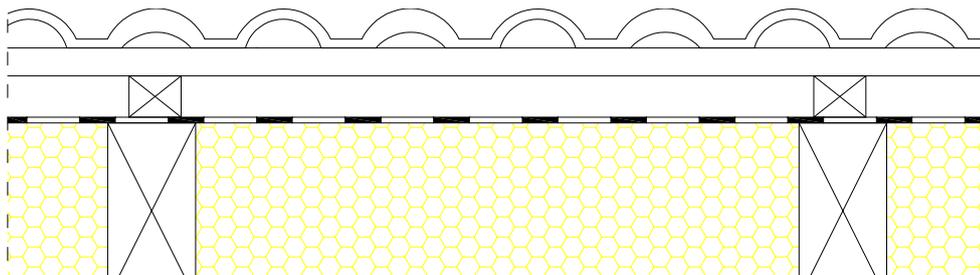
Questo tipo di isolamento è utilizzato spesso perché permette di evitare



38

ponti termici e di avere il tetto a vista, anche se è possibile incorrere in coperture dagli spessori importanti.

- Isolamento tra le travi (Figura 39)



39

Generalmente questa soluzione è adottata nel caso di risanamenti, questo perché l'isolante può essere inserito tra le travi portanti senza intervenire

Figura 38
Schema della soluzione
"Isolante sopra le travi"
per la coibentazione del
tetto

Figura 39
Schema della soluzione
"Isolante tra le travi"
per la coibentazione del
tetto

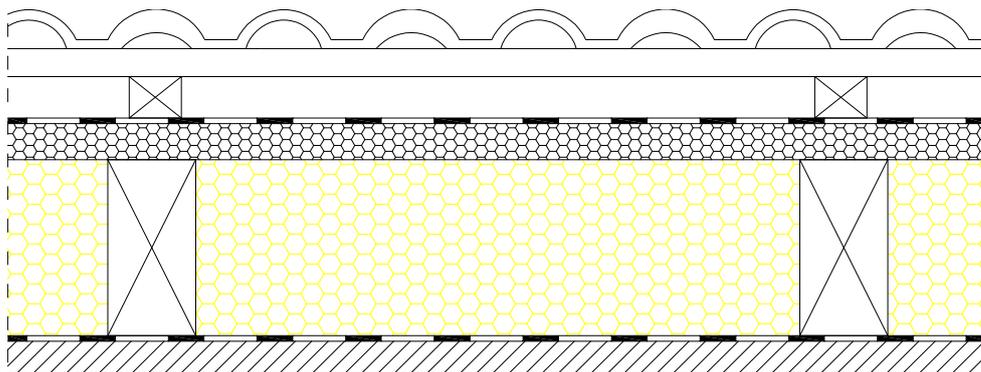
Figura 40
Schema della soluzione
"Isolante tra le travi"
per la coibentazione del tetto

sullo strato esterno della copertura.

Non è molto utilizzato nelle nuove costruzioni, perché lo spessore dell'isolante è limitato all'altezza delle travi, per cui potrebbe essere insufficiente per garantire un comfort termico interno.

- Isolamento combinato (Figura 40)

Questo metodo applicativo è utilizzato soprattutto nell'ambito del risana-



40

mento, quando l'isolante posto tra le travi non è sufficiente, viene posto un ulteriore strato isolante.

Nelle nuove costruzioni è utilizzato di rado, è utilizzato solo se è necessario mantenere una sezione limitata della copertura.

- Struttura portante

Generalmente la struttura di una copertura in legno moderna è realizzata in legno massiccio o lamellare, con un'orditura di falsi puntoni posti sulla trave di colmo e la banchina.

- Strato di tenuta all'aria e freno vapore

Le coperture moderne sono generalmente realizzate in modo tale da permettere la diffusione del vapore in modo tale da rendere la copertura traspirante.

Per rendere la copertura traspirante è necessario che sul lato caldo del tetto sia applicato uno strato di freno vapore che permette la riduzione dell'umidità entrante.

Sul lato freddo dell'isolante, invece, è necessario applicare un telo traspirante e impermeabile che permette l'evaporazione dell'acqua.

Per assicurare nel tempo l'integrità della copertura, è bene realizzare a regolare d'arte lo strato di tenuta all'aria e lo strato di freno vapore, con una particolare attenzione ai vari punti critici presenti come le finestre presenti in copertura o gli abbaini.

- Strato di finitura interno

Generalmente le coperture in legno sono le più utilizzate negli edifici CasaClima, perché permettono di gestire con più facilità l'eventuale presenza di ponti termici.

- Costruzione leggera

La costruzione leggera è caratterizzata dalla struttura portante in telai con un sistema di pannelli d'irrigidimento, in questo caso l'isolamento è posto tra i due pannelli d'irrigidimento.

E' importante specificare che ogni tipologia costruttiva ha le sue caratteristiche relative a parametri come il comfort estivo oppure i tempi di costruzione, all'interno della Tabella 13 vi è il confronto tra le varie metodologie costruttive.

PARAMETRI	Costruzione MASSICCIA	Costruzione MASSICCIA IN LEGNO	Costruzione LEGGERA
Comfort estivo	Surriscaldamento limitato	Surriscaldamento ridotto rispetto la costruzione leggera	Necessità di ombreggiamento
Comfort invernale	Regolazione dei picchi di temperatura, gli ambienti si riscaldano lentamente	Regolazione dei picchi di temperatura, gli ambienti si riscaldano abbastanza velocemente	Gli ambienti si riscaldano velocemente ed è necessario utilizzare un sistema di riscaldamento che reagisca alle variazioni di temperatura
Miglioramento della trasmittanza	Aggiunta di isolante esterno	Aggiunta di isolante esterno	Inserimento di supporti a doppia T
Riduzione dei ponti termici	Isolare l'involucro all'esterno	Isolare l'involucro all'esterno	Inserimento di supporti a doppia T
Materiali isolanti	Poca scelta	Poca scelta	Ampia possibilità di scelta
Rapporto spessore/isolante	Spessore elevato, specialmente nel caso di murature a doppio strato	Spessore ridotto rispetto la muratura	Spessore ridotto con elevate prestazione isolanti e pareti sottili
Guadagni energetici invernali	Mediante la massa è possibile sfruttare gli apporti gratuiti	Una buona capacità d'accumulo	A causa della massa ridotta vi è uno sfruttamento degli apporti gratuiti minore
Tenuta all'aria	A involucro intonacato è assicurata la tenuta	Necessità di sigillare i giunti dei pannelli	E' necessaria la progettazione di uno strato di tenuta all'aria
Umidità di costruzione	Essiccazione meccanica o naturale	Costruzione a secco.	Costruzione a secco
Condensa	A causa dello spesso strato di isolante la condensa rimane all'esterno della muratura	A causa dello spesso strato di isolante la condensa rimane all'esterno del pannello	E' necessario inserire un freno vapore
Ritiro e assestamento	Non vi è ritiro	Non vi è ritiro	E' necessario che il legno utilizzato sia da costruzione e con una % di umidità bassa
Fabbisogno energetico (energia grigia)	Elevato	Impiego ridotto di energia per la trasformazione	Impiego ridotto di energia per la trasformazione
Protezione dal fuoco	I materiali utilizzati non sono infiammabili	La struttura è rivestita con pannelli non infiammabili	La struttura è rivestita con pannelli non infiammabili
Protezione dal rumore	Protezione dal rumore buona, grazie alla massa elevata	Protezione dal rumore buona, grazie alla massa elevata	Necessità di aggiungere elementi aggiuntivi
Vita media	Circa 120 anni	Oltre 70 anni	Tra i 35 e i 70 anni
Tempi di costruzione	Circa 12 mesi	Tra i 4 e i 6 anni	Tra i 4 e i 6 mesi
Trasformazione future	Le trasformazioni future sono semplici grazie all'assenza di muri portanti	Le trasformazioni future sono complesse a causa della presenza dei muri portanti	Le trasformazioni future sono complesse a causa della presenza dei muri portanti
Progettazione	Semplice	Semplice	Complessa

Tabella 13

Tabella riassuntiva delle caratteristiche specifiche delle varie tipologie costruttive, suddivise per tipologia di prestazione

Gli elementi costruttivi

Nella fase di progettazione di un edificio CasaClima, un aspetto non trascurabile è quello della scelta degli elementi costruttivi.

In fase di progettazione si effettuano svariati confronti con i vari materiali disponibili considerando contemporaneamente i costi e la durata della vita dell'elemento e dei singoli materiali che lo costituiscono.

Essendo la sostenibilità alla base dell'ideologia CasaClima, anche la scelta di un elemento costruttivo con costi di manutenzione ridotti vuol dire sostenibilità, nella fase di scelta l'aspetto economico viene tenuto in considerazione, ma si pone anche l'attenzione verso la "scadenza" dell'elemento costruttivo, infatti quest'ultimo deve essere facilmente sostituibile.

Per quanto concerne l'aspetto della "durata" l'Agenzia CasaClima si è premurata di creare una tabella di riferimento con la durata media di ogni elemento costruttivo, per aiutare il progettista ad effettuare una scelta quanto più consapevole e sostenibile.

La Tabella 14 funge solo da elemento di orientamento, perché poi per la durata effettiva ogni progettista dovrà occuparsi di consultare la scheda tecnica di ogni elemento, segue tabella riassuntiva prodotta dall'Agenzia CasaClima

Tabella 14
Tabella riassuntiva della durata media dei singoli elementi costruttivi

	ELEMENTO COSTRUTTIVO	DURATA MEDIA
COSTRUZIONI _ AL GREZZO	Fondazioni	>50 anni
	Murature	>50 anni
	Solai in calcestruzzo	>50 anni
	Strutture portanti del tetto	>50 anni
	Coperture inclinate	>30 anni
	Coperture piane	<30 anni
	ELEMENTO COSTRUTTIVO	DURATA MEDIA
FINITURE	Finestre in legno	>20 anni
	Finestre in PVC	>30 anni
	Intonaco	>30 anni
	Pareti leggere	>50 anni
	Grondaie	>20 anni
	Isolamento termico	>30 anni
	Giunti elastici	dai 5 ai 10 anni
	ELEMENTO COSTRUTTIVO	DURATA MEDIA
IMPIANTI	Impianto elettrico, sanitario e di riscaldamento	>30 anni
	Impianto solare termico	>20 anni
	Impianto per caldaia e radiatori	dai 15 ai 25 anni
	Sanitari e rubinetterie	dai 15 ai 25 anni
		ELEMENTO COSTRUTTIVO
TRATTAMENTI _ SUPERFICIALI	Tinta alle finestre in legno	dai 3 ai 5 anni
	Tinta in facciata	dai 5 ai 20 anni
	Carta da parati	dai 10 a 15 anni
	Pavimenti	dai 5 ai 20 anni
	Piastrelle	>30 anni

- Le fondamenta

Le fondamenta richiedono un'attenzione speciale da parte del progettista, sia in fase di progettazione che in fase di costruzione.

Le fondamenta sono un elemento fondamentale all'interno di un edificio perché hanno il compito di garantire la stabilità a tutto l'edificio e quindi di resistere a tutti i movimenti che possono giungere dal terreno.

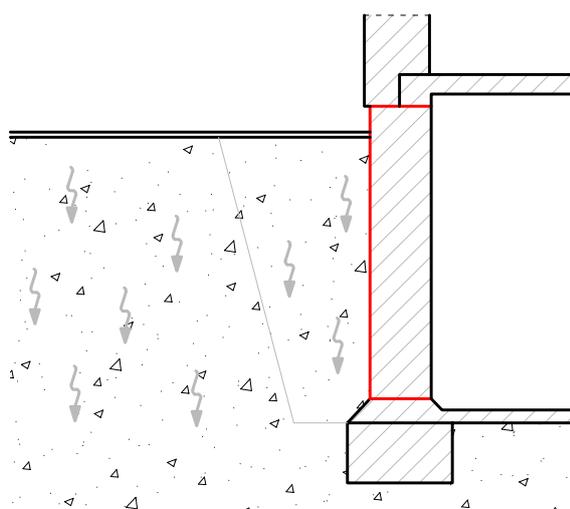
Una caratteristica fondamentale che devono possedere le fondamenta è quella dell'impermeabilità, infatti vi è la necessità che ci sia una impermeabilizzazione altamente performante, per evitare l'ingresso di umidità e di gas radon¹².

Per progettare correttamente le fondamenta è necessario effettuare un'analisi preventiva del terreno su cui sorgerà l'edificio, principalmente viene suddiviso in due tipologie differenti:

1. Terreno umido ma senza infiltrazione di acqua ristagnante;
2. Terreno con acqua stagnante con conseguente pressione sulle fondazioni e sulle pareti.

Dopo aver eseguito l'analisi del terreno è possibile scegliere il metodo costruttivo, generalmente i metodi costruttivi utilizzati per avere delle fondamenta performanti sono tre differenti tipologie:

- a) Nel caso di un terreno di tipologia 1 è sufficiente impermeabilizzare senza la necessità di drenaggio, riportato in Figura 41

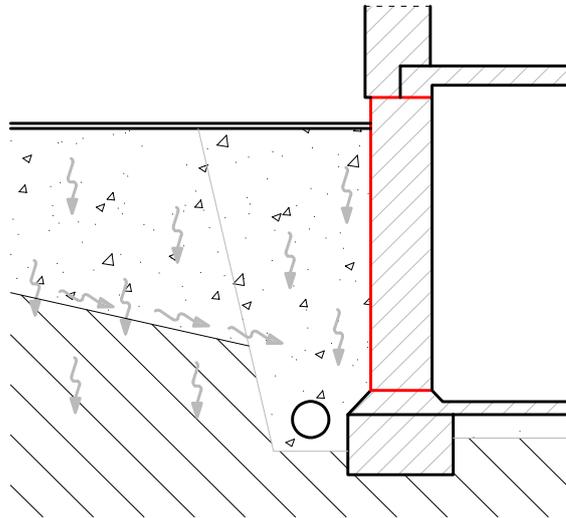


- a) impermeabilizzazione senza drenaggio nel caso di terreno umido e molto permeabile, senza acqua ristagnante

Figura 41
Schema del sistema di impermeabilizzazione utilizzato in caso di terreno umido ma privo di infiltrazioni d'acqua

¹² Il Radon è un gas nobile radioattivo, si crea naturalmente in seguito al decadimento dell'uranio, pericoloso

Figura 42
 Schema del sistema di impermeabilizzazione utilizzato in caso di terreno con acqua stagnante

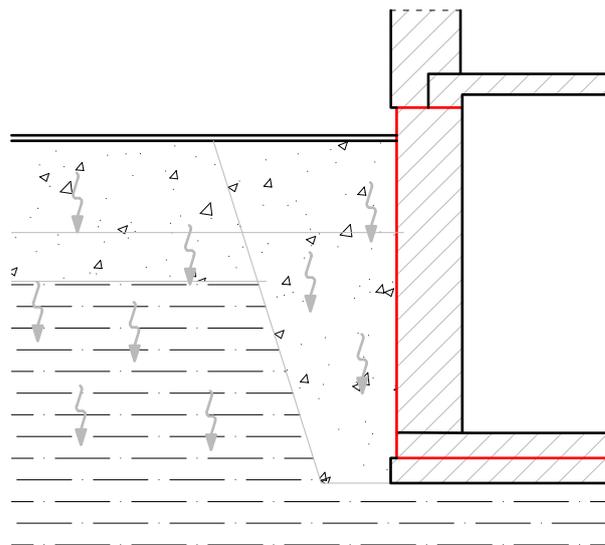


b) impermeabilizzazione con drenaggio nel caso di terreno con umidità ed acqua ristagnante con permeabilità media

42

c) Nel caso di terreno a falda libera è necessario impermeabilizzare l'intera porzione dell'involucro contro terra riportato in Figura 43

Figura 43
 Schema del sistema di impermeabilizzazione utilizzato in caso di terreno con acqua stagnante



c) impermeabilizzazione nel caso di terreno con acqua freatica ad un livello elevato

43

E' importante durante la fase di progettazione, ma anche in quella di costruzione, che non si facciano errori grossolani, tuttavia alcuni errori sono ricorrenti in questo tipo di lavorazione, i principali errori sono i seguenti:

- 1.Mancata analisi preliminare del terreno;
- 2.Assenza o sottodimensionamento del drenaggio;
- 3.Pendenza errata;
- 4.Tubi per il drenaggio non adatto;
- 5.Assenza di drenaggio sotto superficiale nell'area sottostante una fondazione a platea;
- 6.Mancanza di pozzi di revisione;
- 7.Otturazione dei tubi di drenaggio a causa di una posa sbagliata.

Non è semplice ovviare a queste problematiche, ma una progettazione ed una costruzione ottimale contribuisce alla riduzione della probabilità di incorrere in determinati errori, generalmente per ottenere una protezione ottimale nei confronti dell'umidità si utilizza un cemento speciale con un'elevata tenuta all'acqua, nello specifico si utilizza per fondazioni a platea o pareti contro terra.

Nonostante la peculiarità del cemento "a vasca bianca" (Figura 44) di essere impermeabile all'acqua è necessario porre attenzione ad alcuni elementi specifici in fase di posa.

Si necessita che la platea sia posizionata su uno strato di calcestruzzo adatto ad essere utilizzato per le sottofondazioni, il così detto magrone, questo permette di avere una base liscia ed omogenea su cui poggiare le fondamenta.

Successivamente tra la platea e le pareti contro terra viene posto un elemento in lamiera oppure dei tubi ad espansione per garantire la tenuta all'acqua delle fondazioni.



Figura 44
Immagine di un sistema di fondazione "a vasca bianca"

Figura 45
Immagine di un sistema
di fondazione “a vasca
nera”



45

Un'ulteriore tecnica utilizzata è quella dell'impiego delle malte fini impermeabilizzanti, sono una soluzione ottimale per ridurre gli episodi di umidità, ma è necessaria un'applicazione appropriata e corretta.

Vanno applicati in 2 o 3 strati in base alla tipologia di terreno, per il terreno di tipologia 1 è sufficiente uno spessore di 2 mm circa, per i terreni di tipologia 2 è necessario applicare uno strato di 3 mm circa.

Tutte le impermeabilizzazioni sopra citate vanno protette con materiali di rivestimento per evitare di incorrere in danneggiamenti di vario genere.

- I sistemi di facciata

I sistemi di facciata più utilizzati in ambito CasaClima sono la facciata a cappotto e la facciata ventilata, entrambi sono un'ottima soluzione, ma le loro

caratteristiche sono differenti.

- La facciata a cappotto (Figura 46)

L'isolamento a cappotto è posto sul lato esterno della struttura e deve assicurare l'isolamento termico delle partizioni confinanti con l'esterno.



Figura 46
Montaggio di un sistema di facciata a cappotto

46

Come accennato in precedenza il problema dei ponti termici necessita di essere gestito con una certa attenzione, utilizzando questa tipologia di facciata si crea una protezione continua attorno all'edificio.

La presenza dell'isolamento continuo riduce sensibilmente la formazione di condensa interstiziale perché la temperatura dell'involucro non raggiunge mai i valori di temperatura di condensa.

Per questa specifica tipologia di facciata è necessario utilizzare una specifica tipologia di isolante termico, generalmente è possibile utilizzare i pannelli in polistirene espanso, i pannelli in sughero, in lana di roccia, in fibra di legno oppure a base di idrati di silicato di calcio, nella Figura 47 è riportato uno schema della stratigrafia componete una facciata a cappotto.

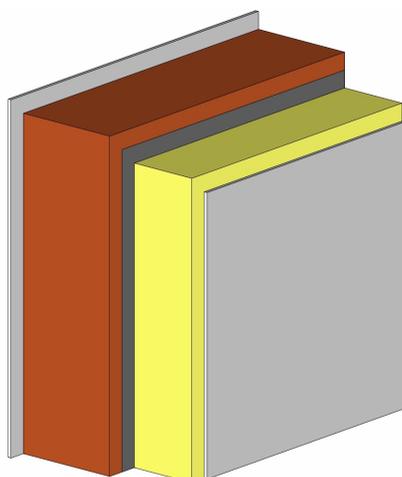


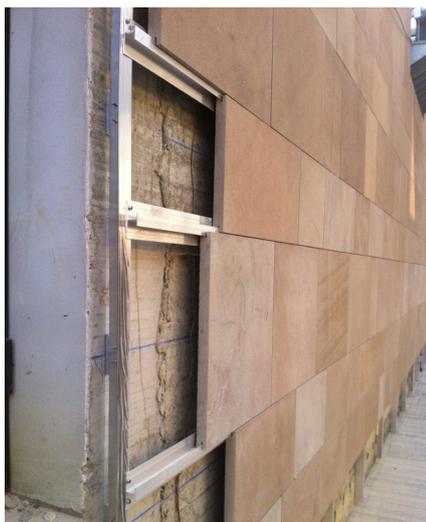
Figura 47
Schema della stratigrafia tipo di un sistema di facciata a cappotto

47

Figura 48
Immagine di un sistema
di facciata ventilata

- La facciata ventilata (Figura 48)

La facciata ventilata è una diretta alternativa alla facciata a cappotto, in base all'esigenze è possibile definire quale sia maggiormente performante. La facciata ventilata risulta avere numerosi vantaggi grazie all'intercapedine d'aria presente nella struttura della facciata.

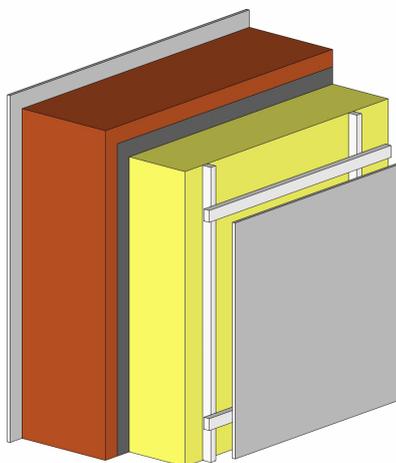


48

L'intercapedine d'aria formata tra l'isolante ed il rivestimento esterno permette di avere (Figura 49) :

1. Protezione dagli agenti atmosferici;
2. Smaltimento dell'umidità efficace;
3. Protezione dall'irraggiamento;
4. Protezione dal surriscaldamento.

Figura 49
Schema della stratigrafia
componente un sistema
di facciata ventilata



49

La facciata ventilata, come la facciata a cappotto, risulta essere un'ottima soluzione alla delicata questione dei ponti termici, che nel caso di un edificio con caratteristiche CasaClima, devono essere interamente risolti.

- L'isolamento

Come accennato in precedenza, l'obiettivo di una costruzione CasaClima è quello di ridurre al minimo le dispersioni, per ottenere questo risultato è necessario agire sull'isolamento.

L'isolamento è quell'elemento che permette di ridurre notevolmente i flussi di calore verso l'esterno limitando dunque il fabbisogno di riscaldamento dunque il dispendio energetico mantenere la temperatura interna di 20°C. La scelta dell'isolante è fondamentale, per tanto è bene tenere a mente quali siano le caratteristiche di un buon isolante, che deve essere in grado di:

1. Ridurre il fabbisogno di riscaldamento;
2. Essere vantaggioso anche economicamente, per cui avere un prezzo tale da essere recuperato velocemente mediante i risparmi in bolletta ottenuti grazie alla sua prestazione;
3. Mantenere un buon comfort interno, mediante la formazione di una temperatura di superficie più elevata ed omogenea.

Il calore disperso nell'ambiente esterno o in ambiente a temperatura differente, passa attraverso le pareti, la trasmissione di calore che avviene è indicata come trasmittanza termica dispersa in un'area di 1m² dell'elemento costruttivo.

La trasmittanza ed i suoi valori

La trasmittanza è indicata come U ed è ottenuta mediante la relazione tra la resistenza, la conduttività termica e lo spessore dei materiali che compongono la struttura, per cui più è basso il valore di U minore sarà la dispersione dell'edificio. L'Agenzia CasaClima fornisce valori indicativi di trasmittanza suddivisi per elemento dell'involucro e classe energetica, riportati in Tabella 15:

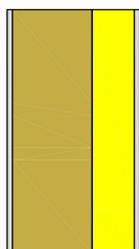
Elemento dell'involucro	Classe CasaClima ORO	Classe CasaClima A	Classe CasaClima B
Parete esterna	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U < 0,10-0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U < 0,15-0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Copertura	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U < 0,10-0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U < 0,15-0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
Solaio verso cantina	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U < 0,20-0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U < 0,25-0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
Serramenti	$U \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U \leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tabella 15
Tabella riassuntiva delle trasmittanze termiche suddivise in base alla classe energetica

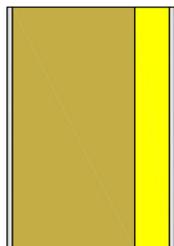
Tabella 16
 Tabella riassuntiva delle differenti trasmittanze relazionate allo spessore dell'isolante, alla sua densità ed alla tipologia costruttiva

Lo spessore dell'isolante

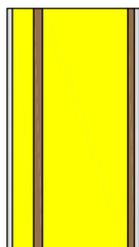
Lo spessore dell'isolante è un aspetto di fondamentale importanza ai fini del calcolo della trasmittanza U, infatti varia notevolmente in base allo spessore dell'isolante, alla tipologia dell'isolante e all'applicazione di quest'ultimo. L'Agenzia CasaClima ha redatto indicazioni riguardanti la scelta dello spessore dell'isolante per le varie tipologie di facciata e le varie tipologie costruttive, con l'obiettivo unico di soddisfare gli standard CasaClima. Nella Tabella 16 sono riportati i valori specifici al variare dello spessore dell'isolante e della tipologia costruttiva adottata.



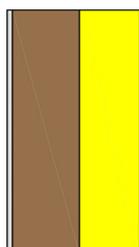
Mattone forato da 25 cm $\lambda = 0,25$ W/mK intonaco								
Isolante $\lambda = 0,04$ W/mK								
Spessore isolante	0 cm	8 cm	10 cm	12 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
U parete in W/m ² K	0,87	0,31	0,27	0,24	0,2	0,16	0,13	0,12



Mattone forato da 38 cm $\lambda = 0,20$ W/mK intonaco								
Isolante $\lambda = 0,04$ W/mK								
Spessore isolante	0 cm	8 cm	10 cm	12 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
U parete in W/m ² K	0,48	0,24	0,22	0,2	0,17	0,14	0,12	0,1



Parete intelaiata in legno con irrigidimento in pannelli OSB					
Isolante $\lambda = 0,04$ W/mK					
Spessore isolante	14 cm	16 cm	20 cm	26 cm	30 cm
U parete in W/m ² K	0,3	0,27	0,21	0,16	0,14



Parete massiccia in pannelli di legno da 10 cm								
Isolante $\lambda = 0,04$ W/mK								
Spessore isolante	0 cm	8 cm	10 cm	12 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
U parete in W/m ² K	1	0,33	0,29	0,25	0,21	0,17	0,14	0,12

La posizione dell'isolante

La posizione dello strato isolante è un aspetto da non tralasciare, infatti è determinante per ottenere un edificio energeticamente performante.

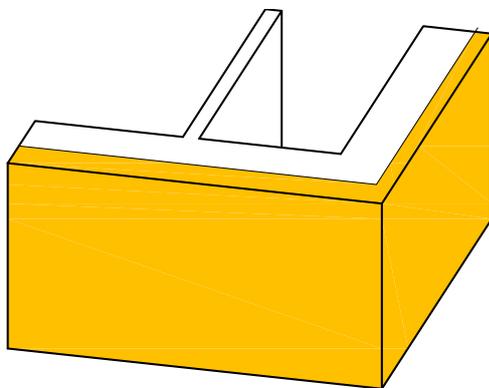
È possibile applicare l'isolante all'interno dell'edificio, nell'intercapedine della struttura e all'esterno della struttura.

● Isolante esterno (Figura 50)

La più performante risulta essere l'applicazione dell'isolante all'esterno della struttura perché agisce come un "cappotto" eliminando ponti termici e infiltrazioni d'aria.

I vantaggi sono molteplici, nello specifico:

1. La temperatura superficiale interna rimane costante ed elevata;
2. La muratura è protetta dalla formazione di ghiaccio;
3. Il punto di condensa risulta essere all'interno dell'isolante proteggendo così la muratura;
4. Risolve i ponti termici;
5. È possibile usare differenti spessori di isolante.



50

● Isolamento interno (Figura 51)

È il tipo di isolamento utilizzato per la minor parte dei casi, solamente dove non vi è possibile applicare un'altra metodologia applicativa, come ad esempio nel caso in cui urga in risanamento su edifici storici sotto tutela.

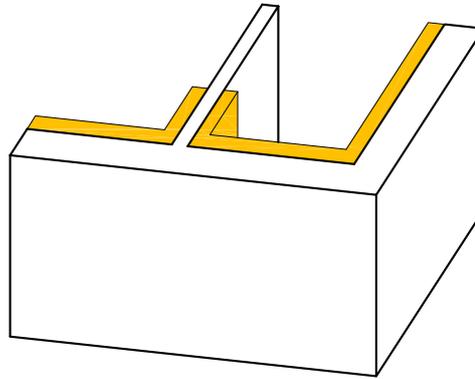
Questa tipologia applicativa possiede un numero elevato di criticità, tra cui:

1. Una difficoltà elevata ad eliminare i ponti termici;
2. Ridotti spessori di isolante per tanto un valore di trasmittanza U non accettabile;
3. Possibilità di condensa interna.

È poco svantaggioso utilizzare l'isolante interno solamente negli edifici uti-

Figura 50
Schema di una struttura
con isolante applicato
esternamente

Figura 51
Schema di una struttura
con isolante applicato in-
ternamente



51

• Isolamento in intercapedine (Figura 52)

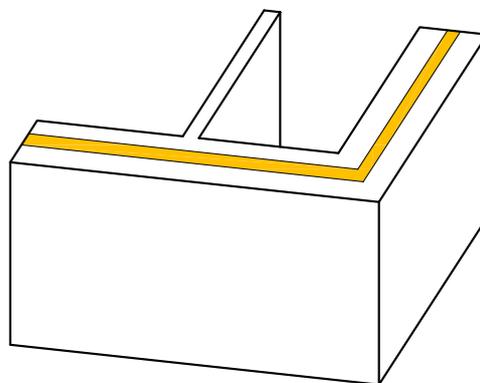
L'isolamento in intercapedine è una valida alternativa all'isolamento esterno, le caratteristiche positive dell'isolamento esterno sono mantenute ed in più vi è una maggiore protezione dell'isolante dalle intemperie.

E' importante impermeabilizzare adeguatamente il rivestimento esterno per evitare fenomeni di condensa interstiziale in corrispondenza dell'isolante.

Per quanto l'isolamento in intercapedine sia un'alternativa più che valida rispetto all'isolamento esterno, esso presenta alcune criticità da non trascurare:

1. Spessori murari consistenti;
2. Sistema costoso;
3. I raccordi tra gli elementi dell'involucro risultano essere critici per quanto riguarda la gestione dei ponti termici.

Figura 52
Schema di una struttura
con isolante applicato in
intercapedine



52

Le differenti applicazioni dell'isolante sopra esplicitate hanno un differente comportamento nei confronti della dispersione, (Figura 53) per cui nei

confronti della gestione della temperatura all'interno della muratura stessa.

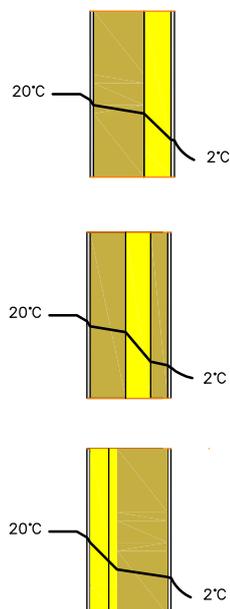


Figura 53
Schema dell'andamento
delle temperature interne
per le varie tipologie di
sistema costruttivo

53

Come si nota dai grafici soprastanti, l'isolamento esterno risulta essere la soluzione maggiormente performante, in quanto la temperatura interna all'elemento ha una decrescita graduale, assicurando un comfort interno, si può notare un comportamento analogo nella parete con isolamento in intercapedine, mentre nel caso dell'isolamento interno la temperatura cala bruscamente, rendendo complicato il soddisfacimento del comfort termico interno.

I serramenti

In un edificio CasaClima è fondamentale che ogni elemento che compone l'edificio sia energeticamente performante, per tanto anche le finestre e le porte hanno un ruolo fondamentale ai fini della riduzione della dispersione termica.

- Le finestre

Le finestre, come altri componenti dell'edificio, hanno il compito di soddisfare molteplici richieste e soprattutto soddisfare determinati requisiti, tra questi vi sono:

1. Permettere l'ingresso di luce naturale;
2. Minimizzare le perdite energetiche verso l'ambiente esterno;

3. Ottimizzare i guadagni solari;
4. Garantire un isolamento acustico adeguato a soddisfare il comfort acustico interno;
5. Permette la ventilazione naturale;
6. Resistenza alle intemperie;
7. Resistenza alle effrazioni.

Nell'ambito architettonico quando si parla di "finestra" si intende tutto il serramento composto dal vetro, fissato su un telaio suddiviso in telaio fisso e telaio mobile, il tutto ancorato alla parete di tamponamento mediante controtelai.

Nonostante gli avanzamenti della tecnologia nell'ambito dei serramenti, rispetto agli altri elementi costruttivi, risultano essere ancora poco performanti dal punto di vista della trasmittanza U, ma mediante una corretta applicazione e l'uso di trattamenti specifici è possibile ovviare a questa momentanea problematica.

I vetri termoisolanti

Ad oggi una finestra energeticamente performante realizzata con vetri termoisolanti è così composta:

- Lastre di vetro float

Sono lastre di vetro ottenute mediante un particolare processo produttivo.

- Distanziatori

Sono elementi in alluminio, acciaio o materiale plastico, hanno il compito di distanziare le lastre.

- Sigillante elastico

E' necessario per sigillare, all'umidità e all'aria, l'intercapedine interna.

- Intercapedine d'aria

L'intercapedine d'aria ha un ruolo molto importante nella riduzione della trasmittanza U della finestra, infatti in base alla tipologia di aria o gas inserito all'interno, sono in grado di ridurre la trasmissione di calore tra una lastra di vetro e l'altra.

E' possibile utilizzare differenti tipologie di riempimento, ognuna con una conduttività termica differente ed una riduzione di trasmissione differente.

Nella Tabella 17, rappresentata di seguito, sono riportati i differenti valori di conduttività termica in relazione al riempimento scelto.

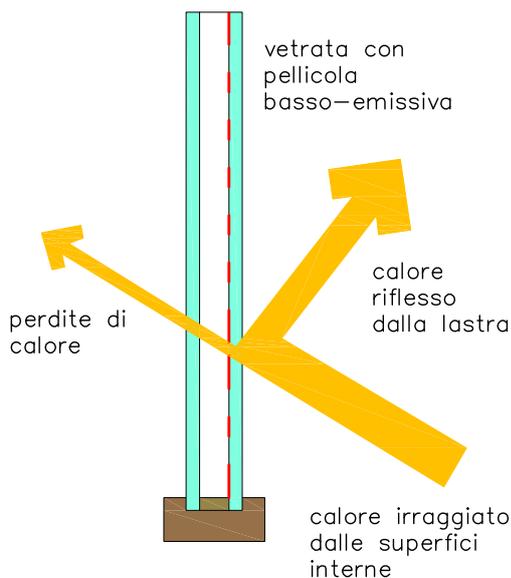
Riempimento	Conducibilità termica	Distanza tra le lastre per massimizzare l'effetto
Aria	0,0260 W/mK	20 mm
Argon	0,0160 W/mK	16 mm
Cripton	0,0086W/mK	10 mm
Xenon	0,0051 W/mK	8 mm

17

•Pellicola basso emissiva

La pellicola basso-emissiva è una pellicola metallica che permette di riflettere parte degli apporti termici ottenuti per irraggiamento.

Se applicata sulla lastra di vetro lato interno all'intercapedine, permette di ridurre significativamente le perdite per irraggiamento (Figura 54), intercettando parte della radiazione e riflettendola nuovamente all'interno dell'ambiente riscaldato.



54

La trasmittanza termica del vetro

I vetri termoisolanti hanno una specifica trasmittanza definita U_g e se posti a doppia o a tripla lastra con l'impiego di aria o gas nobili e pellicola basso-emissiva, possono cambiare notevolmente la loro trasmittanza, nello specifico esistono due tipologie di differenziazione:

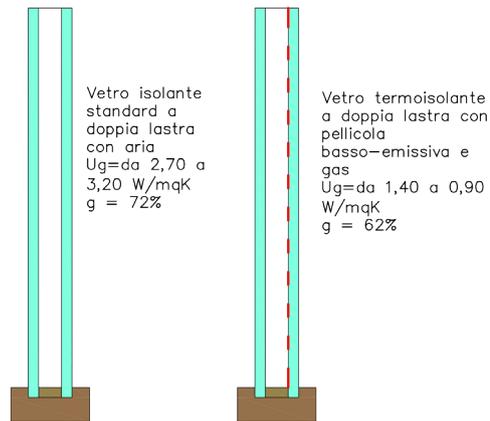
-Vetri a doppia lastra

I vetri a doppia lastra permettono di ottenere ottimi risultati in termini di U_g raggiungendo mediante l'inserimento in intercapedine di gas nobile e me-

Tabella 17
Tabella dei differenti valori di conducibilità termica suddivisi per tipologia di elemento

Figura 54
Schema dell'effetto della pellicola basso-emissiva in termini di riduzione delle perdite di calore

Figura 55
Schema della differenza, in termini di trasmittanza, tra un vetro a doppia lastra con l'applicazione dello strato basso-emissivo e non



55

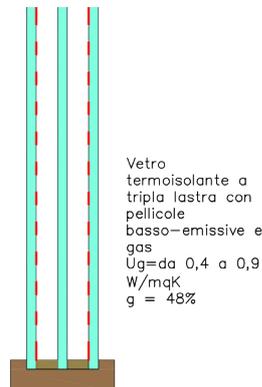
- Vetri a tripla lastra

I vetri a tripla lastra, sono simili ai vetri a doppia lastra, ma presentano tre lastre di vetro.

Anche in questo caso è necessario applicare uno strato di pellicola basso-emissiva e l'impiego di gas nobile nell'intercapedine, così il vetro è in grado di raggiungere un U_g che oscilla tra 0,40 e 0,90 W/m²K, visibile in Figura 56.

Come tipologia di finestra risulta essere più pesante e più costosa ma il loro impiego è necessario se si vuole ottenere una CasaClima Oro.

Figura 56
Schema di un serramento con vetro a tripla lastra con rivestimento basso-emissivo



56

E' fondamentale ridurre al minimo le perdite di calore che avvengono tramite il vetro della finestra, motivo per cui è necessario utilizzare il vetro più performante presente sul commercio.

Nella Figura 57 è possibile vedere la differenza, in termini di perdita di

calore, che intercorre tra l'impiego di un vetro singolo, un vetro a doppia lastra, un vetro termoisolante a doppia lastra ed un vetro termoisolante a tripla lastra.

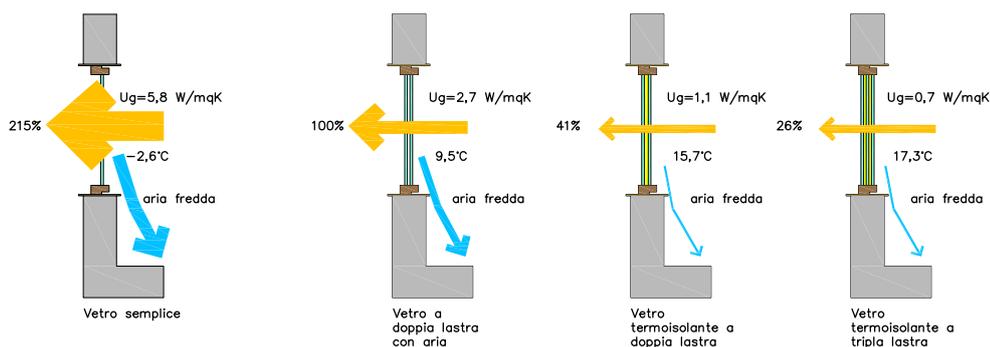


Figura 57
Schema delle perdite di calore attraverso le varie tipologie di vetri

57

La trasmittanza termica dell'infisso

Dal momento che la trasmittanza termica della finestra è composta dalla somma tra la trasmittanza del vetro e la trasmittanza del telaio, quest'ultimo non è assolutamente da sottovalutare nella fase della scelta della finestra. Il telaio è l'elemento più critico, dal punto di vista termico, della finestra infatti risulta essere l'elemento con la perdita di calore maggiore.

Per ovviare a questa criticità, in commercio esistono i telai composti contenenti un'anima in materiale isolante raggiungendo valori di trasmittanza U_f tra i 0,5 ed i 0,8 W/m^2K .

Tenendo presente che il telaio occupa circa il 30% dell'area totale della finestra è molto importante ridurre al minimo il valore di trasmittanza U_f , azione possibile utilizzando telaio con buone proprietà isolanti, riducendo al minimo la superficie del telaio, eliminare se possibile i listelli e proteggere per il 50% il telaio fisso con l'isolante esterno.

Seguendo questi accorgimenti è possibile raggiungere valori U_f ottimali, con un valore inferiore a 1,40 – 1,60 W/m^2K .

Essendo il telaio un elemento critico della finestra, è bene porre un'elevata attenzione ai ponti termici che potrebbero crearsi nei punti di unione vetro-telaio, perché la presenza di temperature superficiali inferiori possono

determinare un raddoppio della trasmittanza della finestra.

I ponti termici presenti sono calcolati mediante il fattore ψ_g , che indica il coefficiente di trasmissione lineare, dato condizionato dal materiale impiegato per il distanziatore.

Per cui è fondamentale evitare il più possibile la creazione dei ponti termici, è possibile seguendo alcuni accorgimenti, come:

1. Installare finestre dalle grandi dimensioni evitando i divisori ed i listelli tagliavetro;
2. Utilizzare materiali isolanti come distanziatori;
3. Inserire il vetro il più in profondità possibile nel telaio superando i 15 mm, in modo da ridurre al minimo il ponte termico.

In seguito all'analisi e alla determinazione della trasmittanza dei singoli elementi che compongono la finestra è possibile determinare la trasmittanza termica della finestra U_w .

La qualità complessiva di una finestra, in ambito di perdita di calore, è determinata dal valore della trasmittanza U_w , ottenuta dal rapporto tra i valori U_g , U_f , ψ_g e le aree di vetro e telaio visibili all'esterno.

CasaClima fornisce dei valori standard da raggiungere suddivisi per classe, riportati nella Tabella 18.

	CasaClima ORO	CasaClima A	CasaClima B
Finestra	$U_w \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_w \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_w \leq 1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vetro	$U_g \leq 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g \leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_g \leq 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
Telaio	$U_f \leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_f \leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_f \leq 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

18

La finestra CasaClima

L'Agenzia CasaClima si occupa anche di conferire il marchio "Partner CasaClima", una certificazione che attesti l'elevata prestazione del prodotto in questione.

Nel caso specifico delle finestre, CasaClima richiede che siano soddisfatti i seguenti requisiti:

- Assenza di cripton nel riempimento;
- Assenza del controtelaio metallico;
- Assenza del distanziatore in alluminio;
- Indicazione sul distanziatore stesso dei valori di U_g , fattore di trasmissione-

Tabella 18
Tabella dei valori di trasmittanza delle finestre, e dei singoli elementi, suddivisi per classi energetiche

ne e g;

- Garanzia di un montaggio a regolare d'arte;
- Rispetto dei valori limite standard imposti da CasaClima suddivisi per classe.

Anche se non specificato nelle caratteristiche necessarie per ottenere il marchio "Partner CasaClima", un esempio è riportato nella Figura 58, è buona norma che la finestra abbia una tenuta all'aria ottimale per evitare spifferi ed una protezione all'acqua tale da sopportare le intemperie cui è sottoposta.



Figura 58
Immagine di una finestra qualità CasaClima

58

Gli apporti solari

Come accennato precedentemente gli apporti solari sono molto importanti nel bilancio termico che determina il fabbisogno termico di riscaldamento dell'edificio, questo perché attraverso la finestra è possibile recuperare le perdite per trasmissione che avvengono mediante la finestra stessa. (Figura 59)

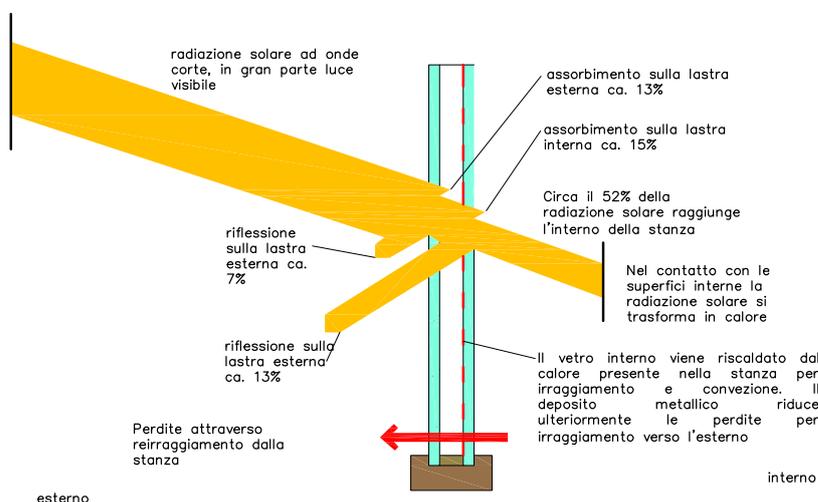


Figura 59
Schema del principio dell'utilizzo passivo dell'energia solare

59

Nelle abitazioni CasaClima è sfruttato molto l'utilizzo passivo dell'energia solare entrante attraverso una finestra, nello specifico il vetro per natura è un materiale che risulta essere permeabile a tutte le radiazioni nell'ambito del visibile, ovvero ad onde corte, e ad una parte delle radiazioni ultraviolette, ad onde lunghe.

Le onde corte che incidono sul vetro vengono in parte trasmesse verso l'interno dove viene assorbita dai muri ed emessa nuovamente sotto forma di onde lunghe, permettendo a questo punto una perdita parziale dell'energia termica prodotta.

Il 52% di radiazione solare restante viene assorbita internamente dall'involucro e successivamente persa attraverso re irraggiamento.

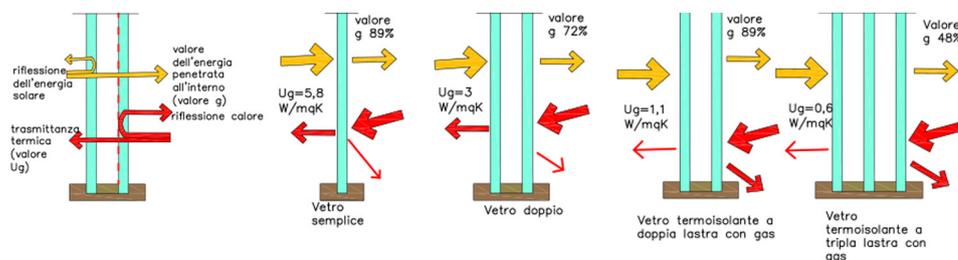
Come si nota nella rappresentazione grafica, parte delle onde corte incidenti sul vetro vengono in parte assorbite ed in parte riflesse dai due strati di vetro termoisolante e all'interno dell'edificio giunge solamente il 52% della radiazione solare incidente.

Ogni vetro possiede un fattore solare, o valore g, determinato dalla percentuale di energia che trasmette rispetto l'energia totale incidente.

Il rapporto che sussiste tra il fattore solare e la trasmittanza del vetro stesso è determinante nell'ambito delle perdite, infatti una finestra con un elevato fattore solare se possiede una trasmittanza elevata, risulta avere un numero di perdite termiche elevato per qui non idoneo all'impiego per edifici CasaClima.

Nella Figura 60 sono rappresentati differenti tipologie di finestra con i relativi fattori solari e trasmittanze, dove è possibile notare come una finestra con vetro semplice, sebbene possieda un fattore solare elevato, non risulta essere performante.

Figura 60
Schema del miglioramento della trasmittanza della superficie vetrata in base al rapporto Ug e g, suddiviso per le varie tipologie di vetro



60

E' necessario avere un buon rapporto trasmittanza – fattore solare per massimizzare gli apporti nel periodo invernale, ma diventa svantaggioso nel periodo estivo, pertanto è necessario un ombreggiamento adeguato.

Perché la finestra dia un apporto positivo nel periodo invernale è necessario che soddisfi le seguenti necessità:

1. La finestra deve essere orientata verso sud;
2. È fondamentale che i vetri siano sempre puliti per permettere l'ingresso di più radiazioni possibili;
3. La finestra deve possedere un fattore solare elevato per garantire un'elevata percentuale di energia solare trasmessa;
4. La finestra deve essere priva di ombreggiatura per consentire l'ingresso costante di radiazioni solari;
5. La finestra deve essere composta da vetro termoisolante a doppio o triplo strato.

L'orientamento delle finestre

Specialmente nella progettazione di un edificio CasaClima è fondamentale determinare orientamento e dimensione delle finestre.

Come detto prima la finestra può essere utilizzata come mezzo per i guadagni termici che avvengono tramite radiazione solare diretta pertanto la posizione ottimale è quella a sud, ma se la finestra fosse orientata ad est oppure ad ovest cambieranno anche gli apporti solari perché la radiazione solare non è diretta.

Dimensionare e posizionare le finestre è un elemento tanto importante quanto una corretta progettazione strutturale, se si decidesse di porre grandi vetrate nel lato sud dell'edificio per ottimizzare i guadagni termici nel periodo invernale si incorrerebbe in grandi problemi nel periodo estivo, ottenendo un aumento spropositato dei consumi energetici per il raffrescamento.

Ogni orientamento offre vantaggi e svantaggi nell'applicazione delle finestre:

● Finestre orientate a sud

L'orientamento a sud risulta essere il migliore nel periodo invernale ed è ottimale anche nel periodo estivo se adeguatamente ombreggiato.

La soluzione di progettare una vetrata ampia è consigliata soprattutto nel caso in cui la costruzione sia massiccia, perché la massa elevata della struttura permette un accumulo maggiore di calore interno.

● Finestre orientate a est ed ovest

Le finestre orientate a est e ad ovest devono avere una misura massima adeguata a soddisfare la richiesta di illuminazione della stanza su cui sor-

gono, ovvero il 10-15% della superficie utile di pavimento.

Delle finestre con dimensioni eccessive potrebbero causare il surriscaldamento della stanza nel periodo estivo, causato proprio dall'inclinazione dei raggi solari provenienti da est e da ovest.

- Finestre orientate a nord

L'orientamento a nord risulta essere quello più critico, infatti le finestre devono avere una superficie quanto più ridotta possibile e non superare il 10% dell'area totale della facciata.

In conclusione, per ottimizzare i guadagni solari e ridurre le dispersioni solari in inverno, evitando il surriscaldamento estivo, è necessario agire su quattro aspetti fondamentali in contemporanea:

1. Un fattore solare adeguato;
2. I valori della trasmittanza del telaio e i valori della trasmittanza del vetro adeguati;
3. Un' adeguata superficie vetrata dimensionata in base all'orientamento;
4. La presenza di ombreggiamenti ove necessari.

La posa in opera delle finestre

Un aspetto da non sottovalutare nella fase di costruzione è la posa delle finestre, se inserite in modo errato possono causare gravi danni, specialmente in termini di perdite termiche.

Se inseriti male i serramenti possono causare ponti termici e condense, per ovviare a queste problematiche poi complicate da risolvere, è necessario inserire la finestra nel modo più adeguato possibile, ipotizzando di applicare le finestre su un edificio realizzato con cappotto esterno, le soluzioni consigliate sono due:

1. Serramento – isolante (Figura 61)

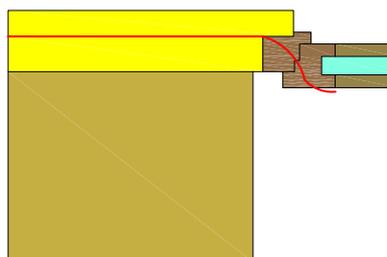


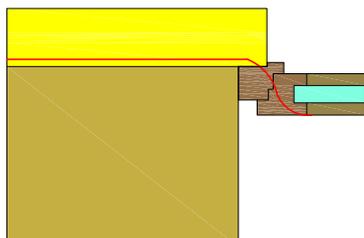
Figura 61
Schema della soluzione
serramento-isolante

61

Questa è la soluzione ottimale per limitare le perdite del telaio ed eventuali ponti termici.

La finestra in questo caso viene fissata alla muratura mediante fissaggi angolari in metallo, nonostante sia la soluzione migliore è complicato applicarla nel caso in cui le finestre da inserire siano di grandi dimensioni e di peso elevato.

2.Serramento – muratura (Figura 62)



62

La soluzione serramento-muratura è una valida alternativa alla soluzione precedente, è leggermente meno performante ma è più semplice, motivo per cui generalmente si utilizza.

Il telaio fisso viene ancorato direttamente alla muratura mediante l'impiego di controtelai a base di materiali poco conduttivi come legno o PVC e successivamente ricoperto per almeno 4 cm dall'isolante esterno.

Una corretta posa in opera del serramento è anche determinata dal corretto montaggio del davanzale e degli elementi di tenuta all'aria nelle zone di collegamento tra telaio e involucro.

Per inserire adeguatamente un davanzale è possibile agire in due modalità differenti:

1.Davanzale a taglio termico

Per inserire correttamente un davanzale è necessario inserire un elemento a taglio termico, ovvero una sorta di davanzale diviso in due elementi, esterno ed interno, divisi da un telaio in legno ed un materiale termoisolante, in questo modo la possibilità di incorrere in ponti termici è praticamente nulla.

2.Soluzione monoblocco (Figura 63)

Sul mercato esistono elementi prefabbricati completi di controtelaio, isolante, eventuale cassonetto e guide, questo permette di facilitare il montaggio dell'elemento riducendo eventuali errori e ponti termici.

Indipendentemente dalla soluzione scelta per applicare il serramento o il davanzale, è importantissima l'applicazione degli elementi di tenuta all'aria. Gli elementi di tenuta all'aria sono generalmente nastri di guarnizione auto-

Figura 62
Schema della soluzione
serramento-muratura

Figura 63
Immagine di una finestra monoblocco



63

- L'ombreggiatura

Come accennato in precedenza, l'ombreggiatura è fondamentale per avere un comfort ambientale interno anche nel periodo estivo, l'ombreggiatura avviene mediante l'uso di schermature solari che devono garantire l'assenza di surriscaldamento dell'ambiente nel periodo estivo, un miglioramento del comfort visivo eliminando i fenomeni di abbagliamento ed uno sfruttamento delle radiazioni solari nel periodo invernale.

Le schermature possono essere applicate:

- All'esterno del vetro

La schermatura posta nella porzione esterna della finestra, risulta essere la più performante per evitare il surriscaldamento estivo perché evita l'ingresso delle radiazioni solari attraverso il vetro.

- Nell'intercapedine presente tra le lastre di vetro

Rispetto le schermature poste all'esterno sono meno efficaci nell'ambito della riduzione del surriscaldamento ma sono protette dagli agenti atmosferici.

- All'interno del vetro

La schermatura interna viene applicata nella porzione di finestra confinante con l'interno, sono poco efficienti per la riduzione del surriscaldamento ma efficaci per schermare la luce.

Oltre alla posizione delle schermature, è importante anche la loro possibilità di regolazione:

- Schermature fisse

Le schermature fisse sono elementi da non trascurare in fase di progettazione, perché sono tutti gli elementi di oggetto presenti nell'edificio stesso oppure in edifici circostanti.

Sono fissi e ombreggiano solo quando il sole giunge in una specifica posizione, per cui differenziata nel corso dell'anno.

- Schermature mobili

Le schermature mobili sono e più vantaggiose perché permettono il controllo di ogni elemento ombreggiante, con la possibilità di gestire in autonomia gli ingressi di calore, esempio riportato in Figura 64.



64

Le tipologie di schermatura

I sistemi di schermatura sono molteplici:

- Gli scuri

È un sistema tradizionale che scherma le radiazioni solari ma non permette l'ingresso dell'illuminazione esterna e della ventilazione, se totalmente chiusi.

- Le persiane

Figura 64
Immagine di una schermatura mobile

Le persiane nell'ambito delle prestazioni sono simili agli scuri, ma consentono una parziale ventilazione ed un ingresso dell'illuminazione esterna regolabile.

- I brise-soleil

Sono elementi simili alle persiane, ma essendo fissi impediscono la visuale totalmente libera sull'esterno.

- Le veneziane esterne

Hanno l'aspetto di una tenda, ma sono dotate di lamelle regolabili che permettono la schermatura delle radiazioni solari ma l'ingresso della luce esterna.

Se non utilizzate si possono riporre in un cassonetto di dimensioni ridotte, isolato adeguatamente.

- Le tende esterne

Le tende esterne, in base al loro materiale, possono schermare la radiazione solare con un'efficienza differente.

Si possono applicare in verticale per ombreggiare le finestre ed in orizzontale per ombreggiare i balconi.

- Gli avvolgibili

Gli avvolgibili sono i sistemi maggiormente utilizzati, ad oggi sono state studiate soluzioni di isolamento innovative nei confronti del cassonetto, che permettono di utilizzare questa tipologia di schermatura anche negli edifici CasaClima.

Le caratteristiche positive di questa tipologia di schermatura, sono molteplici tra cui migliorare le capacità termiche del serramento e riducendo il carico termico estivo.

E' importante porre l'attenzione sulle qualità termiche del cassonetto, che deve avere una trasmittanza simile a quella dell'involucro per evitare la presenza di ponti termici.

- Vegetazione

La vegetazione è una valida alternativa alle diverse tipologie di schermatura esistenti, generalmente si utilizzano le piante rampicanti che in inverno, con l'assenza del fogliame, permettono l'ingresso della radiazione solare in estate con la presenza del fogliame impediscono il surriscaldamento interno, limitando l'ingresso di radiazione solare.

Ogni tipo di schermatura ha un'efficienza espressa in percentuale che viene convertita ed espressa in un fattore di riduzione che determina la quan-

tità di radiazione solare entrante.

Nella Tabella 19 è indicato il fattore di riduzione relativo ad ogni tipologia di schermatura, tenendo presente che il fattore di riduzione 1 corrisponde ad una schermatura assente, pari per cui ad un ingresso di radiazione solare totale.

Tipo di schermatura	Fattore di riduzione
Schermatura assente	1
Veneziana interna	0,75
Veneziana interposta tra due lastre	0,53
Tenda da sole esterna	0,43
Veneziana esterna	0,32
Ombreggiamento da costruzione	0,32
Awolgebili	0,27

19

- La porta

Le porte come le finestre sono elementi delicati da porre nell'involucro edilizio, se posizionati male possono incidere negativamente sul bilancio termico. È necessario che abbiano una tenuta all'aria adeguata ed un isolamento adeguato, per tanto generalmente vengono utilizzate porte in legno con inserto in materiale isolante.

L'assenza di una buona tenuta all'aria potrebbe compromettere la prestazione della porta, per tanto è necessario porre un triplo strato di guarnizione continua lungo l'intero perimetro della porta.

Le porte CasaClima possono avere una trasmittanza che oscilla tra 0,80 e 1,10 W/m²K, ma è necessario che abbiano una soglia a taglio termico, ovvero l'applicazione di un listello di montaggio a base di poliuretano che interrompa la continuità termica tra interno ed esterno, in questo modo è possibile eliminare eventuali ponti termici che potrebbero crearsi in questi elementi di raccordo.

Tabella 19
Immagine di una schermatura mobile

La copertura

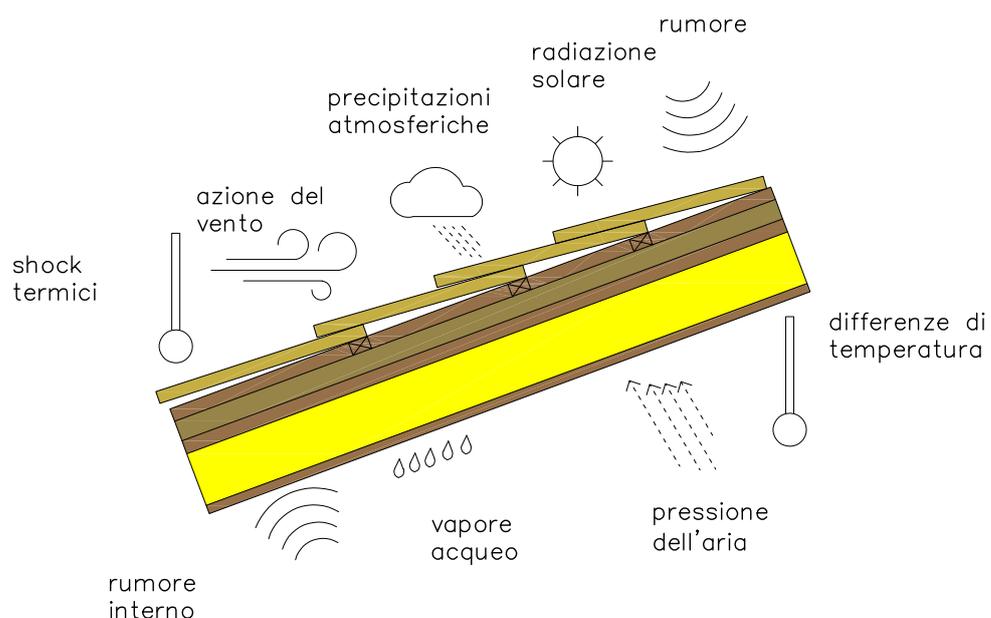
La copertura è un elemento delicato dell'intero involucro edilizio, è molto importante che sia progettato adeguatamente perchè è necessario per proteggere l'involucro dagli agenti atmosferici ed è l'elemento che disperde maggiormente dopo le pareti.

Prima della progettazione del tetto è bene sapere quali sono le prestazioni che è necessario che soddisfi:

1. Resistenza al fuoco;
2. Controllo del fenomeno di condensa interstiziale;
3. Isolamento acustico;
4. Isolamento termico;
5. Sopportazione degli shock termici, delle fasi di gelo e disgelo;
6. Protezione dal caldo;
7. Impermeabilità;
8. Stabilità.

Le sollecitazioni cui è posto il tetto sono molteplici, ed è bene che sia in grado di resistere ad azioni tipo la pressione dell'aria interna, la radiazione solare o le precipitazioni (Figura 65)

Figura 65
Schema delle principali sollecitazioni cui è sottoposta la copertura di un involucro edilizio



In base alle necessità ed alla localizzazione dell'edificio è possibile sfruttare diverse tipologie di copertura, principalmente le coperture sono suddivise in coperture piane e coperture inclinate.

Le coperture piane possono essere praticabili o non praticabili e devono avere una pendenza massima del 5%, le coperture inclinate sono svariate, tra cui:

- Tetto a falda unica;
- Tetto a capanna;
- Tetto a compluvio;
- Tetto a padiglione;
- Tetto a capanna con teste a padiglione;
- Tetto a falde disuguali;
- Tetto a stella;
- Tetto alla mansarda.

Le tipologie di tetto inclinato sono molteplici, la scelta generalmente viene effettuata considerando le caratteristiche estetiche del manufatto, la localizzazione e l'utilizzo o meno della zona sottostante al tetto.

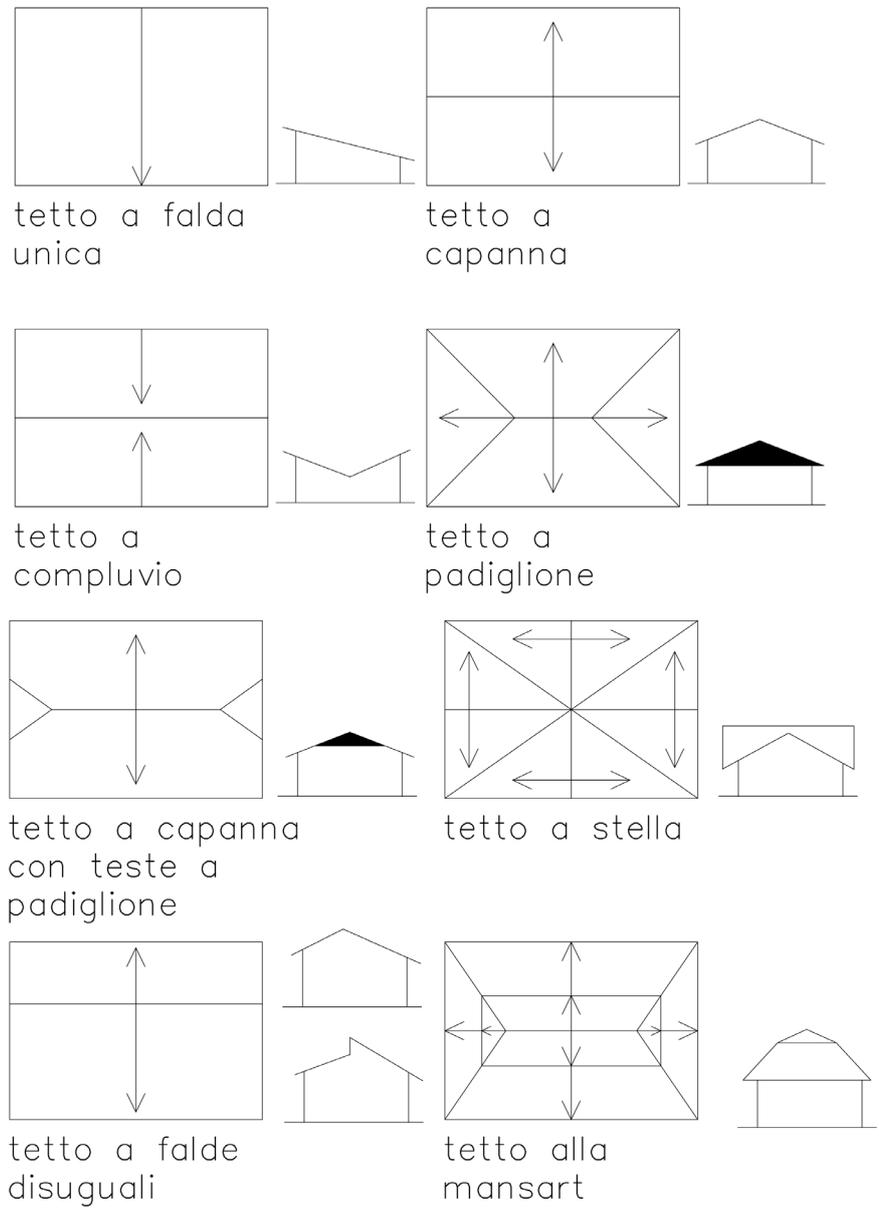
Il tetto inclinato oltre ad offrire svariate tipologie offre anche molteplici vantaggi tra cui:

- 1.Gestione delle acque piovane;
- 2.Una durata della vita più lunga;
- 3.Se esposta a sud, la falda può essere utilizzata come "tetto solare" ovvero possono esservi posti i pannelli solari;
- 4.Lo strato di copertura esterno può essere realizzato con una quantità svariata di materiali;
- 5.Le gronde sporgenti permettono di proteggere la facciata dalle intemperie;

Generalmente il tetto a falda è la soluzione più utilizzata ma è molto importante la progettazione degli elementi di raccordo tra le falde, che spesso risultano essere punti deboli della struttura dal punto di vista termico e strutturale.

Le tipologie di coperture sopra elencate sono rappresentate graficamente nella Figura 66.

Figura 66
 Schema delle tipologie
 di tetti a falda



6.3 Gli impianti tecnici

Fino ad ora è stato analizzato il metodo costruttivo adeguato, secondo l'Agenzia CasaClima, per ottenere un edificio energeticamente performante grazie al ridotto fabbisogno per il riscaldamento ed il raffrescamento.

La seconda fase fondamentale è quella della progettazione impiantistica, infatti la scelta di un impianto moderno e che sfrutti le energie rinnovabili rende l'edificio realmente efficiente.

Per l'Agenzia CasaClima l'aspetto dell'efficienza energetica è molto importante, tant'è che oltre al calcolo dell'efficienza energetica dell'involucro, viene effettuato il calcolo di efficienza complessiva.

Il calcolo di efficienza complessiva considera, l'efficienza termica dell'involucro e l'efficienza impiantistica, considerando anche a componente della sostenibilità, calcolando il tutto mediante un indice di fabbisogno di energia primaria espresso in CO₂.

Il fabbisogno di energia primaria globale dipende dal combustibile utilizzato, dall'efficienza degli impianti e dai fabbisogno energetici dell'involucro per i diversi servizi.

Alla base di tutto ciò vi è la certezza che un ridotto fabbisogno unito ad un'impiantistica efficiente e all'uso di risorse rinnovabile, riduce il fabbisogno di energia e le emissioni di gas in atmosfera.

E' importante specificare come la scelta dell'impiantistica contribuisca alla riduzione degli impatti in ambiente e ad un risparmio economico legato alle scelte in fase di progettazione.

- La ventilazione controllata

Nell'ambito residenziale la ventilazione è un concetto affrontato da poco, questo perché è un aspetto sorto insieme alle costruzioni NZEB, tipologia costruttiva di recente sviluppo.

Negli edifici a basso consumo energetico le dispersioni termiche per ventilazione risultavano avere un ruolo importante nell'ambito del consumo energetico totale, ma la ventilazione è fondamentale per assicurare un comfort interno.

Dal momento che una delle caratteristiche degli edifici a basso consumo energetico è la tenuta all'aria, per assicurare il comfort interno ci si è rivolti all'uso di impianti a ventilazione meccanica, che permettono il ricambio di aria interno senza l'apertura delle finestre, riducendo così notevolmente le perdite per ventilazione.

La necessità di soddisfare il benessere termico in ambiente è alla base della ventilazione controllata, ad influenzare il benessere interno vi sono molteplici fattori tra cui:

1. La temperatura superficiale degli elementi e dell'aria interna;
 2. L'umidità relativa che deve essere sempre compresa tra il 40% ed il 60%;
 3. La corrente dell'aria emessa deve essere compresa tra 0,15 m/s e 0,20 m/s;
 4. Il ricambio dell'aria deve essere adeguato a soddisfare le esigenze igieniche, deve esserci un ricambio d'aria compreso tra 0,4 e 0,7 volumi l'ora.;
 5. Le ore in cui, nel periodo estivo, la temperatura in ambiente superai 26°.
- E' fondamentale, per ottenere la qualità termica interna, che tutti i valori sopra citati siano entro i limiti forniti, altrimenti c'è il rischio di ottenere un discomfort termico interno.

Come accennato precedentemente la ventilazione controllata è fondamentale se l'obiettivo è quello di realizzare un edificio NZEB, nello specifico la ventilazione controllata è una ventilazione forzata meccanicamente per cui controllabile e regolabile.

Il sistema di ventilazione ha il compito di aspirare l'aria dagli ambienti ed espellerla all'esterno, ed immettere aria aspirata dall'esterno negli ambienti, l'aria passa attraverso uno scambiatore di calore che permette il passaggio di calore dall'aria più calda all'aria più fredda, permettendo in questo modo un recupero di calore in modo tale da pre riscaldare l'aria.

I vantaggi dell'inserimento della ventilazione forzata sono molteplici:

1. L'installazione di un sistema di ventilazione forzata assicura un risparmio in termini energetici fino al 70% del fabbisogno dell'edificio;
2. Assicura comfort igienico grazie all'immissione di aria fresca filtrata proveniente dall'esterno;
3. Aumenta il comfort acustico interno perché elimina la necessità di aprire le finestre per permettere l'aerazione;
4. Aumenta il comfort estivo grazie allo scambiatore di calore con il terreno.

Gli unici svantaggi riscontrati nell'applicazione della ventilazione controllata, sono legati al costo dell'installazione e di manutenzione, ma comunque risulta essere la scelta ottimale se l'obiettivo è quello di ottenere vantaggi nel comfort ambientale e nella sostenibilità ecologica.

Le precauzioni per un corretto funzionamento

Nel caso in cui si opti per l'installazione di un sistema di ventilazione controllata, è necessario che l'installazione ed il dimensionamento siano fatti a regola d'arte.

Perché la macchina di ventilazione funzioni adeguatamente è necessario che rispetti i seguenti aspetti:

1. La velocità d'aria

Se la velocità dell'aria emessa dall'impianto di ventilazione controllata superasse i 0,15 m/s si verificherebbe uno stato di discomfort nell'ambiente interno.

2. Involucro ermetico

L'ermeticità dell'involucro è fondamentale per permettere all'impianto di ventilazione controllata di avere la resa maggiore, motivo per cui in fase di certificazione viene effettuato il Blower-Door-Test, un test che misura la tenuta all'aria ed al vento dell'edificio.

3. Interazione tra impianto d'aria e altri elementi impiantistici

È molto importante che vi sia un bilancio corretto tra tutti gli aspiratori presente nell'involucro edilizio, ad esempio tra l'impianto di ventilazione controllata e l'impianto di tiraggio della cucina.

Il dimensionamento dei canali d'aria ed il sistema di distribuzione

È molto importante dimensionare correttamente i canali di distribuzione dell'aria, perché se fossero troppo grandi causerebbe delle perdite in termini di calore, se fossero troppo piccoli non permetterebbero il passaggio di un quantitativo di aria adeguato.

In fase di progettazione è necessario dimensionare nello specifico i tubi d'areazione, ma indicativamente l'Agenzia CasaClima fornisce delle dimensioni cui riferirsi.

Le dimensioni sono riferite ad un appartamento con una metratura fino a 110 m² con una portata d'aria di circa 120 m³/h.

Anche la progettazione del sistema di distribuzione è molto importante, perché fra le bocchette di immissioni ed estrazione vi intercorrono i canali di distribuzione, che possono essere applicati a soffitto, a pavimento oppure nel solaio.

Nella Tabella 20 sono riportate le misure minimi consigliate da CasaClima per la progettazione delle bocchette d'areazione.

Tabella 20
Tabella delle dimensioni
adeguate dei canali di
ripresa e di mandata
della ventilazione forzata

Canale di ripresa	160-200 mm diametro
Collettore a terreno	160-200 mm diametro
Canale di espulsione	160-200 mm diametro
Canale di mandata	160-200 mm diametro
Canale di allacciamento per un vano di 25 m ³ /h	80 mm diametro
Canale di allacciamento per un vano di 40 m ³ /h	10 mm diametro

20

La scelta della macchina di ventilazione controllata

In commercio esistono molteplici macchine per la ventilazione forzata, ma in una CasaClima nessuna fase della progettazione e nessun elemento dell'involucro può essere trascurato.

Le caratteristiche fondamentali di una macchina di ventilazioni controllata sono le seguenti:

1. Deve essere presente un recuperatore di calore, in modo tale da non perdere totalmente il calore presente nell'aria emessa e trasferirne una parte all'aria in immissione;

Le macchine di ventilazione controllata più avanzate possiedono elementi di recupero del calore che raggiungono valore fino al 95%;

2. E' necessario che sia presente il filtro d'aria nelle bocchette di aspirazione ed ispirazione;

3. I ventilatori devono avere emissioni acustiche ridotte;

4. Il recuperatore termico deve avere la possibilità di esclusione per permettere di mantenere il comfort ambientale anche nel periodo di raffrescamento;

5. La macchina deve essere installata in modo tale da rendere possibile l'isolamento della stessa, se necessario;

6. Deve essere possibile effettuare la regolazione di differenti regimi di funzionamento.

Perché si abbia una macchina per la ventilazione controllata è necessario che sia la compresenza di tutte le caratteristiche sopra elencate.

La ventilazione meccanica come riscaldamento

In alcune macchine, e se necessario, vi è la possibilità d'integrazione mediante una pompa di calore che permetta così di utilizzare la macchina anche per il riscaldamento.

Nel caso in cui si utilizzi l'opzione della pompa di calore, l'aria passante attraverso lo scambiatore di calore, oltre ad acquisire calore dall'aria uscente acquisisce calore dalla pompa, permettendo così un riscaldamento adeguato nell'ambiente interno.

La ventilazione controllata in estate

La ventilazione controllata, se legata ad uno scambiatore di calore con il terreno permette di ottenere un raffrescamento estivo passivo, permettendo così di avere un comfort estivo interno, senza dispendio energetico.

Nel caso in cui la ventilazione per il raffrescamento estivo sia utilizzata nell'ambito di un edificio mono-familiare, gli impianti sono forniti di una batteria di raffreddamento posto nel canale di mandata dell'aria.

L'impianto di riscaldamento e raffrescamento

All'interno degli edifici NZEB vengono utilizzati sistemi impiantistici all'avanguardia, tra questi vi è la pompa di calore, elemento cardine nell'impiantistica CasaClima.

- La pompa di calore

La pompa di calore è ormai un elemento molto utilizzato negli edifici di nuova costruzione, il sistema della pompa di calore sfrutta l'energia solare per riscaldare gli edifici.

Il funzionamento della pompa di calore è molto semplice, è opposto al funzionamento del frigorifero, solo che in questo caso la pompa di calore estrae calore da una fonte naturale come aria, acqua oppure il terreno, successivamente porta alla temperatura desiderata il fluido per immetterlo poi nell' ambiente interno.

Mediante l'utilizzo della pompa di calore è possibile registrare un notevole risparmio in termini economici perché si riduce sensibilmente il quantitativo di energia necessaria a riscaldare l'acqua da immettere per il riscaldamento interno.

- I sistemi di distribuzione riscaldamento invernale e del raffrescamento estivo

Il sistema di distribuzione per eccellenza è quello che avviene per convezione e irraggiamento, in alcuni casi e solo in presenza di un elemento di preriscaldamento, può essere immesso in ambiente mediante aria.

I sistemi di distribuzione più diffusi sono:

- Riscaldamento a radiatori (Tabella 21)

Tabella 21
Tabella delle temperature del fluido adatte ad un riscaldamento a radiatori

Temperatura di esercizio	Temperatura dell'acqua riscaldante mandata 55-75 °C Temperatura dell'acqua riscaldante ritorno 45-65 °C
Temperatura massima acqua di mandata	Non esiste un limite di legge ma è consigliato restare in una temperatura di 65-70 °C
Materiali utilizzati	Acciaio o alluminio

21

•Riscaldamento a pavimento (Tabella 22)

Il riscaldamento a pavimento è un metodo innovativo nell'ambito impiantistico, il suo funzionamento avviene per irraggiamento, il fluido riscaldato viene fatto passare nelle tubazioni presenti all'interno del massetto che a sua volta riscalda il pavimento cedendo calore all'interno dell'ambiente. Questa tipologia di riscaldamento è la maggiormente utilizzata nell'ambito degli edifici NZEB oltre a permettere una libertà di arredo maggiore, la temperatura ha un andamento costante evitando la formazione di stratificazione al soffitto. Questa tecnologia prevedendo temperature di mandata minori, rispetto i radiatori, permette di utilizzare pompe di calore oppure energia solare termica per il riscaldamento.

Tabella 22
Tabella delle temperature del fluido adatte ad un riscaldamento a radiatori

Temperatura di esercizio	Temperatura dell'acqua riscaldante mandata 28-42 °C Temperatura dell'acqua riscaldante ritorno 24-38 °C
Temperatura massima acqua di mandata	Il limite di legge per la temperatura superficiale è di 29°C
Materiali utilizzati	Le tubazioni generalmente sono in acciaio, rame oppure un materiale plastico

22

L'impianto solare termico

La produzione di acqua calda sanitaria è un altro tassello molto importante nell'ambito dei consumi, sempre riferendosi nel caso specifico ad un edificio CasaClima.

Se in un edificio tradizionale l'impianto di acqua calda sanitaria ha un impatto ridotto, nell'ordine del 10%-15%, nel caso di un edificio NZEB l'impatto si aggira intorno 40% raggiungendo, in alcuni casi, livelli dell'80%,

proprio per questo motivo è fondamentale trovare metodi alternativi per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il metodo alternativo più diffuso è l'impianto solare termico, il funzionamento è molto semplice (Figura 67), il pannello dell'impianto solare termico è composto da collettori riempiti con acqua, l'esposizione solare dei pannelli permette di scaldare l'acqua contenuta all'interno dei collettori che viene successivamente trasferita all'interno del boiler di ACS alla quale cede calore grazie ad uno scambiatore, nel caso in cui il calore accumulato mediante i pannelli non sia sufficiente si può ricorrere all'utilizzo di caldaie. In fase di installazione è molto importante l'analisi del sito, la posizione dei pannelli va stabilita sulla base degli ombreggiamenti o degli ostacoli presenti; anche l'inclinazione è molto importante generalmente si consiglia un'inclinazione dei pannelli inferiore ai 30°C che favorisce l'accumulo estivo, oppure un'inclinazione di circa 60°C che favorisce l'accumulo nel periodo invernale, quest'inclinazione è consigliata solo nel caso in cui si utilizzino i pannelli anche per soddisfare il fabbisogno di riscaldamento.

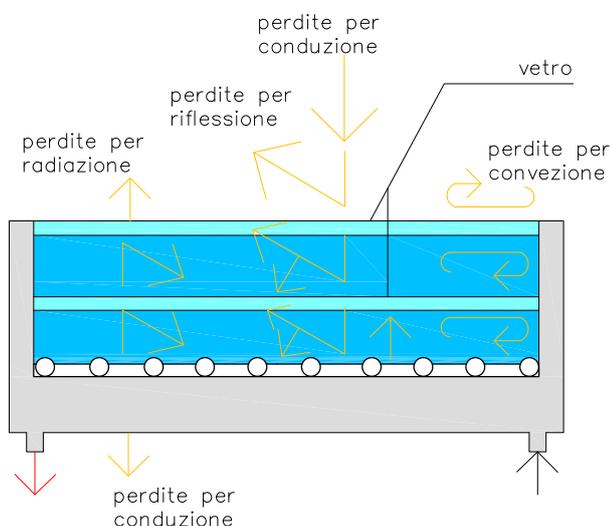


Figura 67
Schema de funzionamento di un pannello solare

67

Gli impianti a circolazione forzata, la combinazione tra il solare termico e la caldaia d'integrazione

Generalmente dove sono presenti dei pannelli solari termici è anche presente una caldaia d'integrazione, questo perché la presenza della caldaia permette di massimizzare l'impiego dell'energia ricavata, lo schema dell'impianto combinato è riportato in Figura 68.

Questa tipologia d'impianto ha due comportamenti differenti in base alla

Figura 68
 Schema di un impianto
 solare termico combi-
 nato

stagione cui si utilizza:

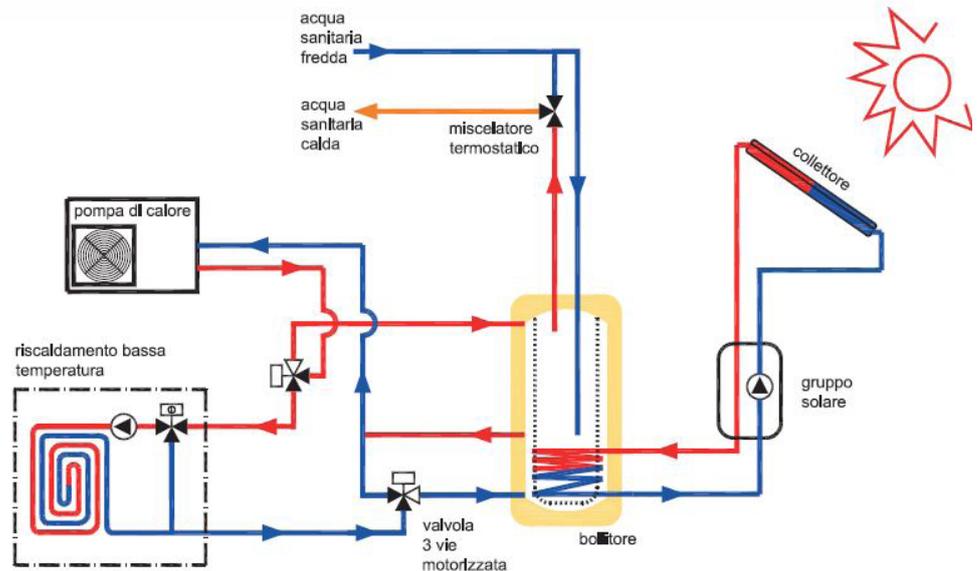
- Stagione invernale

Durante il periodo invernale è necessario integrare la produzione di acqua calda sanitaria mediante la caldaia d'integrazione, perché vi è la necessità di riscaldare anche l'ambiente interno.

- Stagione estiva

Durante il periodo estivo è sufficiente l'acqua calda sanitaria prodotta dai pannelli solari, pertanto la caldaia risulta spenta.

Questa soluzione risulta essere la più vantaggiosa in termini di sostenibilità ambientale e risparmio economico.



68

- L'impianto fotovoltaico

Un ulteriore modo per ridurre le emissioni ed i costi di gestione di una CasaClima è quello di installare un impianto fotovoltaico.

L'impianto fotovoltaico permette di ottenere corrente elettrica dall'energia solare, tutto ciò è possibile mediante le celle solari che costituiscono i pannelli.

Le celle che compongono i pannelli producono una tensione elettrica immediata tra la superficie esposte e la superficie non esposta, l'efficienza di questo sistema è data dal fatto che è in grado di produrre energia elettrica anche quando il cielo è coperto.

6.4 Esempi di realizzazione

Per meglio esplicitare quanto detto fino ad ora è necessario analizzare nello specifico alcune applicazioni pratiche della metodologia consigliata da CasaClima.

I casi studio seguenti avranno svariati elementi in comune, questo perché per ottenere un determinato standard energetico, è necessario porre l'attenzione su specifici elementi ed eseguirli nel modo più efficiente possibile.

- Casa di Edmondo

Località: Vinadio, Alta Valle Stura (CN)

Superficie utile: 120 m²

Classe energetica: Classe CasaClima Gold - A4 Nazionale

Sistema costruttivo: struttura in cemento armato con tamponamento in laterizio e struttura in legno per la copertura.

Isolante: - cappotto: isolante in EPS, 22 cm

- copertura: isolante in fibra di legno, 24 cm

- solaio verso scantinato: isolante in granuli di polistirolo addizionati con resina, 18 cm

Serramenti: serramenti in legno con triplo vetro basso emissivo, $U_f = 0,92$ kW/m²

Impianto di climatizzazione e ACS: Termo camino e pompa di calore HITACHI da 4,3 kW, se in futuro non si utilizzasse il termo camino

Ventilazione meccanica controllata: Zehnder ComfoAir Q 350 ST. con sistema centralizzato e scambiatore al piano interrato

Impianto fotovoltaico: Impianto con 3 Kw di picco posti sulla falda est

Quota energia rinnovabile ACS: 85%

Quota energia rinnovabile totale: 90%

Emissioni di CO₂: 2 kg/m²a

Fabbisogno energetico: 10 kWh/m²a

Consumi: 1800 kg/anno di legna da ardere

Casa Edmondo sorge ai piedi del Colle della Maddalena, in Alta Valle stura nella provincia cunese, si presenta come un unico edificio interrotto da ampie aperture vetrate per permettere di sfruttare al meglio gli apporti solari gratuiti e godere del magnifico panorama.

L'edificio si sviluppa su tre piani, il piano interrato dedicato ad ospitare i

locali tecnici, il piano terra dove vi è un grande open-space ed il secondo ed ultimo piano ospita la zona notte.

La facciata esposta a sud è caratterizzata da una vetrata che si staglia sull'intera facciata del piano terra e permette l'accesso all'area esterna fornita di piscina, il secondo piano è invece incorniciato da un timpano che ospita il terrazzo della zona notte.

L'edificio è realizzato mediante una struttura portante in cemento armato, tamponamento in laterizio porizzato e rivestito interamente dall'isolante a cappotto, la copertura è invece realizzata con una struttura portante in legno.

I serramenti scelti sono altamente performanti, sono elementi a triplo vetro con rivestimento basso emissivo per assicurare il comfort termico interno. La casa di Edmondo è priva di ponti termici ed anche grazie a questo è stato possibile ottenere un edificio con un fabbisogno energetico pari a 10 kW, fabbisogno soddisfatto mediante l'impiego di un termo camino, scelta peculiare richiesta esplicitamente dal committente, che è in grado di soddisfare la richiesta di ACS e riscaldamento.

Nella fase di progettazione è stata installata una pompa di calore adeguata a soddisfare il fabbisogno, da utilizzarsi nel caso in cui in futuro non si desideri sfruttare il calore prodotto dal termo camino.

Grazie all'orientamento ed alle soluzioni utilizzate la Casa di Edmondo, assicura un fabbisogno estivo al di sotto dei 20 kWh/m²a, anche senza l'impiego di sistemi di ombreggiamento.



69



70

Figura 69
Vista del prospetto sud

Figura 70
Vista interno della zona giorno

- Casa Almese

Località: Almese, Val Susa (TO)

Superficie utile: 144 m²

Classe energetica: Classe CasaClima A - A4 Nazionale

La Casa Almese oggetto di studio, sorge nella località di Almese, sita in Val Susa nella provincia di Torino, il committente fin da subito ha affermato di volere un edificio che si inserisse nel contesto architettonico rurale già esistente.

Già dalle prime fasi progettuali si pose l'attenzione sull'aspetto energetico dell'edificio, per meglio integrare nell'involucro, tutti gli elementi utili ad ottimizzare l'aumento dei guadagni e la riduzione delle perdite.

L'involucro ha una forma geometrica semplice e compatta per sopperire, mediante il rapporto S/V, al fatto di essere un edificio isolato e libero su tutti e quattro i lati, elementi esterni come il garage esterno, il dehors ed il porticato complicano la forma ma non incidono sul rapporto superficie-volume essendo ambienti non riscaldati.

Casa Almese si sviluppa su due piani, il piano terra dalla zona giorno, cucina, lavanderia, una stanza ed un bagno, proseguendo al piano superiore vi è la zona notte.

L'edificio è orientato in modo tale da rivolgere il prospetto con la maggiore superficie disperdente verso sud, in modo tale da utilizzare la falda per applicarvi l'impianto solare e fotovoltaico, sullo stesso prospetto sono state inserite tre grandi vetrate a doppia altezza in modo tale da sfruttare al massimo i guadagni solari.

L'edificio è realizzato con una struttura tradizionale, ovvero scheletro in cemento armato e tamponamento in blocchi di laterizio porizzato, ed uno strato esterno di isolante.

L'isolante dell'involucro è realizzato a cappotto, in questo caso specifico sono state utilizzate due tipologie differenti di isolante, per la parte inferiore dell'edificio, vicino al terreno, è stato applicato un isolante in polistirene estruso ad alta densità dello spessore di 16 cm, per il resto del prospetto invece è stato applicato un isolante in polistirene additivato con grafite di 16 cm.

L'elemento di chiusura orizzontale è invece composto da una struttura por-

tante in legno lamellare ancorato alla struttura portante in cemento armato, tramite delle piastre in acciaio inserite direttamente nella fase di getto, sopra le travi in legno è applicato uno strato di tavolato su cui poi è stato applicato un freno vapore rivoltato in corrispondenza di lucernari e attacco a muro; per concludere è applicato uno strato di isolante in fibra di legno di 20 cm ed un pannello in fibra di legno ad alta densità di 2 cm, in modo tale da assicurare la stabilità della falda del tetto in termini di planarità.

Sopra allo strato isolante, vi è uno telo traspirante sui cui poggiano i listelli, i reggi tegola e le tegole stesse, questa tipologia di stratigrafia permette di ottenere un tetto ventilato che assicuri il comfort interno sia nel periodo estivo, che nel periodo invernale.

Gli impianti utilizzati in Casa Almese rispecchiano per la maggior parte quelli consigliati da CasaClima, ovvero l'installazione di una macchina per la ventilazione forzata, l'utilizzo di impianti fotovoltaici, pannelli solari ed il riscaldamento a pavimento radiante



71

Figura 71
Prospetto Est di Casa
Almese



72

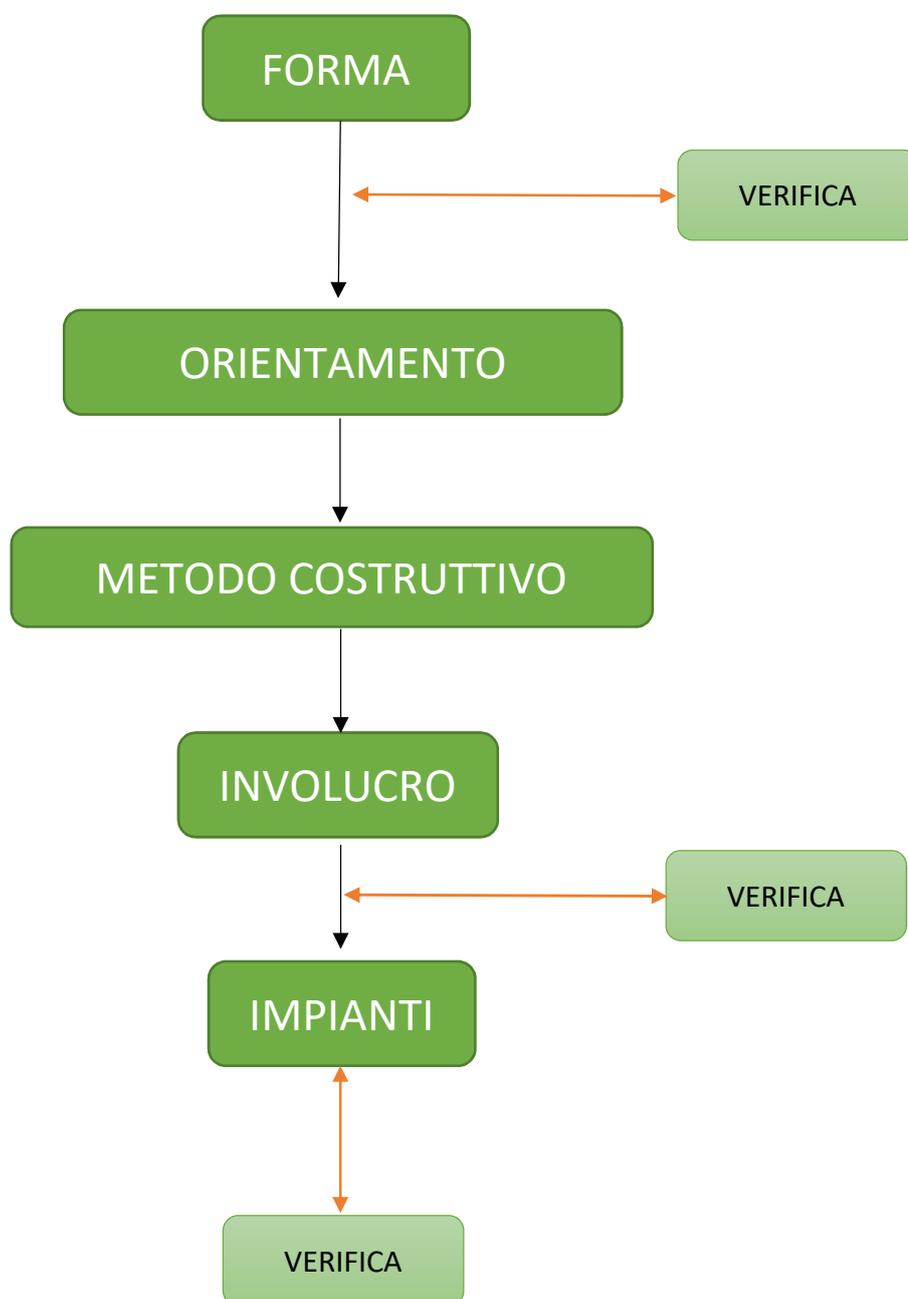
Figura 72
Prospetto nord di Casa
Almese

7- Casa Umwelt

Casa Umwelt è un edificio mono-famigliare, progettato e verificato in tutte le sue fasi, la progettazione ha seguito le linee guida sopra esplicitate, seguendo un filo logico di “conscious engineering” ovvero un’ingegneria consapevole, una progettazione consapevole.

La progettazione ha seguito una serie di passaggi obbligati per ottenere un edificio basso emissivo, per tanto è stato necessario creare una sorta di flow chart, per meglio esplicitare tutti gli stadi che sono stati affrontati nella fase, delicata, della progettazione NZEB.

Figura 73
Flow chart del percorso
progettuale



Come si nota dal grafico le principali fasi affrontate nella fase progettuale sono state la scelta della forma e l'orientamento, la scelta del metodo costruttivo, la scelta dell'involucro in tutti gli elementi che lo compongono, per cui:

1. Tipologia di copertura;
2. Tipologia di facciata;
3. Tipologia di solaio;
4. Tipologia dei serramenti.

Ed ogni elemento è stato singolarmente studiato ed analizzato per essere il più performante possibile a livello energetico, quindi ogni elemento doveva rientrare all'interno di specifici standard energetici in termini di trasmittanza termica.

Come ultimo elemento è stata scelta la tipologia d'impianto, ma la particolarità del metodo progettuale utilizzato è che è stato un percorso in continuo procedere e retrocedere.

Ogni scelta è stata analizzata con i metodi di calcolo per meglio capire come essa agisse sull'intero edificio, fino a raggiungere i valori ambiti, ovvero la classe CasaClima Gold con un consumo in termini energetici di un valore inferiore ai 10 kWh/m²a.

Prima di iniziare la progettazione di Casa Umwelt, è stato necessario scegliere la metratura e la tipologia di edificio, pertanto la progettazione è incominciata dopo che si sono stabiliti i seguenti aspetti:

- L'edificio deve avere una superficie calpestabile di circa 160 m²;
- Tutti i lati dell'edificio devono essere esposti;
- Casa Umwelt deve poter ospitare un nucleo familiare di 4 persone.

- La forma

La prima fase progettuale sembra la più semplice, ma non lo è, la scelta della forma dell'edificio è importante tanto quanto la scelta dell'isolante.

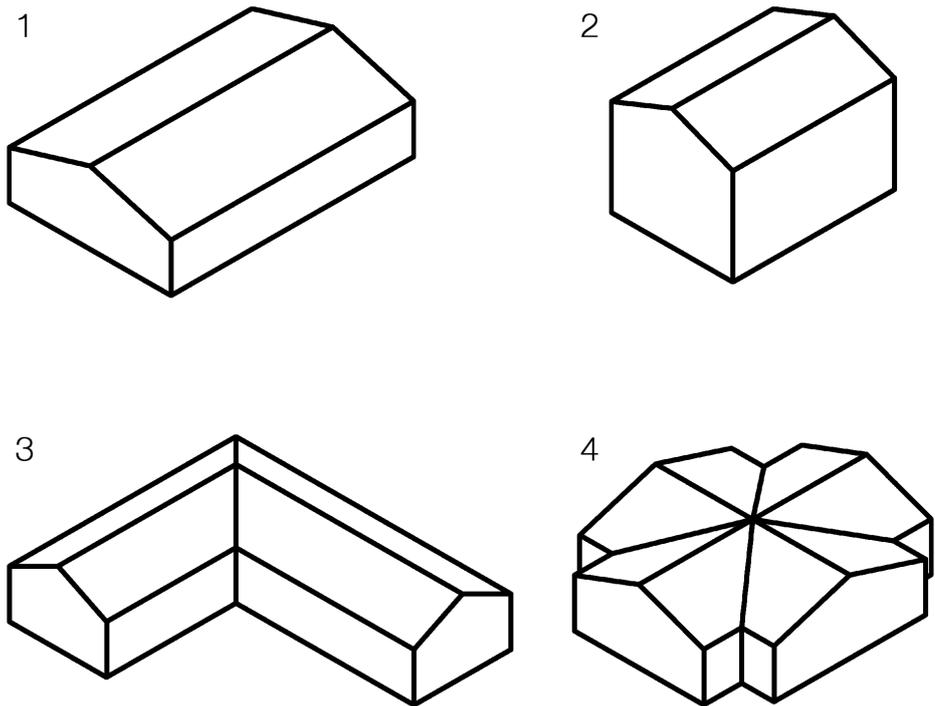
Un edificio con le forme complesse e tante facciate avrebbe comportato, in termini di consumo energetico, un aumento evidente del valore di utilizzazione.

Nel caso specifico della forma sono state analizzate quattro differenti forme tipo (Figura 74), tenendo in considerazione sempre la stessa metratura di progetto, proprio per avere un riscontro reale e coerente per tutti i test.

Figura 74
Schema delle differenti
forme di edificio su cui è
stato fatto il calcolo S/V

I risultati ottenuti sono i seguenti:

- Tipologia 1 = $0,79 \text{ m}^{-1}$
- Tipologia 2 = $0,69 \text{ m}^{-1}$
- Tipologia 3 = $0,80 \text{ m}^{-1}$
- Tipologia 4 = $1,15 \text{ m}^{-1}$



74

Come si evince dai risultati soprastanti, l'edificio con un miglior rapporto superficie – volume, risulta essere l'edificio di tipologia 4, con una forma semplice e compatta.

E' stato ottenuto questo risultato perché le facciate esposte verso l'ambiente esterno sono ridotte rispetto le altre tipologie.

- L'orientamento

L'edificio è stato orientato prediligendo l'orientamento a sud, per cui la facciata con la maggiore superficie disperdente è stata posta verso sud.

Grazie poi ai metodi costruttivi scelti ed alle tipologie di involucro utilizzate si potrà ottenere la massima efficienza dall'edificio.

La scelta di orientare la facciata con la superficie disperdente maggiore, verso sud permetterà di sfruttare al meglio gli apporti solari.

- Metodo costruttivo

La scelta del metodo costruttivo è stata guidata dalla necessità di ottenere, dall'edificio, il valore di inerzia termica maggiore, per cui si è scelto di costruire la struttura portante dell'involucro in cemento armato con tamponamento in laterizio.

Per la copertura, invece si è scelto un metodo costruttivo differente con la struttura portante in legno.

- L'edificio

Seguendo le linee guida della progettazione consapevole, è stato realizzato il progetto, considerando in tutte le sue fasi l'importanza della collaborazione sinergica di tutti gli elementi componenti l'edificio.

Casa Umwelt è suddivisa su due piani, al piano terra (Figura 75) vi è la zona giorno formata da una zona living con cucina open space, cui si accede tramite un disimpegno che rimanda ad uno studiolo, ad un bagno di servizio ed una piccola lavanderia.

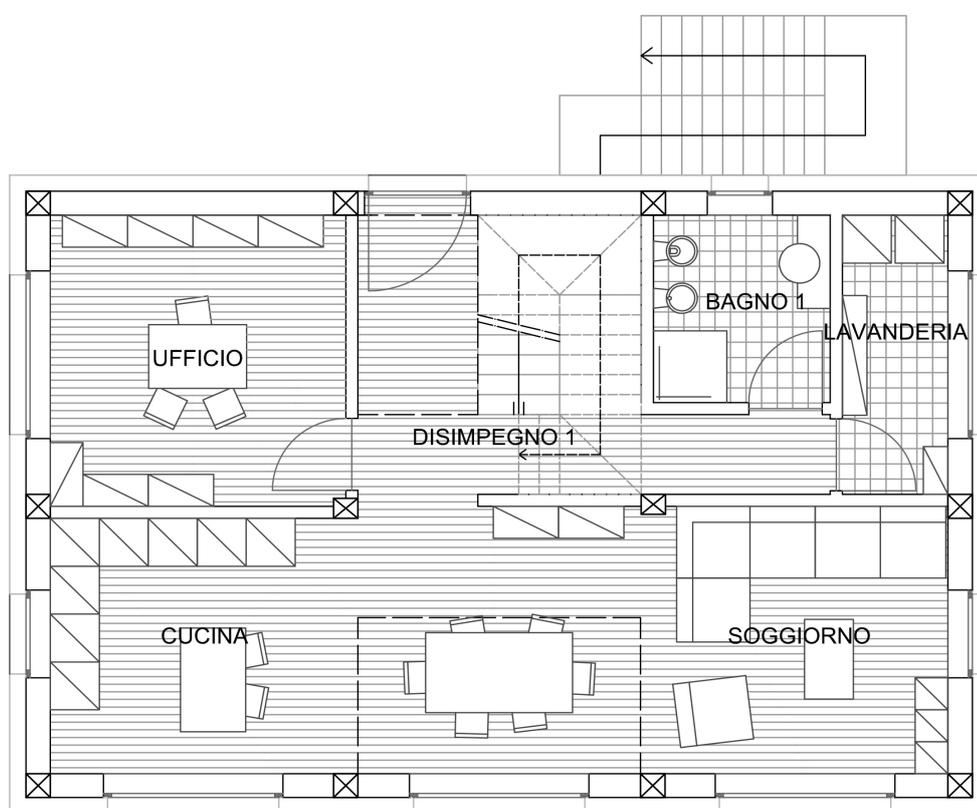
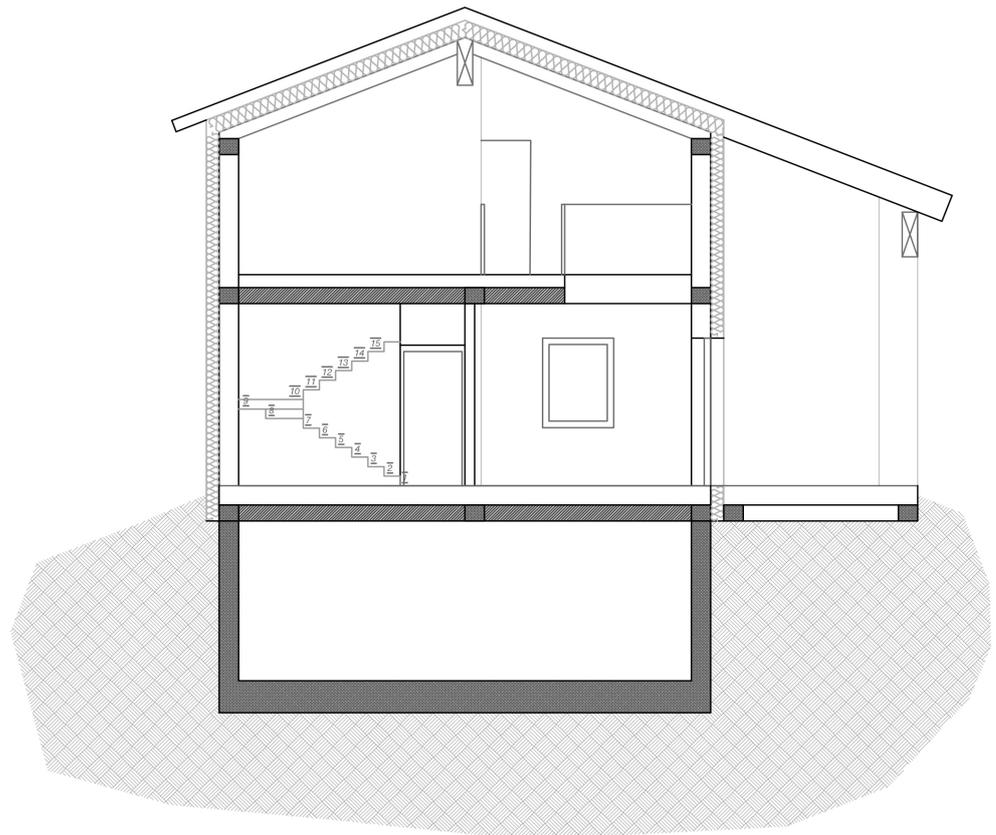


Figura 75
Pianta piano terra Casa
Umwelt

Figura 76
Sezione di Casa Umwelt



76

Un ulteriore elemento caratterizzante è la presenza del soffitto a doppia altezza (Figura 76) in corrispondenza della sala da pranzo, ottenendo così un elemento di carattere nel design dell'edificio e consentendo il passaggio di luce per illuminare naturalmente anche il disimpegno del piano superiore. Tutte le aperture presenti sono state progettate seguendo i criteri della progettazione consapevole CasaClima, che ha portato all'inserimento di un'area finestra più ampia possibile solamente sul prospetto Sud, ponendo attenzione però nei confronti dell'ombreggiamento per evitare il surriscaldamento dell'involucro.

Sui prospetti Est ed Ovest sono state invece inserite solamente due aperture per piano senza ombreggiamento, per quanto concerne il prospetto Nord le aperture sono state invece ridotte al minimo indispensabile. (Figura 77)

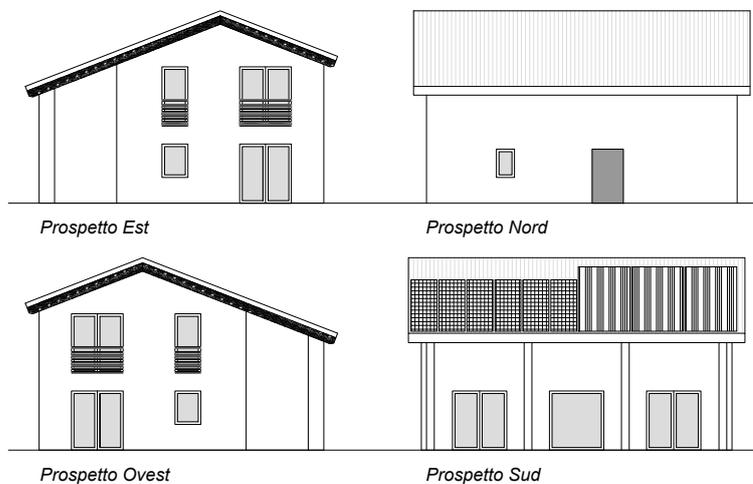


Figura 77
Prospetti di Casa
Umwelt

77

Mediante le scale site al piano terra è possibile accedere alla zona notte collocata al primo piano. (Figura 78)

La zona notte è composta da un disimpegno che permette l'accesso alle tre stanze da letto ed ai servizi igienici.

Essendo l'edificio progettato per un nucleo familiare di 4 persone, sono state progettate tre stanze, di cui una doppia con una metratura pari a 13,75 m² e due singole con una metratura di circa 11 m² l'una.

L'elemento caratterizzante del piano terra, si "riflette" anche al secondo piano, dove vi è questo grande affaccio sulla sala da pranzo, che permette di dare ampio respiro al disimpegno.

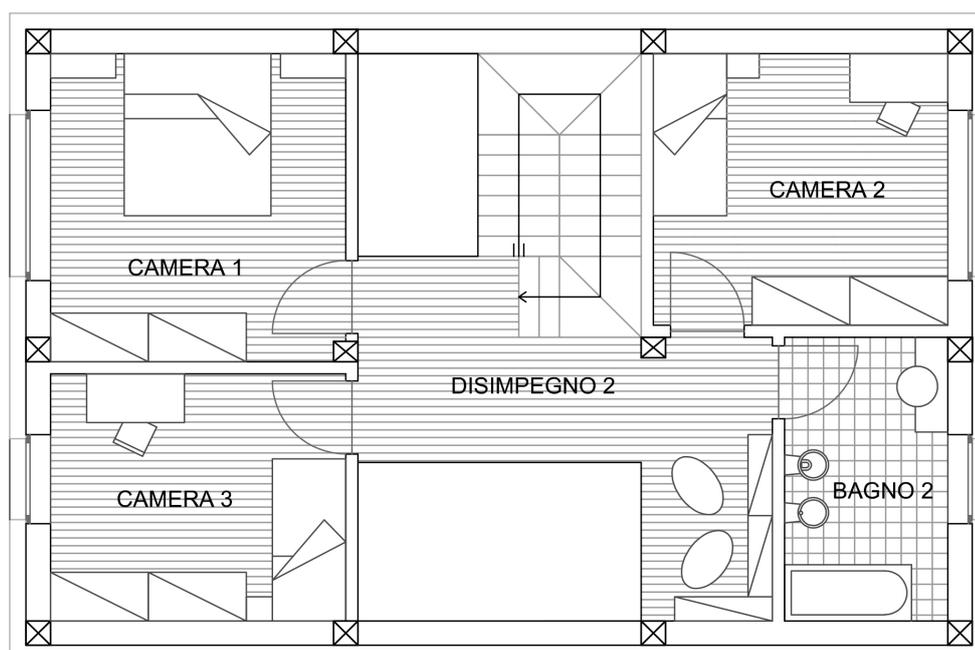


Figura 78
Pianta piano primo Casa
Umwelt

78

Tabella 23
Caratteristiche geometriche dell'edificio

L'edificio così composto possiede le seguenti caratteristiche geometriche, riportate in Tabella 23

Caratteristiche geometriche di Casa Umwelt	
S/V	0,69 m ⁻¹
Superficie utile climatizzata	145 m ²
Volume utile climatizzato	485 m ³
Superficie lorda climatizzata	174 m ²
Volume lordo climatizzato	646 m ³
Superfici opache disperdenti	278,86 m ²
Superfici trasparenti disperdenti	53,74 m ²

23

In fase di progettazione sono state calcolate tutte le superfici disperdenti e rappresentate geometricamente. (Vedere documento "Allegati")

- Involucro

L'involucro è l'elemento più importante dell'intero edificio, essendo l'elemento "filtro" con l'esterno è necessario che soddisfi determinate prestazioni in termini di trasmittanza termica.

Considerato che, Casa Umwelt, ambisce ad essere certificata in classe energetica CasaClima GOLD, è necessario che le trasmittanze rientrino nei parametri riportati in Tabella 24

Tabella 24
Trasmittanze richieste da CasaClima per classificare l'edificio in classe CasaClima GOLD

Classe CasaClima GOLD	
Parete esterna	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Tetto	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Solaio verso cantina	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
serramenti	$U \leq 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

24

Ogni elemento che compone l'involucro è stato progettato e verificato, e se non conforme, riprogettato e rivalutato fino a raggiungere le trasmittanze richieste.

- Copertura

La copertura è stata realizzata con una struttura portante in legno, composta da travi portanti in legno lamellare di 20 cm, al di sopra del quale è applicato uno strato di assito in legno di 4 cm successivamente vi è applicato uno strato di barriera al vapore e lo strato isolante in fibra di legno dallo spessore di 25 cm.

Sopra l'isolante vi è ancora uno strato di protezione al vento e poi vi sono

applicati una serie di controlistelli, di misura 5x5 cm, che permettono la ventilazione del tetto ed il supporto dei listelli, anch'essi 5x5 cm, elemento portante delle tegole. (figura 79)

La struttura così composta permette di raggiungere livelli di trasmittanza consoni ai limiti imposti dall'Agenzia CasaClima per raggiungere una clas-

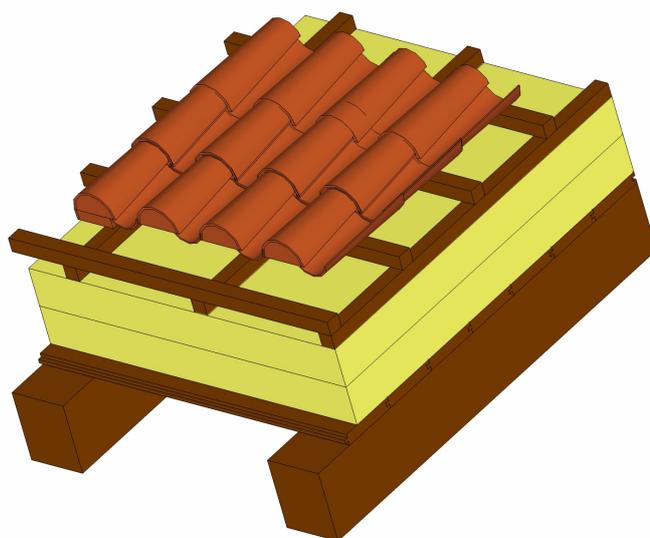


Figura 79
Schema della stratigrafia dell'elemento di copertura

79

se energetica pari a CasaClima GOLD.

Il livello di trasmittanza raggiunto grazie alla scelta dei materiali ed alla disposizione, e dimensione, di essi è stato possibile ottenere un valore pari a 0,13 W/m²K.

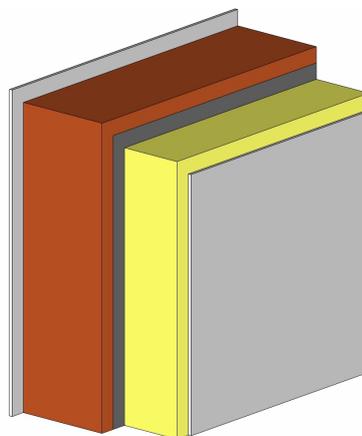
Durante le fasi di verifica intermedie, per comprendere se il pacchetto fosse adeguato ai requisiti da soddisfare, sono stati analizzati i vari dati termofisici, che hanno prodotto risultati adeguati ai termini richiesti, riportati in Tabella 25.

Caratteristiche termofisiche della copertura		
Trasmittanza termica - U	0,13	W/m ² K
Capacità termica interna - ki	36	kJ/m ² K
Capacità termica esterna - ke	13	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica - Y12	0,133	W/m ² K
Sfasamento - Δt	19,4	h
Fattore di attenuazione - f	0,06	-
Fattore di smorzamento	0,67	-
Msurf	89	kg/m ²

Tabella 25
Dati termofisici della copertura

25

Figura 80
Schema della stratigrafia
della partizione verticale
di chiusura



- Partizione verticale

Le partizioni verticali sono state realizzate mediante un sistema di tamponatura in laterizio porizzato con un sistema di facciata a cappotto.

La struttura risulta, quindi, essere composta da uno strato interno di intonaco di finitura, laterizio porizzato di 30 cm con uno strato di barriera al vapore protettivo.

Successivamente vi è applicato uno strato di isolante in lana di vetro di 15 cm e poi un ulteriore strato di intonaco di finitura. (Figura 80)

80

La struttura così composta permette di raggiungere livelli di trasmittanza consoni ai limiti imposti dall'Agenzia CasaClima per raggiungere una classe energetica pari a CasaClima GOLD.

Il livello di trasmittanza raggiunto grazie alla scelta dei materiali ed alla disposizione, e dimensione, di essi è stato possibile ottenere un valore pari a $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$.

I dati termofisici sono riportati in Tabella 26.

Tabella 26
Dati termofisici della partizione verticale

Caratteristiche termofisiche della partizione verticale		
Trasmittanza termica - U	0,13	$\text{W/m}^2\text{K}$
Capacità termica interna - κ_i	40	$\text{kJ/m}^2\text{K}$
Capacità termica esterna - κ_e	24	$\text{kJ/m}^2\text{K}$
Trasmittanza termica periodica - Y12	0,134	$\text{W/m}^2\text{K}$
Sfasamento - Δt	21,5	h
Fattore di attenuazione - f	0,02	-
Fattore di smorzamento	0,63	-
Msurf	293	kg/m^2

26

- Solaio verso scantinato

Il solaio del piano terra risulta confinare con lo scantinato sottostante ed essendo un ambiente non riscaldato, la progettazione del solaio richiede la stessa attenzione che sono state poste nei confronti delle partizioni confinanti con l'esterno.

Come tutta la struttura portante dell'involucro, la struttura portante del solaio è realizzata in cemento armato sopra cui vi è un getto di circa 10 cm in cemento cellulare per il passaggio di impianti.

Successivamente vi è applicato uno strato di isolante in lana di vetro di 25 cm appositamente per l'applicazione su partizioni orizzontali.

Segue uno strato di protezione al vapore e il sistema di pavimento radiante, protetto a sua volta dal pavimento. (Figura 81)

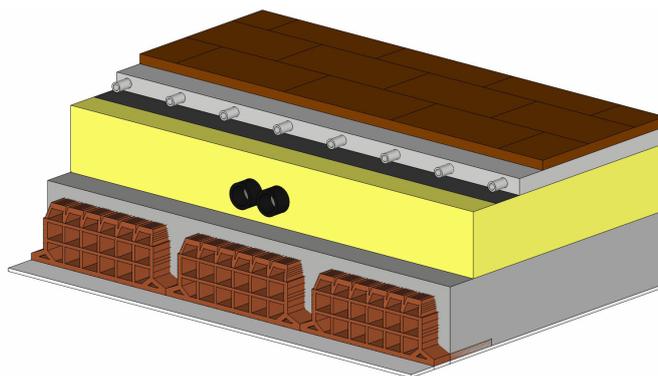


Figura 81
Schema della stratigrafia dell'elemento orizzontale di chiusura verso scantinato

81

La struttura così composta permette di raggiungere livelli di trasmittanza consoni ai limiti imposti dall'Agenzia CasaClima per raggiungere una classe energetica pari a CasaClima GOLD.

Il livello di trasmittanza raggiunto grazie alla scelta dei materiali ed alla disposizione, e dimensione, di essi è stato possibile ottenere un valore pari a 0,14 W/m²K.

I dati termofisici sono, riportati in Tabella 27

Caratteristiche termofisiche della copertura		
Trasmittanza termica - U	0,13	W/m ² K
Capacità termica interna - κ_i	36	kJ/m ² K
Capacità termica esterna - κ_e	13	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica - Y12	0,133	W/m ² K
Sfasamento - Δt	19,4	h
Fattore di attenuazione - f	0,06	-
Fattore di smorzamento	0,67	-
Msurf	89	kg/m ²

Tabella 27
Dati termofisici del solaio verso scantinato

27

- Serramenti

Come spiegato in precedenza il serramento è uno degli elementi più delicati dell'involucro, nel caso specifico di Casa Umwelt, sono stati utilizzati serramenti di varie dimensioni, alcuni apribili altri no.

I serramenti sono composti da un telaio in legno e alluminio, con triplo vetro di 16 mm con rivestimento basso emissivo, ed un'intercapedine di 4 mm riempita con argon.



Figura 82
Finestra utilizzata in Casa
Umwelt

82

Le schermature utilizzate scelte sono le classiche avvolgibili, che sono risultati essere il tipo di schermatura maggiormente performante nell'ambito di Casa Umwelt.

I singoli parametri solari inerenti il pacchetto della finestra sono indicati all'interno della Tabella 28.

Caratteristiche termiche della finestra	
Uf	0,8 W/m ² K
Ug	0,6 W/m ² K
Uw	0,6 W/m ² K
Fattore solare "g"	0,5 [-]
Distanziatore in acciaio Ψ_g	0,06 W/mK
Grado di assorbimento	0,30 [-]
g_{gl+sh}	0,04 [-]

28

- Porta

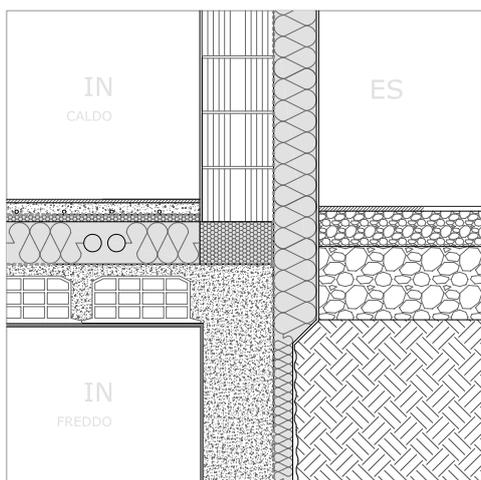
L'Agenzia CasaClima non fornisce limiti di trasmittanza specifici per le porte d'ingresso, ma piuttosto fornisce dei metodi d'installazione per renderle il più possibile idonee alla tenuta dell'aria.

Tabella 28
Dati termici della finestra

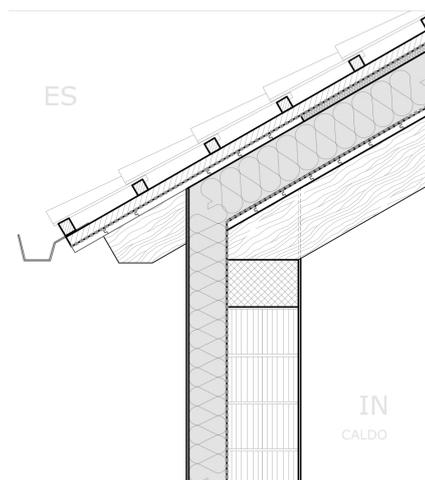
Per cui nella fase di progettazione si è scelto un elemento costruttivo con la trasmittanza più ridotta possibile, nel caso di Casa Umwelt si è optato per una porta in legno massiccio con all'interno uno strato isolante di 3 cm, in modo tale da avere un elemento con una trasmittanza termica pari a $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

I ponti termici

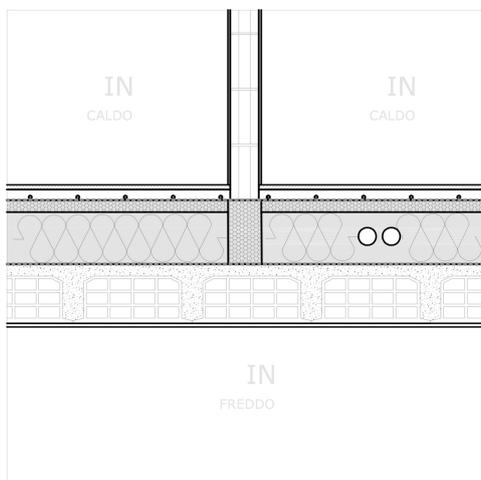
Dal momento che per la progettazione di Casa Umwelt sono stati seguiti i criteri progettuali CasaClima e le indicazioni della direttiva Alto Adige, è stato fondamentale risolvere gli eventuali ponti termici che si sarebbero potuti formare in corrispondenza dei nodi strutturali.



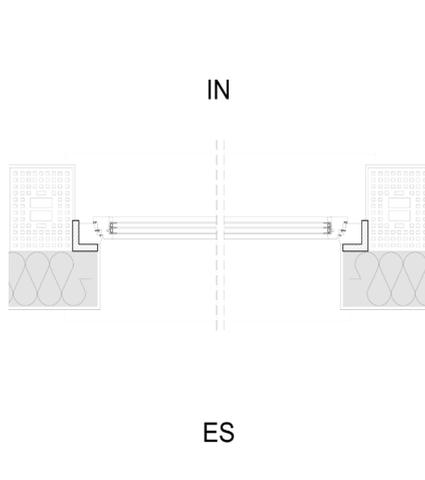
83



84



85



86

Figura 83
Dettaglio costruttivo della soluzione al ponte termico "muro esterno-solaio"

Figura 84
Dettaglio costruttivo della soluzione al ponte termico "tetto-muro"

Figura 85
Dettaglio costruttivo della soluzione al ponte termico "tramezzo-solaio"

Figura 86
Dettaglio costruttivo della soluzione al ponte termico "muro solaio"

- Gli impianti

Anche l'aspetto impiantistico progettato ha seguito le indicazioni fornite da CasaClima, gli impianti inseriti sono stati dimensionati in modo tale da soddisfare al meglio il fabbisogno di raffrescamento e riscaldamento richiesto dall'edificio, prevedendo anche l'installazione di un sistema di pannelli solari e fotovoltaici.

Il progetto definitivo dell'impianto è composto da una pompa di calore per riscaldamento ed ACS con un sistema di accumolo, una pompa di calore per il solo raffrescamento, una macchina per la ventilazione meccanica e l'installazione di pannelli solari e fotovoltaici, nella tabella seguente sono indicati i vari elementi (Tabella 29)

Tabella 29
Tabella schematica degli
impianti presenti in Casa
Umwelt

Impianti	
Riscaldamento + ACS	
Pompa di calore	Viessmann - Vitocal 200 B10
Impianto solare termico	YGNIS ITALIA Varsun TSV-VS 12
Sistema d'accumolo	NRG PRO 650
Raffrescamento	
Pompa di calore	Emetti 0510MS
Impianto fotovoltaico	VIPIEMME SOLAR - LINEA SILVER VPSO 1B 230
Ventilazione meccanica	Zehnder / ComfoAir Q 350 D TR HRV

29

Il raffrescamento ed il riscaldamento in ambiente interno sono garantiti dal pavimento radiante dimensionato in base al fabbisogno dell'involucro.

L'impianto solare termico è posto sulla falda sud della copertura, possiede un totale di 6 pannelli in modo tale da soddisfare per il 100% il fabbisogno di calore richiesto.

I pannelli fotovoltaici sono, anch'essi, posti sulla falda sud della copertura, per un totale di 15m² in modo tale da soddisfare per il 92% il fabbisogno di energia elettrica richiesto.

Inserendo all'interno di Casa Umwelt gli impianti di solare termico e fotovoltaico è possibile soddisfare le quote di energia rinnovabili richieste da CasaClima.

B

VALUTAZIONE
DELLA
PRESTAZIONE
ENERGETICA

8 - Modelli di calcolo a confronto

A livello nazionale è obbligatorio emettere un attestato di prestazione energetica, anche detto APE, ma in Trentino vi è un ulteriore attestato di prestazione energetica obbligatorio, CasaClima.

I due attestati richiedono un metodo di calcolo differente e portano con sé requisiti minimi differenti, ai fini della tesi è importante analizzare le differenze che sussistono tra le due metodologie, in modo tale da comprendere dove siano le differenze, all'interno dei bilanci termici principali, che permettono di ottenere risultati differenti.

I metodi analizzati sono due, il metodo di calcolo CasaClima ed il metodo di calcolo utilizzato a livello nazionale, ovvero UNI/TS 11300.

Le due metodologie presentano subito evidenti differenze, specialmente nel mezzo utilizzato per il calcolo, perchè il calcolo nazionale sfrutta differenti software, con differenti configurazioni, che permettono di ottenere però il medesimo risultato, ovvero il fabbisogno energetico dell'edificio, CasaClima invece offre solamente una piattaforma per il calcolo, ovvero un file Excel redatto dall'Agenzia stessa, all'interno del quale è possibile compilare solamente determinate caselle.

Nei capitoli successivi verranno analizzati nello specifico i bilanci utilizzati dalle due metodologie con esempio applicativo del calcolo eseguito sul caso studio progettato Casa Umwelt, analizzando in seguito i due risultati ottenuti mediante l'impiego di grafici esplicativi.

8.1 - CasaClima

Un edificio progettato con l'obiettivo di ottenere la targhetta CasaClima deve essere in grado di soddisfare quando richiesto dalla direttiva, che fornisce indicazioni specifiche per differenti ambiti, tra cui:

- Indice di prestazione energetica;
- Caratteristiche del fabbricato;
- Caratteristiche degli impianti termici;
- Caratteristiche impianti tecnici per la ventilazione;
- Caratteristiche impianti tecnici per l'illuminazione;
- Coefficienti di scambio termico globale;
- Area solare equivalente estiva;
- Copertura da fonte rinnovabile;
- Blower Door Test.

Nel 2017 venne redatta una nuova direttiva denominata " Direttiva Tecnica CasaClima - Nuovi Edifici " con la validità esclusiva per gli edifici di nuova costruzione, la direttiva risulta essere obbligatoria per gli edifici siti in Alto Adige.

8.1.1 - La direttiva CasaClima 2017

La "Direttiva Tecnica Nuovi Edifici del settembre 2017" è l'ultima pubblicazione dell'Agenzia in cui definisce i requisiti, le modalità di calcolo e la documentazione necessaria per la certificazione, nello specifico al suo interno è suddiviso come segue:

- 1. Indicazioni generali;**
- 2. Documentazione**
- 3. La certificazione energetica CasaClima;**
- 4. Requisiti di certificazione;**
- 5. Impianti;**
- 6. L'involucro termico;**
- 7. Elenco dei simboli ed abbreviazioni.**²⁷

- Indicazioni generali

All'interno delle indicazioni generali sono raccolte informazioni riguardo la direttiva stessa, le definizioni contenute al suo interno, la sua validità, i soggetti coinvolti, il protocollo CasaClima e la procedura per ottenerlo.

La procedura si sviluppa lungo un determinato iter composto da:

- PRE-Certificazione = deve essere inviata prima dell'inizio dei lavori, l'Agenzia valuta la completezza della documentazione;
- Certificazione = l'Agenzia effettua controlli nelle fasi di progetto, costruzione e controllo finale, in cui si verifica il calcolo energetico, la documentazione inviata e, a termine cantiere, la verifica di tenuta all'aria dell'involucro;
- RE-Certificazione = la certificazione ha durata 10 anni e, se l'edificio non ha subito modifiche si può rinnovare d'ufficio;

- Documentazione

I documenti richiesti per la certificazione sono suddivisi per fasi, ovvero Progetto dove sono richiesti documenti come il permesso di costruire ed il calcolo energetico, Costruzione ove è necessario fornire fotografie della

²⁷ Direttiva Tecnica Nuovi Edifici del settembre 2017

fase cantieristica, che riporti i requisiti CasaClima e Finale contenente i risultati del Blower Door Test ed il calcolo energetico definitivo.

Nella Tabella 30, riportata di seguito vengono elencate le fasi di certificazione nel dettaglio.

Fasi di certificazione	Documenti richiesti per l'involucro e l'impianto	Supporto digitale
Progetto	Modulo di Richiesta e Autorizzazione del proprietario per gli Audit Energetici	PDF o altro formato grafico
	Concessione Edilizia, permesso di costruire, DIA, SCIA o altra documentazione equivalente	PDF o altro formato grafico
	Calcolo energetico	File Export ProCasaClima (.xlsx)
	Disegno architettonico del progetto di concessione edilizia con indicazione superficie e volume lordi riscaldati, superfici disperdenti totali, finestre in riferimento al calcolo energetico	PDF o altro formato grafico
	Indicazione dei nodi conformi del Catalogo CasaClima	PDF o altro formato grafico
	Verifica della temperatura superficiale interna (se previsto)	PDF o altro formato grafico
Costruzione	Foto documentazione documentata secondo il Catalogo CasaClima	PDF o altro formato grafico
Finale	Report del Blower-Door-Test	PDF o altro formato grafico
	Calcolo energetico aggiornato	File Export ProCasaClima (.xlsx)

Tabella 30
Tabella con le fasi della certificazione

30

Nella Direttiva l'Agenzia spiega i requisiti di certificazione e propone delle soluzioni base (Figura 87) per quanto riguarda stratigrafie e impiantistica. In particolare si pone l'attenzione alla risoluzione dei ponti termici rilevando le temperature delle superfici e valutando il salto termico, il limite varia a seconda della presenza o meno della ventilazione meccanica forzata, le soluzioni standard di questi nodi sono state raggruppate nel Catalogo CasaClima che si può trovare gratuitamente sul sito internet.

CASO 1: CAVEDI O VANI TECNICI APERTI (FREDDI)	
singoli, con superficie della sezione del canale $S < 100 \text{ cm}^2$	
<p>Canali di aereazione, tubazioni elettriche varie, piccoli elementi tecnici, ecc., all'interno dei muri degli elementi disperdenti (posati sia in orizzontale che in verticale), con una superficie $S < 100 \text{ cm}^2$, non devono essere coibentati, se sono singoli.</p>	<p>Grundriss - pianta</p> <p>Richtig - corretto</p>

Figura 87
Esempio di soluzione tecnologiche consigliate da CasaClima all'interno della Direttiva 2007

87

Figura 88
Le classi energetica di CasaClima

- La certificazione energetica CasaClima

All'interno della Direttiva per i nuovi edifici sono indicate le classi CasaClima, la classe d'appartenenza viene determinata scegliendo il valore più basso tra l'efficienza energetica dell'involucro e la classe di efficienza energetica complessiva, nello specifico i valori all'interno della classificazione sono suddivisi per:

- Efficienza energetica dell'involucro;
- Fabbisogno di energia primaria equivalente senza raffrescamento;
- Fabbisogno di energia primaria equivalente di raffrescamento;
- Fabbisogno di energia primaria equivalente di raffrescamento;
- Efficienza energetica complessiva con raffrescamento.

Nella Figura 88 sono riportate le classi CasaClima.

Classe CasaClima	Efficienza Energetica Involucro (EIN) [kWh/m ² a]	Fabbisogno Energia Primaria Equiv. Senza Raffrescamento (EPSR _{RES}) [kg CO ₂ eqv/m ² a]	Fabbisogno Energia Primaria Equiv. Raffrescamento (EPR _{RES}) [kg CO ₂ eqv/m ² a]	Efficienza energetica complessiva (EEC _{RES}) (=EPSR _{RES} +EPR _{RES}) [kg CO ₂ eqv/m ² a]
Gold	≤ 10	≤ 10	≤ 5	≤ 15
A	≤ 30	≤ 20	≤ 10	≤ 30
B	≤ 50	≤ 35	≤ 15	≤ 50
C	≤ 70	≤ 50	≤ 20	≤ 70
D	≤ 90	≤ 65	≤ 25	≤ 90
E	≤ 120	≤ 90	≤ 30	≤ 120
F	≤ 160	≤ 120	≤ 40	≤ 160
G	≥ 160	≥ 120	≥ 40	≥ 160

88

- I requisiti di certificazione

I requisiti di certificazione non sono da confondere con i requisiti minimi, più che altro sono dei parametri per verificare la corretta progettazione di un edificio CasaClima.

La Direttiva suddivide i requisiti per tipologia, tra i principali è necessario analizzare:

- Ponti termici;
- Verifica della temperatura superficiale;
- Tenuta all'aria dell'involucro edilizio.

I ponti termici

I ponti termici si possono definire “punti deboli” nell’isolamento termico dell’involucro edilizio in cui aumentano le dispersioni di calore verso l’esterno e si hanno temperature superficiali più basse. Si possono avere quando:

- si ha discontinuità di materiali nei valori di trasmittanza dei materiali, che può essere dovuta dal diverso spessore o dalla diversa conduttività termica, si possono definire ponti termici costruttivi, esempio riportato in Figura 88

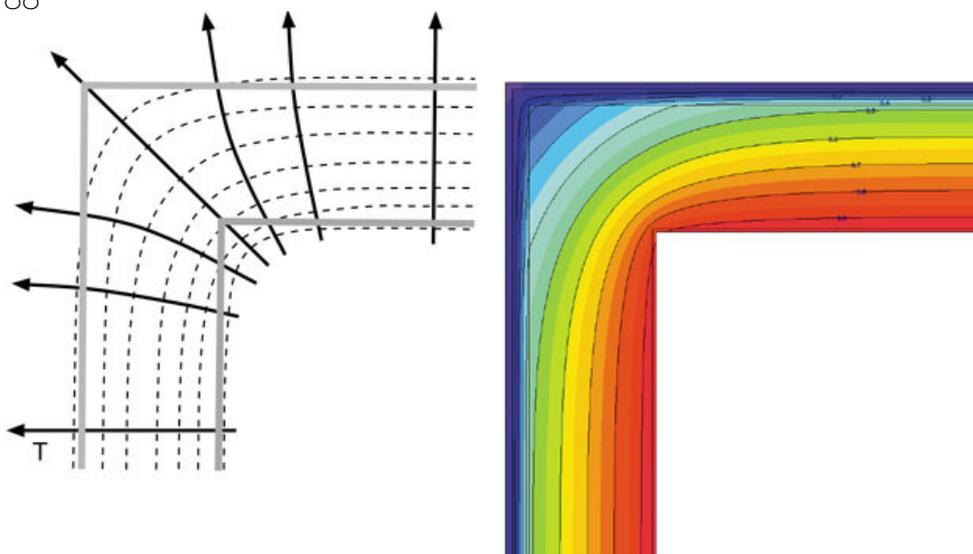


Figura 89
Schema della discontinuità di calore che potrebbe causare ponti termici

89

- gli angoli hanno una superficie interna molto ridotta rispetto a quella esterna e si crea una concentrazione del flusso di calore, si definiscono ponti termici geometrici;
- non avviene una corretta posa in opera dei materiali isolanti, soprattutto in prossimità di discontinuità come ad esempio i serramenti

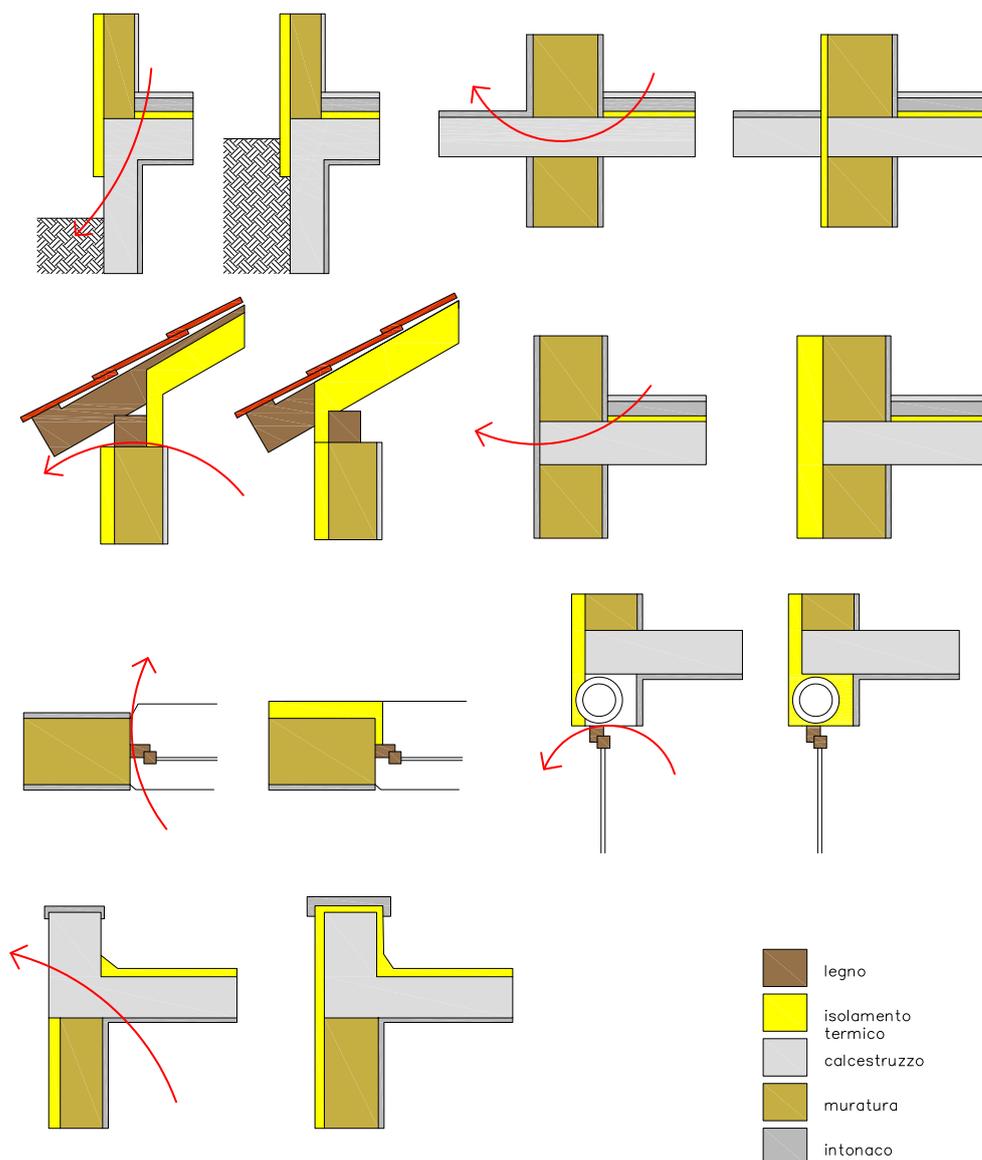
Le conseguenze principali dei ponti termici sono molto importanti e non devono essere sottovalutate, in quanto:

- aumentano le dispersioni e il fabbisogno energetico dell’edificio, quindi i costi di riscaldamento;
- diminuiscono le temperature superficiali interne, questo incide sul benessere termico delle persone all’interno dell’edificio e si può innescare il fenomeno di condensa.

I ponti termici possono essere evitati con una curata ed attenta progettazione, (Figura 90) in cui si devono prendere scelte costruttive che tengano conto anche della soluzione alla continuità di isolamento dell’involucro

Figura 90
 Schema con i metodi per evitare eventuali ponti termici

e nella fase di cantierizzazione si deve essere molto precisi nella corretta posa in opera degli isolanti.



90

La termografia

La termografia è l'esame più veloce e meno distruttivo per la diagnosi energetica degli edifici, viene utilizzata una termocamera ad infrarossi che mostra le radiazioni termiche emesse dall'edificio e le trasforma in una immagine visibile ad occhio nudo, grazie alla radiazione di colore si potranno leggere sugli elementi componenti la struttura le temperature superficiali e

si potranno facilmente notare discontinuità e salti di “colore”. (Figura 91)
Il test è molto rapido, ma si può svolgere solo quando si ha una temperatura di quindici gradi di differenza tra interno ed esterno e non si ha irraggiamento diretto, permette di individuare:



Figura 91
Immagine della fase di registrazione durante un test termografico

91

- punti di mancata tenuta all'aria;
- ponti termici;
- buchi nell'isolamento;
- presenza di umidità.

Tutti questi ultimi sono i fenomeni che fanno aumentare le dispersioni termiche, il test permette quindi di valutarli e di intervenire di conseguenza.

Il blower door test

Nel caso in cui l'edificio analizzato preveda di essere classifica in Classe A oppure superiore, si effettua anche il Blower Door Test, ovvero una verifica effettuata sulla permeabilità all'aria dell'involucro.

La verifica si intende calcolata in base alla UNI EN 13829, che impone anche un valore massimo di ricambi d'aria orari del volume d'aria, n50lim segue tabella riassuntiva (tabella 31)

Il Blower-Door-Test serve a verificare la tenuta all'aria dell'involucro edilizio,

Tabella 31
Tabella con i valori limite del Blower Door Test, suddivisi per classe energetica

n _{50lim}		
da 01/01/2019		
Classe energetica	Valore limite	Limite penalizzazione consentita
A+	0,6	1,5
A	1,0	2,0

31

deve inserire una determinata quantità d'aria che viene misurata per avere il valore n₅₀ che, più è basso, più la tenuta all'aria dell'edificio è alta.

Nella Tabella 31 sono riportati i valori limite richiesti da CasaClima.

Nel caso in cui il valore ottenuto superi i limiti ma sia ancora entro il limite di penalizzazione consentita, si richiede di effettuare un'ulteriore analisi sul fabbisogno energetico dell'edificio ridefinendola come segue:

$$EP_{\text{classe effettivo}} = EP_{\text{classe progetto}} + (n_{50\text{BDT}} - n_{50\text{lim}}) \times 1,7$$

Nel caso in cui il valore del fabbisogno energetico dell'edificio superi anche i valori limite di penalizzazione consentita, si impone l'intervento sul manufatto al fine di correggere l'errore fino a raggiungere un risultato soddisfacente ovvero almeno al di sotto del valore limite di penalizzazione consentita.

Figura 91
Involucro sottoposto Blower Door Test



92

8.1.2 - La certificazione energetica CasaClima

All'interno della Direttiva, vi è un rimando alla delibera del 4 marzo 2013, n. 362 della Provincia Autonoma di Bolzano all'interno del quale sono indicate le direttive che disciplinano:

“ a) la metodologia di calcolo del rendimento energetico dell'involucro edilizio e della prestazione energetica degli edifici;

b) i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici di nuova costruzione;

c) i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici esistenti;

d) i criteri e la procedura di certificazione energetica degli edifici;

e) l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili in edifici di nuova costruzione ed edifici esistenti;

f) l'accreditamento di esperti e i servizi essenziali per garantire un sistema di controllo indipendente riguardante l'applicazione della presente direttiva”

“La prestazione energetica degli edifici è calcolata in conformità all'Allegato 3 e certificata secondo il Protocollo CasaClima”

Nello specifico fornisce indicazioni per i nuovi edifici come segue:

“I nuovi edifici devono soddisfare i seguenti requisiti minimi:

a) rendimento energetico dell'involucro edilizio pari o superiore alla Classe CasaClima B. A partire dal 1° gennaio 2017 i valori limite devono essere pari o superiori alla Classe CasaClima A;

b) le emissioni di anidride carbonica degli edifici pari o superiore alla Classe CasaClima B. A partire dal 1° gennaio 2017 i valori limite devono essere pari o superiori alla Classe CasaClima A;

c) il fabbisogno totale di energia primaria deve essere coperto per almeno il 40% da energie rinnovabili. Dal 1° gennaio 2017 questa percentuale è pari al 50%.

Il requisito di cui alla lettera c) viene meno quando l'analisi costi-benefici calcolata sul ciclo di vita economico è negativa, l'edificio è realizzato nella Classe CasaClima Oro o quando un edificio copre l'intero fabbisogno di energia termica mediante teleriscaldamento.” ²⁸

Si evince dunque che la Certificazione CasaClima è necessaria per gli edifici di nuova costruzione e per quelli sottoposti a importanti ristrutturazioni, la certificazione viene rilasciata esclusivamente dall'Agenzia, deve essere presentata prima della licenza d'uso e ha durata 10 anni.

La Delibera illustra il bilancio energetico che permette di calcolare il fabbi-

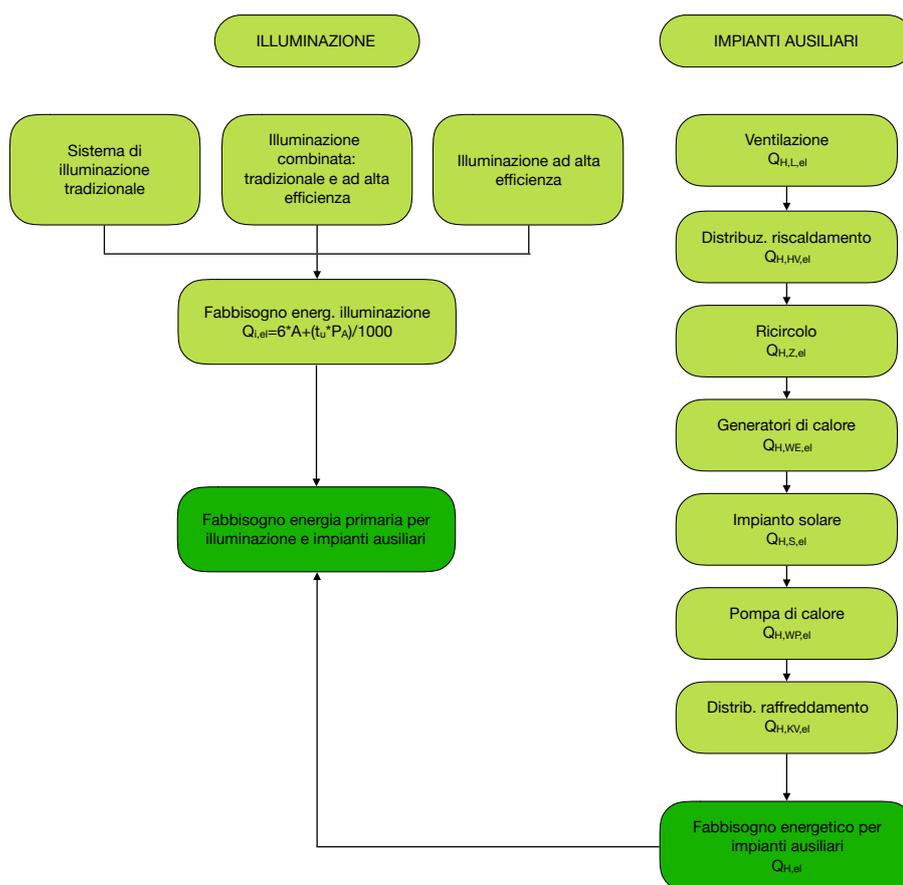
²⁸ Delibera del 4 marzo 2013, n. 362 della Provincia Autonoma di Bolzano

sogno degli edifici, spiega inoltre il metodo di calcolo per definire l'efficienza energetica complessiva, così da determinare il fabbisogno energetico annuo per sopperire alle esigenze dell'edificio ed al consumo di energia per le attività di: Il test è molto rapido, ma si può svolgere solo quando si ha una temperatura di quindici gradi di differenza tra interno ed esterno e non si ha irraggiamento diretto, permette di individuare:

- Illuminazione; (Figura 93)
- Raffrescamento; (Figura 94)
- Fonti rinnovabili; (Figura 95)
- ACS e riscaldamento. (Figura 96)

Seguono, nell'ordine, gli schemi grafici dei bilanci sopracitati indicando anche i singoli coefficienti che ne permettono la determinazione.

Figura 93
Schema del bilancio energetico dell'illuminazione



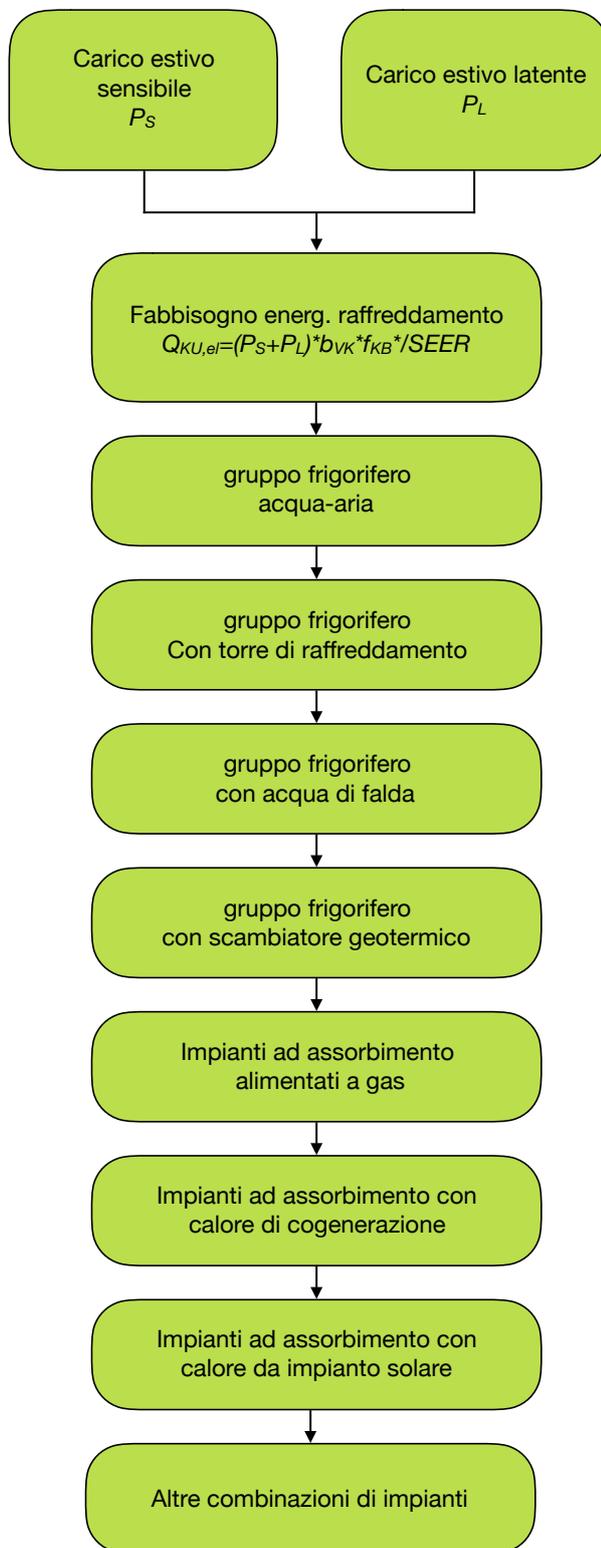
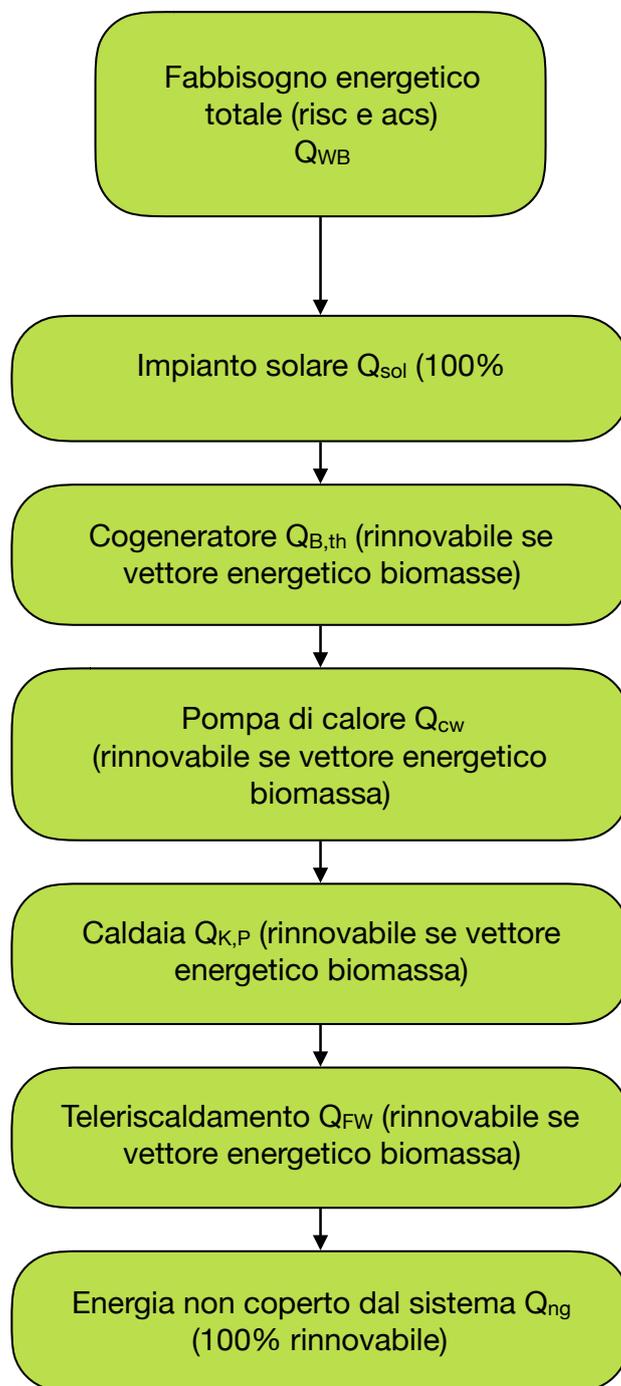


Figura 94
Schema del bilancio energetico del raffreddamento

Figura 95
Schema del bilancio
energetico delle fonti rin-
novabili



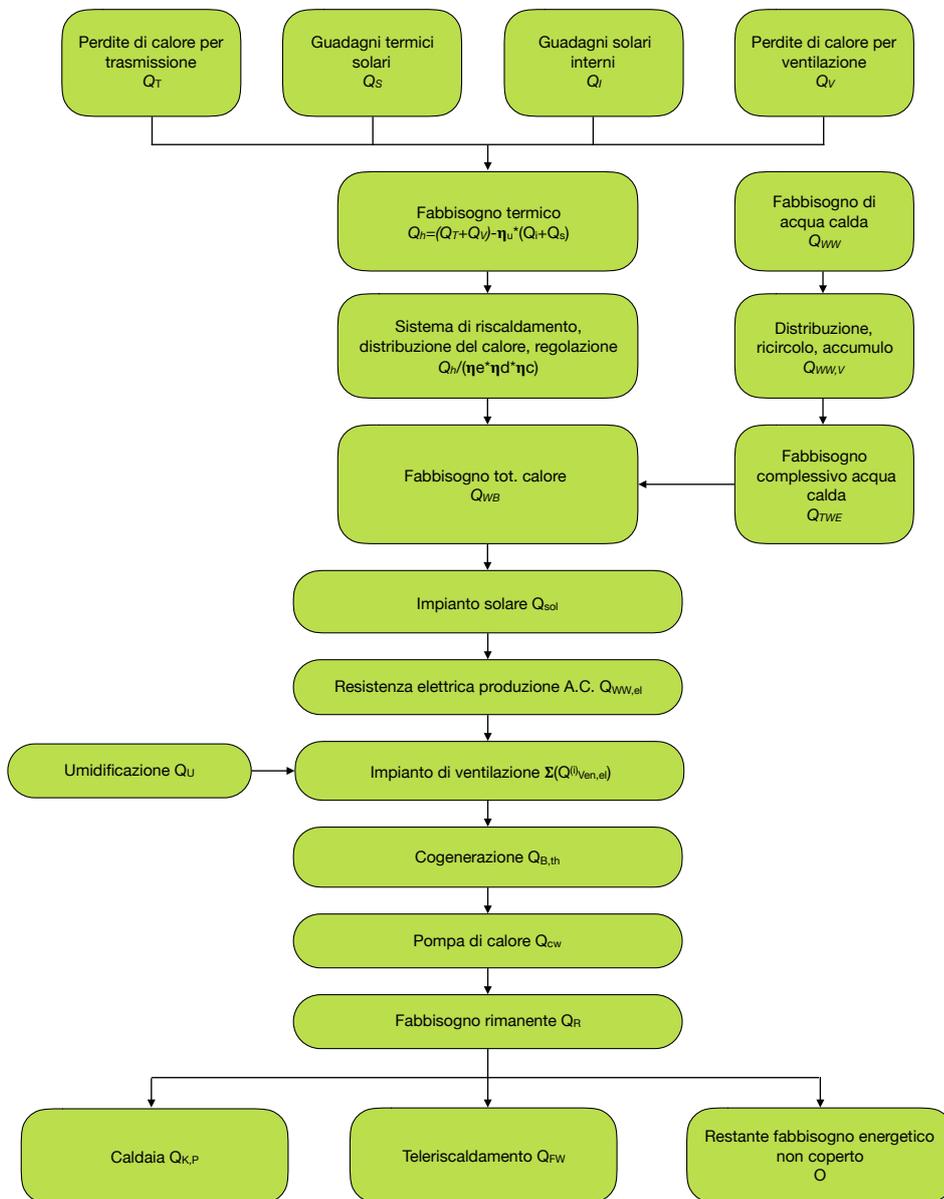


Figura 96
Schema del bilancio
energetico del riscalda-
mento

Nello specifico verranno analizzati i bilanci principali utilizzati nel metodo di calcolo di CasaClima, ovvero:

- Il fabbisogno di riscaldamento;
- Il fabbisogno per il raffrescamento.

- Calcolo del fabbisogno di riscaldamento

Il fabbisogno di riscaldamento è la quantità di calore che è necessario fornire per mantenere la temperatura costante negli ambienti dell'edificio per un mese, si indica con Q_h e si ottiene dal bilancio annuale seguente:

$$Q_h = (Q_T + Q_V) - \eta_u * (Q_i + Q_s) \quad [\text{kWh/a}]$$

dove:

Q_T = Perdite per trasmissione [kWh/a]

Q_V = Perdite per ventilazione [kWh/a]

η_u = Grado di utilizzo degli apporti [-]

Q_i = Apporti interni [kWh/a]

Q_s = Apporti solari [kWh/a]

- Perdite per trasmissione

Le perdite per trasmissione si indicano Q_T e sono dovute alla conduzione degli elementi dell'edificio e alla convezione delle superfici e si calcola:

$$Q_T = 0,024 * L_T * HGT \quad [\text{kWh/a}]$$

dove:

L_T = coefficiente globale di scambio termico dell'involucro dell'edificio [W/K]

HGT = gradi giorno mensili [Kd/M]

Coefficiente globale di scambio termico dell'involucro dell'edificio

Si ottiene sommando i valori di ogni elemento disperdente dell'involucro, tenendo conto dei ponti termici

$$L_T = L_e + L_u + L_g + L_\psi + L_x \quad [\text{W/K}]$$

per gli elementi costruttivi si semplifica il calcolo come segue:

$$L_e + L_u + L_g = \sum_i f_i * U_i * A_i \text{ [W/K]}$$

dove:

f_i = fattore di correzione della temperatura [-]

U_i = trasmittanza dell'elemento [W/m²K]

A_i = area dell'elemento [m²]

- Perdite per ventilazione

Le perdite di calore per ventilazione sono causate dal ricambio d'aria calda interna con quella fredda esterna e si indicano con Q_V

$$Q_V = 0,024 * L_V * HGT \quad \text{[kWh/a]}$$

Coefficiente specifico di ventilazione dell'involucro

Si indica con L_V

$$L_V = \rho_a * c_a * \sum_i V_n * n \quad \text{[W/K]}$$

dove:

$\rho_a * c_a$ = capacità termica dell'aria [0,33 Wh/(m³ * K)]

V_n = volume netto dell'edificio [m³]

n = indice di ricambio dell'aria, solitamente si utilizza un valore di 0,5 [1/h]

- Apporti termici solari

Per apporti termici solari si intendono per trasmissione delle radiazioni solari attraverso le superfici trasparenti

$$Q_s = \sum_j I_j * (\sum A_g * f_{sh} * g_w)_j \quad \text{[kWh/M]}$$

Dove:

I_j = somma di irraggiamento solare in un mese con l'orientamento j [kWh/m²a]

A_g = area finestrata [m²]

f_{sh} = fattore di riduzione per ombreggiatura [-]

g_w = grado complessivo di trasmittanza solare [-]

- Apporti termici interni

Per apporti termici interni si intendono i guadagni che si ottengono dal calore emanato dagli abitanti dell'edificio o dagli elettrodomestici e si ottengono con la seguente formula

$$Q_i = 0,024 * q_i * \text{NGFB} * H_T \quad [\text{kWh/M}]$$

dove:

q_i = dato medio di potenza termica degli apporti interni calore, ottiene da tabella in base alla destinazione d'uso (Tabella 32)

Tabella 32

Tabella con i valori di potenza termica degli apporti di calore, in base alla destinazione d'uso

Tipo di utilizzo dell'edificio:	q_i [W/m ²]
Edificio per uffici	4,5
Edificio uni- o bifamiliare	3,5
Condominio	3,5
Edificio promiscuo, uffici e abitazioni	4,0
Scuola, Asilo	3,0
Albergo	4,0
Ospedale	6,0
Impianto sportivo	3,5
Altri uffici pubblici	3,5

32

NGFB = superficie riscaldata per piano [m²]

H_T = giorni in cui è necessario riscaldare [d/M]

- Calcolo del fabbisogno di raffrescamento

Il calcolo del fabbisogno di raffrescamento avviene nel medesimo modo del fabbisogno di riscaldamento invertendo però i dati dei rapporti con quelle delle dispersioni.

8.2 - UNI/TS 11300

La norma UNI/TS 11300 del 2014 sostituisce la precedente versione del 2008, viene nominata nel Decreto Interministeriale del 26 giugno 2015 con il seguente scopo:

“Articolo 3

1. Per il calcolo della prestazione energetica negli edifici, ivi incluso l'utilizzo delle fonti rinnovabili, si adottano le seguenti norme tecniche nazionali e le loro successive modificazioni e integrazioni, predisposte in conformità allo sviluppo delle norme EN a supporto della direttiva 2010/31/UE, nonché le norme all'allegato 2 al presente decreto:

a.raccomandazione CTI 14/2013 “Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio” e successive norme tecniche che ne conseguono”;

b.UNI/TS 11300 - 1 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1 : Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;

c.UNI/TS 11300 - 2 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2 : Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione e l'illuminazione;

d.UNI/TS 11300 - 3 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 3 : Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;

e.UNI/TS 11300 - 4 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4 : Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria;

f.UNI EN 15193 - Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione.” ²⁹

Come spiegato dallo stralcio precedente del Decreto Requisiti minimi la norma UNI 11300 è composta da quattro parti che sono propedeutiche al calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, principalmente per riscaldamento, raffrescamento e acqua calda sanitaria.

Il metodo di calcolo della norma viene utilizzato da diversi software, come ad esempio Termolog, che permettono di rendere più semplificato e fruibile il conteggio della prestazione energetica.

²⁹ UNI/TS 11300

8.2.1 - Campo d'applicazione

La UNI/TS 11300 descrive, nelle sue varie parti, i metodi di calcolo per arrivare a individuare i valori che vengono utilizzati per determinare la prestazione energetica dell'edificio in questione. La norma considera che in un edificio siano presenti i seguenti servizi (Tabella 33):

- riscaldamento
- raffrescamento
- acqua calda sanitaria
- ventilazione
- illuminazione

Tabella 33
Tabella riportante i vari dati relativi i servizi che è possibile analizzare mediante l'impiego della UNI/TS 11300

Servizio	Parametri correlati alla prestazione energetica	Simbolo	Unità di misura	Riferimenti per il calcolo
Climatizzazione invernale	Energia termica utile per il riscaldamento	$Q_{H,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.2
	Energia termica per l'umidificazione	$Q_{H,um,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.3
	Rendimento medio stagionale	η_H	[-]	UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4
	Energia primaria	$E_{P,H}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4
Acqua calda sanitaria	Energia termica utile	$Q_{W,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2
	Rendimento medio annuo	η_W	[-]	UNI/TS 11300-2
	Energia primaria	$E_{P,W}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2 UNI/TS 11300-4
Ventilazione	Portata d'aria per ventilazione meccanica	$q_{ve} * FC_{ve}$	[m ³ /s]	UNI/TS 11300-1 punto 12.3.2
	Temperatura immissione aria	θ_{sup}	[°C]	UNI/TS 11300-1 punto 12.3.2
	Frazione temporale con ventilazione meccanica funzionale	β	[-]	UNI/TS 11300-1 punto 12.3.2
	Energia primaria	$E_{P,V}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2
Climatizzazione estiva	Energia termica utile per il raffrescamento	$Q_{C,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.2
	Energia termica utile per la deumidificazione	$Q_{C,dum,nd}$	[kWh]	UNI/TS 11300-1 punto 5.3
	Rendimento medio stagionale	η_C	[-]	UNI/TS 11300-3
	Energia primaria	$E_{P,C}$	[kWh]	UNI/TS 11300-3
Illuminazione	Energia primaria	$E_{P,L}$	[kWh]	UNI/TS 11300-2

33

Le applicazioni principali sono:

- il confronto delle prestazioni energetiche di più edifici
- valutare un intervento di efficientemente energetico sull'esistente, calcolando il fabbisogno prima e dopo l'intervento
- il calcolo per il rispetto di obiettivi energetici di determinati regolamenti

- determinare, sull'esistente, il livello di prestazione energetica
- calcolare i fabbisogni di energia di un parco edilizio su scala nazionale o internazionale

Se si fa riferimento a edifici interi si fa riferimento alla tabella estrapolata dalla UNI EN 15603 (Tabella 34) :

Tipo di valutazione		Dati di ingresso		
		Uso	Clima	Edificio
A1	Sul progetto (Design Rating)	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard (Asset Rating)	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all'utenza (Tailored Rating)	In funzione dello scopo		Reale

34

I requisiti di prestazione energetica alla climatizzazione si distinguono tra:

- prestazione termica fabbricato, energia termica utile per riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e raffrescamento ($Q_{C,nd}$);
- prestazione termica edificio, energia primaria per la climatizzazione estiva ($E_{P,C}$) e invernale ($E_{P,H}$).

La norma tecnica 11300 definisce l'applicazione della UNI EN ISO 13790:2008 per il calcolo mensile dei fabbisogni di energia per il riscaldamento ($Q_{H,nd}$) e il raffrescamento ($Q_{C,nd}$), inoltre specifica il metodo per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per umidificazione ($Q_{H,hum,nd}$) e deumidificazione ($Q_{C,hum,nd}$).

8.2.2 - L'algoritmo di calcolo ed i dati di input e output

Come precedentemente spiegato, la UNI/TS 11300, permette di calcolare i valori relativi il fabbisogno di riscaldamento ed il fabbisogno di raffrescamento, ed è possibile ottenereli mediante l'impiego di specifici dati di input. In questo caso vengono analizzati entrambi i bilanci perchè calcolati in modo differente, infatti cambiano i dati di input, a differenza del metodo di calcolo di CasaClima che inverte solamente i termini degli apporti con quelli delle dispersioni.

- Calcolo del fabbisogno di riscaldamento

Il fabbisogno di riscaldamento viene calcolato per ogni zona e con caden-

Tabella 34
Tabella riportante il tipo di valutazione in base alla tipologia di edificio

sa mensile

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} * (Q_{int} + Q_{sol,w}) \text{ [kWh]}$$

dove:

$Q_{H,tr}$ = Perdite per trasmissione [kWh]

$Q_{H,ve}$ = Perdite per ventilazione [kWh]

$\eta_{H,gn}$ = Grado di utilizzo degli apporti [-]

Q_{int} = Apporti interni [kWh]

$Q_{sol,w}$ = Apporti solari [kWh]

- Perdite per trasmissione

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} * (\theta_{int,set,H} - \theta_e) * t + [\sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} [* t +] (1 - b_{tr,l}) F_{r,l} \Phi_{r,mn,u,l}] * t - Q_{sol,op} \text{ [kWh]}$$

dove:

$H_{tr,adj}$ = coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata [W/K]

$\theta_{int,set,H}$ = è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento [°C]

θ_e = temperatura media esterna del mese [°C]

$F_{r,k}$ = fattore di forma tra il componente edilizio e la volta celeste [-]

$\Phi_{r,mn,k}$ = extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio [W]

t = durata del mese considerato [h]

$b_{tr,l}$ = fattore di riduzione delle dispersioni [-]

$Q_{sol,op}$ = apporti solari incidenti sulla superficie opaca [kWh]

Coefficiente di scambio termico per trasmissione dell'edificio

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \text{ [W/K]}$$

$$H_D = \sum_i A_i * U_i + \sum_k l_k * \psi_k + \sum_j X_j \text{ [W/K]}$$

dove:

A_i = area dell'elemento disperdente [m²]

U_i = trasmittanza dell'elemento disperdente [W/m²K]

l_k = lunghezza lineare del ponte termico [m]

ψ_k = trasmittanza del ponte termico [W/m²K]

χ_j = trasmittanza di un punto del ponte termico [W/m²K]

-Perdite per ventilazione

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} * (\theta_{int,set,H} - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

dove:

$H_{ve,adj}$ = coefficiente di scambio termico per ventilazione della zona considerata [W/K]

$\theta_{int,set,H}$ = è la temperatura interna di regolazione per il riscaldamento [°C]

θ_e = temperatura media esterna del mese [°C]

t = durata del mese considerato [h]

Coefficiente di scambio termico per ventilazione dell'edificio

$$H_{ve,adj} = \rho_a * c_a * [\sum_k b_{ve,k} * q_{ve,k,mn}] \text{ [W/K]}$$

dove:

$\rho_a * c_a$ = capacità termica dell'aria, pari a 1200 J/(m³*K) [kg/m³]

$b_{ve,k}$ = fattore di correzione dell'aria per ventilazione naturale [-]

$q_{ve,k,mn}$ = portata media del flusso d'aria [m³/s]

-Apporti interni

$$Q_{int} = [\sum_k \Phi_{int,mn,k} * t + \sum_{l(1-b_{tr,l})} \Phi_{int,mn,u,l}] * t \text{ [kWh]}$$

dove:

$\Phi_{int,mn,k}$ = flusso termico prodotto dalla sorgente di calore interna mediato sul tempo [W]

t = durata del mese considerato [h]

$b_{tr,l}$ = fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato con sorgente di calore interna [-]

$\Phi_{int,mn,u,l}$ = flusso termico prodotto dalla sorgente di calore nell'ambiente non climatizzato adiacente [W]

-Apporti solari

$$Q_{sol,w} = [\sum_k \phi_{sol,w,mn,k}] * t + \sum_j Q_{sd,w,j} \text{ [kWh]}$$

dove:

$\Phi_{sol,w,mn,k}$ = flusso termico solare mediato sul tempo [W]

t = durata del mese considerato [h]

$Q_{sd,w,j}$ = apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare che attraversano le superfici trasparenti [KWh]

- Calcolo del fabbisogno di raffrescamento

Il fabbisogno termico per il raffrescamento viene calcolato per ogni zona dell'edificio e per ogni mese

$$Q_{C,nd} = (Q_{int} + Q_{sol,w}) - \eta_{C,ls} * (Q_{C,tr} + Q_{C,ve}) \text{ [KWh]}$$

dove:

Q_{int} = Apporti interni [KWh]

$Q_{sol,w}$ = Apporti solari [KWh]

$\eta_{C,ls}$ = Grado di utilizzo delle dispersioni [-]

$Q_{C,tr}$ = Scambio termico per trasmissione [KWh]

$Q_{C,ve}$ = Scambio di calore per ventilazione [KWh]

- Scambio termico per trasmissione

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} * (\theta_{int,set,C} - \theta_e) * t + [\sum_k Fr_{r,k} \Phi_{r,mn,k} [* t +] \sum_l (1 - b_{tr,l}) Fr_{l,\Phi_{r,mn,u,l}}] * t - Q_{sol,op} \text{ [KWh]}$$

dove:

$H_{tr,adj}$ = coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata [W/K]

$\theta_{int,set,C}$ = è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento [W]

θ_e = temperatura media esterna del mese [Ms]

$F_{r,k}$ = fattore di forma tra il componente edilizio era volta celeste [-]

$\Phi_{r,mn,k}$ = extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio [W]

t = durata del mese considerato [h]

$b_{tr,l}$ = fattore di riduzione delle dispersioni [-]

$Q_{sol,op}$ = apporti solari incidenti sulla superficie opaca [KWh]

Coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona considerata

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A \text{ [W/K]}$$

$$H_D = \sum_i A_i * U_i + \sum_k l_k * \psi_k + \sum_j X_j \text{ [W/K]}$$

dove:

A_i = area dell'elemento disperdente [m²]

U_i = trasmittanza dell'elemento disperdente [W/m²K]

l_k = lunghezza lineare del ponte termico

ψ_k = trasmittanza del ponte termico

X_j = trasmittanza di un punto del ponte termico

-Perdite per ventilazione

$$Q_{C,ve} = H_{ve,adj} * (\theta_{int,set,H} - \theta_e) * t \text{ [kWh]}$$

dove:

$H_{ve,adj}$ = coefficiente di scambio termico per ventilazione della zona considerata [W/K]

$\theta_{int,set,H}$ = è la temperatura interna di regolazione per il raffrescamento [°C]

θ_e = temperatura media esterna del mese [°C]

t = durata del mese considerato [h]

Coefficiente di scambio termico per ventilazione della zona considerata

$$H_{ve,adj} = \rho_a * c_a * [\sum_k b_{ve,k} * q_{ve,k,mn}] \text{ [W/K]}$$

dove:

$\rho_a * c_a$ = capacità termica dell'aria, pari a 1200 J/(m³*K) [kg/m³]

$b_{ve,k}$ = fattore di correzione dell'aria per ventilazione naturale [-]

$q_{ve,k,mn}$ = portata media del flusso d'aria [m³/s]

-Apporti interni

$$Q_{int} = [\sum_k \Phi_{int,mn,k} * t + \sum_l (1 - b_{tr,l}) * \Phi_{int,mn,u,l}] * t \text{ [kWh]}$$

dove:

$\Phi_{int,mn,k}$ = flusso termico prodotto dalla sorgente di calore interna mediato

sul tempo [W]

t = durata del mese considerato [h]

$b_{tr,l}$ = fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato con sorgente di calore interna [-]

$\Phi_{int,mn,u,l}$ = flusso termico prodotto dalla sorgente di calore nell'ambiente non climatizzato adiacente [W]

-Apporti solari

$$Q_{sol,w} = [\sum_k \Phi_{sol,w,mn,k} [^* t +]] Q_{sd,w,j} \text{ [kWh]}$$

dove:

$\Phi_{sol,w,mn,k}$ = flusso termico solare mediato sul tempo [W]

t = durata del mese considerato [h]

$Q_{sd,w,j}$ = apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare che attraversano le superfici trasparenti [kWh]

8.2 - Confronto tra i due modelli di calcolo

In seguito all'analisi eseguita sui bilanci principali di UNI/TS 11300 e CasaClima, è possibile evidenziare le differenze che sussistono tra le due.

È possibile notare come i principali bilanci siano pressochè simili, ma si differenziano per alcuni coefficienti interni al calcolo, che cambiano però il risultato finale.

L'analisi effettuata ha permesso di comprendere le cause che portano ad differenti risultati tra le due metodologie e che l'Agenzia CasaClima utilizza un metodo di calcolo semplificato.

All'interno della Tabella 35 sono riportati i singoli bilanci con i relativi coefficienti e descritte le differenze che sussistono tra di essi.

	UNI TS 11300	CasaClima
Fabbisogno di riscaldamento	$Q_{H,nd}=(Q_{H,tr}+Q_{H,ve})-\eta_{H,gn}*(Q_{int}+Q_{sol,w})$	$Q_{H,nd}=(Q_{H,tr}+Q_{H,ve})-\eta_{H,gn}*(Q_{int}+Q_{sol,w})-Q_{rec}$
	I due bilanci sono simili in quanto considerano le perdite per trasmissione, ventilazione e gli apporti solari e interni aggiustati per il fattore di utilizzazione, ma CasaClima considera anche l'energia recuperata	
Perdite per trasmissione	$Q_{H,tr}=H_{tr,adj}*(\theta_{int,set,H}-\theta_e)*t+\sum_k F_{r,k}$ $\phi_{r,mn,k} \{ *t+\sum(1-b_{tr,l}) F_{r,l} \phi_{r,mn,u,l} \} *t-$ $Q_{sol,op}$	$Q_T = 0,024 * L_T * HGT$
	Entrambi i bilanci tengono conto del coefficiente di scambio termico degli elementi costruttivi moltiplicandolo per i gradi giorno mensili, la 11300, inoltre vi aggiunge lo scambio termico per irraggiamento verso la volta celeste	
Coefficiente scambio termico per trasmissione edificio	$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A$	
	Il coefficiente è composto dalle dispersioni verso esterno, vano non riscaldato e terreno	
Perdite per ventilazione	$Q_{H,ve}=H_{ve,adj}*(\theta_{int,set,H}-\theta_e)*t$	$Q_V = 0,024 * L_V * HGT$
	I due bilanci sono uguali ma utilizzano semplicemente una nomenclatura differente	
Coefficiente di scambio termico per ventilazione	$H_{ve,adj}=\rho_a * C_a * \sum_k b_{ve,k} * q_{ve,k,mn} \}$	$L_V = \rho_a * C_a * \sum V_n * n$
	I bilanci sono uguali ma nella UNI TS 11300 il valore q_{ve} varia a seconda del tipo di ventilazione, mentre per CasaClima viene intesa come ventilazione meccanica	
Apporti termici interni	$Q_{int}=\sum_k \phi_{int,mn,k} \{ *t+\sum(1-b_{tr,l}) * \phi_{int,mn,u,l} \} *t$	$Q_i = 0,024 * q_i * NGF_B * HT$
	La normativa calcola gli apporti mediati sul tempo, mentre CasaClima moltiplica in base alla destinazione d'uso i metri quadri del piano per i giorni in cui è necessario riscaldare	
Apporti termici solari	$Q_{sol,w} = \sum_k \phi_{sol,w,mn,k} \{ *t+\sum_j Q_{sd,w,j} \}$	$Q_s = \sum_l l_j * (\sum A_g * f_{sh} * g_w)_j$
	Gli apporti solari sono calcolati nella medesima maniera	
Fabbisogno di raffrescamento	$Q_{C,nd}=(Q_{int}+Q_{sol,w})-\eta_{C,ls}*(Q_{C,tr}+Q_{C,ve})$	
	Il fabbisogno di raffrescamento si calcola con la stessa modalità, i bilanci che si utilizzano si possono riprendere dal fabbisogno di riscaldamento e portati nel periodo estivo	

Tabella 35
Tabella di confronto diretto tra le due metodologie di calcolo analizzate

9 - La prestazione energetica dell'edificio in progetto

Durante le fasi progettuali sono state effettuate continue verifiche con entrambi i modelli di calcolo, in modo tale da guidare la progettazione verso la classe energetica ambita, ovvero Classe CasaClima GOLD, per l'Agenzia CasaClima, e Classe A4 per la normativa nazionale.

Per utilizzare i due metodi di calcolo, sono stati sfruttati software differenti, nello specifico Termolog per il metodo UNI/TS 11300, ed un modello Excel per il metodo CasaClima.

In seguito verranno analizzati i due metodi di calcolo e successivamente confrontati in modo tale da comprendere come la differenza di calcolo dei bilanci abbia influenzato il risultato finale.

- Metodo di calcolo CasaClima

L'Agenzia CasaClima mette a disposizione sul proprio sito il software gratuito ProCasaClima che permette di valutare l'efficienza energetica degli edifici secondo i requisiti delle Direttive europee UE 2010/31 e 2012/27, esso permette di valutare le costruzioni sotto l'aspetto energetico, economico e ambientale.

Il file di calcolo è di facile fruizione in quanto si utilizza sul programma Office Microsoft Excel, all'apertura si presenta come un normale foglio di calcolo su cui il professionista viene guidato all'inserimento dei dati relativi al progetto edilizio da valutare, che riguardano l'involucro, la ventilazione meccanica e gli impianti di riscaldamento e raffrescamento.

- Metodo di calcolo UNI/TS 11300

Per il metodo di calcolo della normativa nazionale, è stato utilizzato il software Termolg, che consente di calcolare la classe energetica di un edificio mediante l'inserimento di tutti i dati di progetto.

Il software guida la compilazione attraverso specifici ambiti ovvero le zone termiche, le strutture, l'involucro, la climatizzazione invernale ed estiva, ACS ed i generatori, per concludere poi con il calcolo e la diagnosi.

9.1 - Calcolo eseguito con CasaClima

CasaClima sfrutta un metodo tabellare, da utilizzare mediante l'ausilio del software Excel, per ottenere la Classe CasaClima dell'edificio oggetto d'esame.

Il software permette di ottenere i valori specifici del fabbisogno di riscaldamento, del fabbisogno di raffrescamento e delle emissioni di CO₂ dell'edificio, ed è possibile inserendo all'interno del software i vari dati di progetto dell'involucro e dell'impianto.

L'Agenzia CasaClima effettua tutti i calcoli sulla base delle dimensioni dell'edificio riscaldato, per cui è stato inserito come primo dato la misura della superficie utile lorda riscaldata ed il volume lordo riscaldato dell'edificio.

Dal momento che, ai fini della certificazione, è importante specificare i dati climatici, sono stati inseriti anch'essi, scegliendo Torino come provincia e comune.

L'Agenzia CasaClima richiede un'ulteriore verifica ai fini della certificazione energetica, ovvero il Blower Door Test, e come da normativa il valore da imporre in fase di calcolo è pari a 0,5 volumi orari per il ricambio dell'aria interna. (figura 97)

Dati dell'oggetto			
Oggetto:	0		
	0		
Destinazione d'uso dell'edificio	E.1 (1) Edificio uni o bifamiliare / Unità abitativa		
Tipo di costruzione:	costruzione media		
Tipo di intervento	Nuovo edificio		
Superficie utile lorda riscaldata [m ²]	BGF _B =	171	
Superficie utile netta riscaldata [m ²] (opzionale)	NGF _B =	142	
Volume lordo riscaldato dell'edificio [m ³]	V _B =	643	
Volume netto riscaldato dell'edificio [m ³] (opzionale)	V _N =	482	
numero di persone nell'edificio	Pers =	4	
dati climatici		dati climatici italiani	
Provincia	Torino		
Comune	Torino		
Altitudine [m] / Differenza di altitudine rispetto al municipio [m]	239	0	
Zona climatica	E		
2° Provincia vicina (NO per i comuni dell' Alto Adige, del Friuli e User)	Cuneo		
posizione del Comune (Lat/Lon) in valore decimale	44,3983	7,5464	
distanza dalla stazione meteo del capoluogo di Provincia [m]			62.596
distanza dalla stazione meteo del 2° capoluogo di Provincia [m]			7.236
calcolo dati climatici		Clima calcolo - Berechnung	
Blower door test	n ₅₀ =	0,50	vol/h

Figura 97
Stralcio della tabella di calcolo CasaClima, sezione: Dati dell'oggetto

Figura 98
Stralcio della tabella di calcolo CasaClima, sezione: Ventilazione

Sapendo che i volumi di ricambio aria sono richiesti pari a 0,5 vol/h, considerato che il volume netto riscaldato è pari a 482 m³, è possibile scegliere la macchina per la ventilazione meccanica che consenta un volume di ricambio d'aria orario leggermente superiore a 240 m³/h. (figura 98)

Impianto di ventilazione			
Oggetto:	0	Q_h = 10 kWh/m²a	Nature 505 points
	0	Q_{c,sens} = 1 kWh/m²a	CO₂ = 2 kg/m²a

ventilazione notturna		(scegliere "chiuso" per la certificazione)	
ventilazione notturna		chiuso	▼
aperture			▼
indice di ricambio d'aria	n =	0,00	1/h

apparecchio di ventilazione 1		Marca e modello: Zehnder / ComfoAir Q 350 D TR HRV		VMC +	VMC -
numero di apparecchi	1	utilizzo	invernale ed estivo con bypass ▼		
portata d'aria esterna totale	q _{v,e} =	245	m ³ /h		
efficienza termica del recuperatore di calore - inverno	η _{ti,d} =	93	%		
efficienza termica del recuperatore di calore - estate	η _{te,d} =	50	%		
efficienza igrometrica del recuperatore di calore - inverno	η _{xi,d} =	0	%		
assorbimento elettrico specifico	SFP _d =	0,18	Wh/m ³		
volume ventilato	V _N =	482	m ³		
tempo di servizio giornaliero	t _B =	24	h/d		
indice di ricambio d'aria fittizio - inverno	n =	0,08	1/h		
indice di ricambio d'aria fittizio - estate	n =	0,62	1/h		

98

In questo modo è possibile progettare un impianto di ventilazione che, in base ai dati di progetto, consenta di soddisfare i limiti imposti da CasaClima per il Blower Door Test, dato da verificare ad edificio concluso per poter assegnare la certificazione.

Per calcolare le superfici disperdenti che influenzano il fabbisogno di riscaldamento e di raffrescamento, è necessario specificare i vari elementi confinanti con l'ambiente esterno o ambienti non riscaldati, specificandone la stratigrafia, in modo tale da ottenere i valori di trasmittanza necessari per la verifica dell'involucro. (figura 99)

Figura 99
Stralcio della tabella di calcolo CasaClima, sezione: Valori caratteristici, esempio dell'elemento costruttivo parete esterna

Valori caratteristici degli elementi costruttivi											RISULTATI					
Oggetto:	0															
Parete vs esterno											parete esterna non ventilata ▼					
Elenco materiali																
Nr.	ID	materiale	λ	ρ	c	μ	τ	tempo d'utilizzo	GWP	processo	AP	PEI	certificato	regionale		
			W/mK	kg/m ³	kJ/kgK	-	kg/kg	anni	kg CO ₂ e/kg	kg CO ₂ e/kg	kg SO ₂ e/kg	MWh/kg			Bonus	Nature
1	+	31 intonaco di calce-cemento λ = 0,8	0,8	1800	1,13	25	0,02	50	0,16	0,16	0,0004	1,4				
2	+	79 mattoni forati porizzato λ = 0,14	0,140	800	0,92	5	0,04	100	0,18	0,18	0,0005	2,3				
3	+	125 barriera al vapore a base bituminosa con alluminio	0,230	1247	1	1000	0,01	25	1,58	1,61	0,0087	51,2				
4	+	215 lami di vetro per cappotto λ = 0,039	0,039	80	1,03	1	0,01	50	2,45	2,45	0,0153	45,2				
5	+															
6	+															
7	+															
8	+															
9	+															
10	+															
11	+															
12	+															
13	+															

Q_h [kWh/m²a] 10

Q_{c,sens} [kWh/m²a] 1

Nature [points] 505

CO₂ [kgCO₂/m²a] 2

Trasmittanza termica - U [W/m²K] 0,13

Capacità termica interna - xi [kJ/m²K] 40

Capacità termica esterna - xi_e [kJ/m²K] 24

Trasmittanza termica periodica - Y12 [W/m²K] 0,09

Sfasamento - Δt [h] 21,5

Ammettenza interna - Y11 [W/m²K] 2,52

Fattore di attenuazione - f [-] 0,02

Fattore di smorzamento [-] 0,63

Msurf [kg/m²] 4,42



99

Dopo aver inserito tutti i dati specifici delle varie strutture disperdenti, è necessario inserire i vari elementi confinanti con l'esterno che verranno suddivisi in base all'orientamento, specificandone l'area lorda, il grado di assorbimento ed il coefficiente di emissione infrarossa. (figura 100)

Elementi costruttivi verso esterno										
Oggetto: 0										
0										
vert. = 90°, orr. = 0°										
elemento costruttivo										
elemento costruttivo	denominazione	elemento costruttivo	area lorda m²	orientamento	inclinazione rispetto all'orizzontale	grado di assorbimento	coefficiente di emissione infrarossa	ombreggiatura solare invernale	ombreggiatura solare estiva	ombreggiatura cielo
1	Parete sud	Parete vs esterno	64.80	Sud	90	0.30	0.93	1.00	1.00	1.00
2	Parete nord	Parete vs esterno	64.80	Nord	90	0.30	0.93	1.00	1.00	1.00
3	Parete est	Parete vs esterno	49.40	Est	90	0.30	0.93	1.00	1.00	1.00
4	Parete ovest	Parete vs esterno	49.40	Ovest	90	0.30	0.93	1.00	1.00	1.00
5	Tetto sud	Tetto	51.60	Sud	21	0.60	0.93	1.00	1.00	1.00
6	Tetto nord	Tetto	51.60	Nord	21	0.60	0.93	1.00	1.00	1.00
7								1.00	1.00	1.00
8								1.00	1.00	1.00
9								1.00	1.00	1.00
10								1.00	1.00	1.00
11								1.00	1.00	1.00
12								1.00	1.00	1.00
13								1.00	1.00	1.00
14								1.00	1.00	1.00
15								1.00	1.00	1.00

100

Come per gli elementi confinanti con l'esterno, è necessario specificare quale elemento sia confinante con l'ambiente non riscaldato, indicando anche in questo caso l'area lorda.

Successivamente sono stati inseriti i dati relativi le finestre, con i valori di trasmittanza specifici di ogni elemento costituente l'infisso, e specificando quantità e tipologia di finestra inserita su ogni elemento costruttivo. (figura 101)

finestre											
Oggetto: Qh = 10 kWh/mq, Nature 505 points, Qc,sens = 1 kWh/mq, CO2 = 2 kg/m²a											
vetro	ID	vetro	quantità di ante	fattore solare "g"	Ug W/m²K						
G1	+	-	9	triplo vetro isolante, coating 2xIR, gas Argon (4+16Ar+4+16Ar+4)	1	0.50	0.6				
G2	+	-	9	triplo vetro isolante, coating 2xIR, gas Argon (4+16Ar+4+16Ar+4)	2	0.50	0.6				
telaio	ID	telaio	larghezza visibile del telaio [cm]	larghezza non visibile del telaio [cm]	Uf W/m²K						
F1	+	-	22	legno-alluminio con purente-PU (standard casa passiva)	10,00		0.8				
F2	+	-									
F3	+	-									
F4	+	-									
distanziatore	ID	distanziatore					Vv W/mK				
S1	+	-	58	acciaio inox 16 mm, telaio in legno o PVC, doppio/triplo vetro isolante			0.06				
Uw secondo DoP [W/m²K]	descrizione	quantità	vetro	telaio	distanziatore	in elemento costruttivo	larghezza	altezza	orientamento		
0,6	Portafin sud	2	G2	F1	S1	Parete sud	2,10	2,30	Sud		
0,6	Vetrata	1	G1	F1	S1	Parete sud	2,10	2,30	Sud		
0,6	Finestra	1	G1	F1	S1	Parete est	1,00	1,30	Est		
0,6	Portafin dop	2	G2	F1	S1	Parete est	2,00	2,30	Est		
0,6	Portafin sing	1	G1	F1	S1	Parete est	1,00	2,30	Est		
0,6	Finestra	1	G1	F1	S1	Parete ovest	1,00	1,30	Ovest		
0,6	Portafin dop	2	G2	F1	S1	Parete ovest	2,00	2,30	Ovest		
0,6	Portafin sing	1	G1	F1	S1	Parete ovest	1,00	2,30	Ovest		
0,6	Finestra	1	G1	F1	S1	Parete nord	0,70	1,10	Nord		

101

Specificando l'elemento costruttivo su cui è inserita la finestra, il software

Figura 100
Stralcio della tabella di calcolo CasaClima, sezione: Elementi costruttivi verso l'esterno

Figura 101
Stralcio della tabella di calcolo CasaClima, sezione: Finestre

rimuove l'area netta dell'infisso dall'area lorda della parete su cui è applicata, in modo tale da ottenere l'area netta della superficie opaca.

All'interno dei serramenti CasaClima richiede di inserire anche il portoncino d'accesso che, anche in questo caso, viene automaticamente rimosso dalla parete cui appartiene.

Il software, permette di inserire anche l'ombreggiatura, specificando per ogni elemento finestrato il tipo di schermatura mobile e, se presente, l'ombreggiamento.

Terminati i vari aspetti legati all'involucro, è possibile proseguire nell'ambito impiantistico inserendo i dati progettuali per il riscaldamento di acqua calda sanitaria, riscaldamento, raffrescamento ed i pannelli solari e fotovoltaici.

Nell'ambito dell'ACS il software richiede di specificare solamente i dati relativi al sistema di accumulo, scelto in base al fabbisogno richiesto, e di inserire poi nell'ambito del riscaldamento il generatore che soddisfi il fabbisogno di ACS e riscaldamento

Successivamente è necessario specificare il sistema di raffrescamento, scegliendo un sottosistema di produzione composto da refrigeratori elettrici.

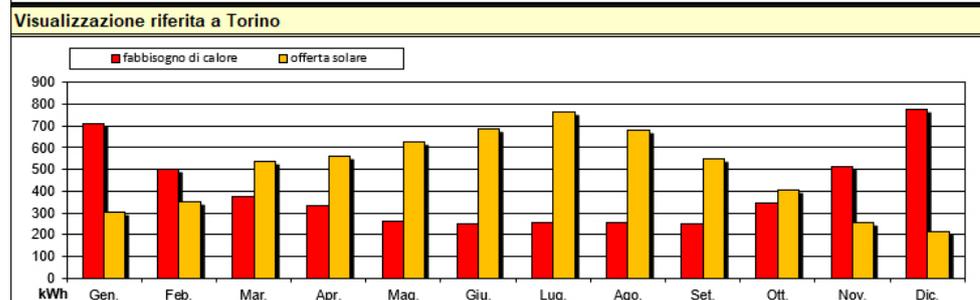
Come ultimo elemento sono stati immessi i valori relativi l'impianto solare termico ed il fotovoltaico, specificando il tipo di pannelli utilizzato e la metratura utilizzata, il software fornisce un immediato grafico con il rapporto tra il fabbisogno richiesto e l'offerta solare ottenuta mediante l'impiego dell'impianto solare termico, specificandone anche la percentuale di copertura.

Lo stesso grafico viene prodotto per l'impianto fotovoltaico, indicando però al suo interno il quantitativo di energia prodotta, importata ed esportata.

(Figura 102)

Figura 102
Stralcio della tabella di calcolo CasaClima, sezione: Finestre

	Torino	Torino
grado di copertura	GRcp = 72%	66%
grado di utilizzo	GRut = 58%	59%
produzione di energia termica per acqua calda sanitaria	Q _{sol,w} = 3.057	3.056 kWh/a
produzione di energia termica per riscaldamento	Q _{sol,h} = 400	424 kWh/a
produzione di energia termica totale	Q _{sol} = 3.457	3.480 kWh/a



102

9.2 - Calcolo eseguito con UNI/TS 11300

Per la definizione della prestazione energetica di Casa Umwelt, secondo la normativa nazionale, è stato utilizzato il software Termolog, che consente di calcolare la classe energetica di un edificio mediante l'inserimento di tutti i dati di progetto.

Il software guida la compilazione attraverso specifici ambiti ovvero le zone termiche, le strutture, l'involucro, la climatizzazione invernale ed estiva, ACS ed i generatori, per concludere poi con il calcolo e la diagnosi.

La compilazione è guidata dalla struttura stessa del programma, che inizialmente permette di inserire la localizzazione dell'edificio, per calcolare i dati climatici, e la tipologia dell'impianto di riscaldamento, raffrescamento e ACS, specificando anche la presenza o meno del sistema di ventilazione. Essendo Termolog un programma utilizzato per l'attestato di certificazione energetica, è richiesto anche di specificare la normativa di riferimento, nel caso specifico di Casa Umwelt è stata selezionata "La normativa NAZIONALE: L 90/2013 - D.M. Requisiti Minimi". (figura 103)

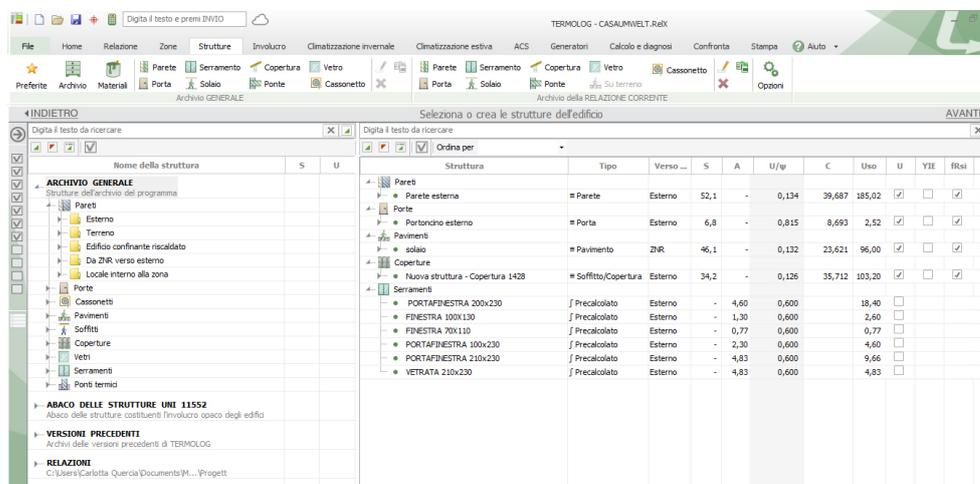
Figura 103
Schermata iniziale Termolog

103

Successivamente vanno specificate le zone presenti all'interno dell'edificio, nello specifico è stata realizzata un'unica zona termica con un volume netto riscaldato pari a 592,3 m³ ed indicata la presenza di ventilazione meccanica.

Nell'ambito delle strutture sono stati indicati i vari elementi disperdenti dell'involucro, come le partizioni verticali, orizzontali ed i serramenti, specificando per ognuno stratigrafia e trasmittanza (figura 104); Termolog permette anche di verificare se l'elemento possiede o meno il fenomeno di condensa.

Figura 104
Schermata della sezione
"Strutture" di Termolog

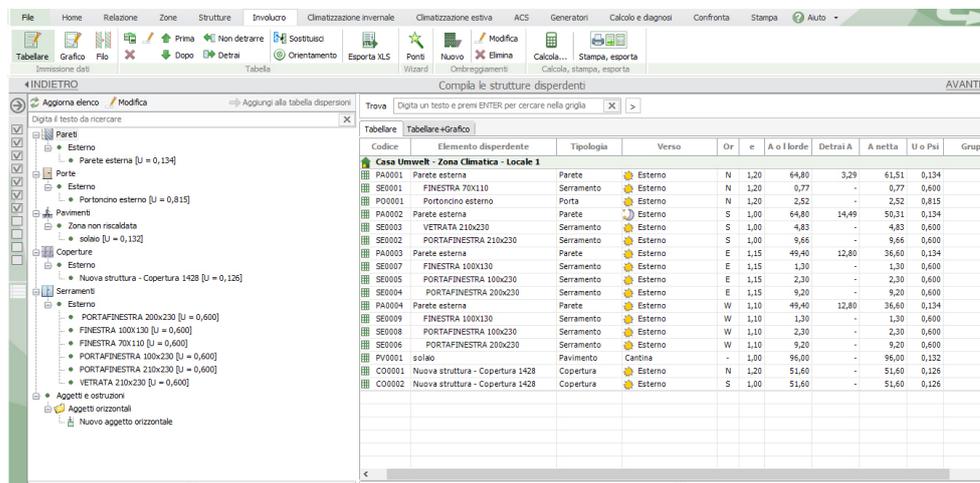


104

I dati di input dell'involucro sono stati inseriti sfruttando la modalità "Tabellare" in modo tale da avere un maggiore controllo sulla geometria ed avere la certezza della corrispondenza dei dati tra i due software.

Come nel caso del calcolo effettuato con CasaClima, è necessario indicare l'area lorda di tutte le superfici disperdenti dell'involucro opaco, alla quale verranno sottratte le aree lorde dei serramenti. (Figura 105)

Figura 105
Schermata della sezione
"Involucro" di Termolog



105

Dopo aver impostato tutte le superfici disperdenti, i serramenti ed i relativi ombreggiamenti, è possibile inserire i dati relativi l'impianto, dove verrà impostata la tipologia di terminale di emissione, nel caso ci Casa Umwelt, pannelli annegati a pavimento, e la potenza del terminale di emissioni impostate in base al dimensionamento precalcolato dal software in base all'involucro.

Il medesimo procedimento è stato eseguito per quanto riguarda la climatizzazione estiva, anche in questo caso il terminale di erogazione scelto sono i pannelli annegati a pavimento, anch'essi possiedono il terminale di emissione dimensionato in base all'involucro.

Nell'ultima fase vengono impostati i sistemi di generazione per ACS, raffrescamento e riscaldamento, specificando, ove necessario, il sistema d'accumulo dei vari impianti; inoltre è possibile inserire i sistemi impiantistici dei pannelli solari e dei pannelli fotovoltaici.

Terminato l'inserimento dei dati di input verrà avviato il calcolo che permetterà di ottenere la Classe energetica specificando il valore dell'energia primaria globale non rinnovabile. (figura 106)

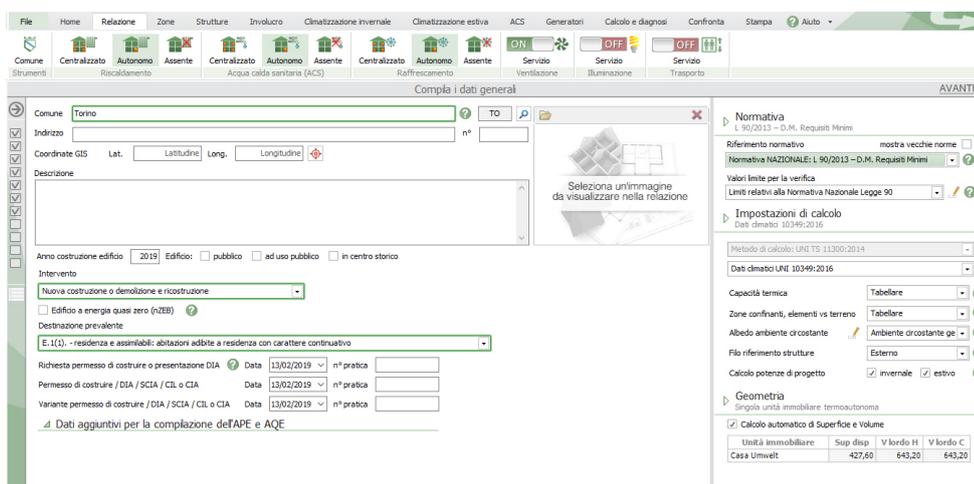


Figura 106
Schermata della sezione "Calcolo e diagnosi" di Termolog

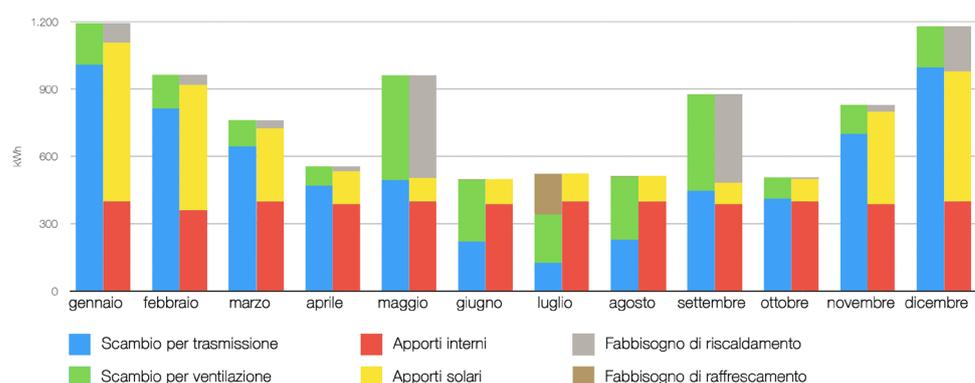
9.3 - Confronto ed analisi critica dei risultati

Dopo aver spiegato e mostrato nelle precedenti sezioni i metodi e le procedure di calcolo di entrambi i modelli, in questa parte verranno mostrati i risultati del calcolo dei vari valori richieste.

Alcuni grafici saranno comparativi mentre altri saranno propri di un solo metodo in quanto la controparte non fornisce lo stesso tipo di risultato, in generale il software ProCasaClima non rappresenta la stessa quantità di dati specifici, ma piuttosto dati sulle emissioni di CO₂, necessarie alla certificazione CasaClima.

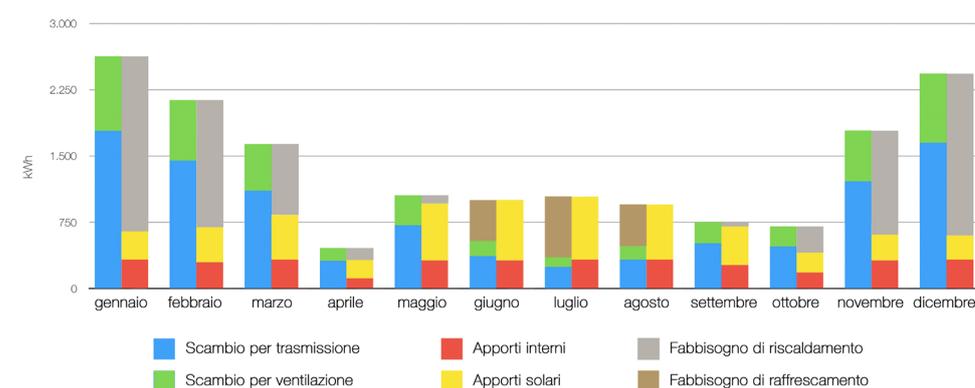
I grafici seguenti, nell'ordine CasaClima (Figura 107) e UNI/TS 11300 (Figura 108), rappresentano gli scambi di energia termica dell'involucro edilizio su base mensile.

Figura 107
Grafico degli scambi termici calcolati da CasaClima



107

Figura 108
Grafico degli scambi termici calcolati da Terno-log



108

È possibile notare che il metodo di calcolo UNI/TS 11300 distribuisce con uniformità il fabbisogno di riscaldamento nel periodo previsto dalla legge, da ottobre ad aprile, e quello di raffreddamento per i mesi restanti, ovvero da aprile a ottobre.

Il calcolo effettuato utilizzando le formule fornite dall'Agenzia CasaClima, che si rifà alla Delibera 362 del 4 marzo 2013 n. 362 della Provincia di Bolzano, apparentemente ha una distribuzione coerente con quella fornita dalla normativa, ma il foglio di calcolo, nei mesi di marzo e settembre, considera un valore elevato nell'ambito delle perdite di calore per ventilazione. Il motivo per cui si registra questa differenza, considerata un'anomalia nell'ambito della normativa, è che CasaClima aggiusta il valore delle perdite per ventilazione, mediante il termine del recuperatore di calore, tant'è che nella fase di calcolo mediante Termolog, questo dato non è stato richiesto. Considerando che l'input dei dati è avvenuto mediante metodo tabellare, le differenze che sussistono tra i due risultati sono frutto dei differenti approcci di calcolo.

Analizzando nello specifico i valori relativi le dispersione di energia termica, suddivisi per trasmissione e ventilazione (Figura 109), è possibile notare che la proporzione tra due dispersioni rimane costante, registrando però valori calcolati da CasaClima inferiori, questo presumibilmente è dato dal diverso approccio dalle due metodologie nei confronti del calcolo delle perdite per trasmissione; CasaClima all'interno del bilancio ignora la componente della dispersione verso la volta celeste, considerata invece dalla normativa.

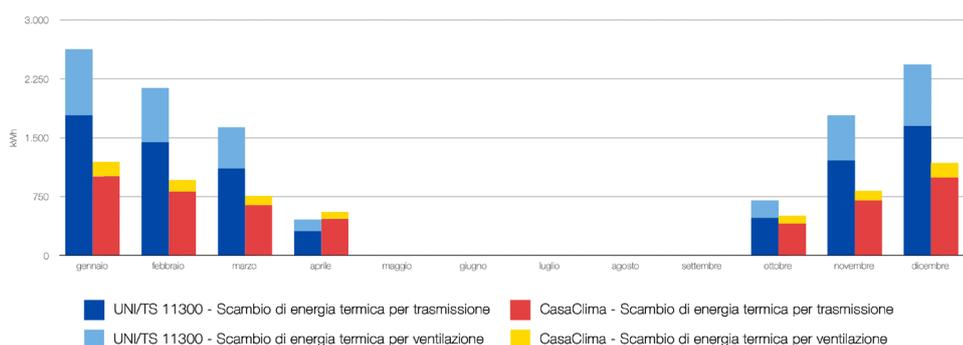


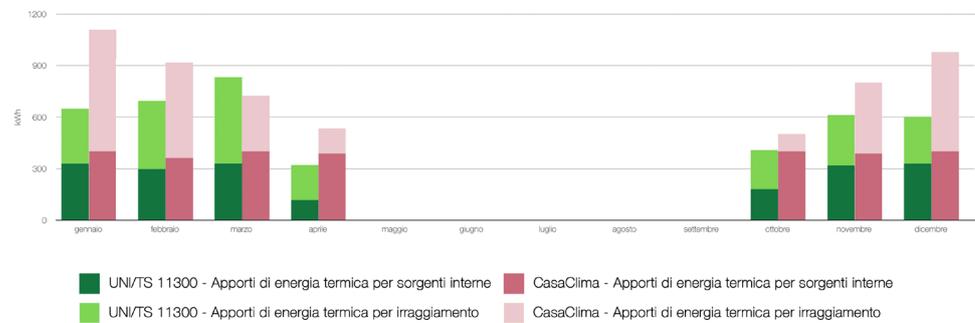
Figura 109
 Grafico delle perdite di energia termica nel periodo di riscaldamento per i due metodi di calcolo

109

Passando all'analisi degli apporti interni e solari, considerati come nel caso precedente nel periodo di riscaldamento, si denota una costante proporzione tra i due valori; è evidente che per la maggior parte dei valori, la normativa registra dati inferiori rispetto quelli proposti da CasaClima, questo perché nella fase di bilancio degli apporti interni, la normativa considera gli apporti mediati sul tempo a differenza di CasaClima che moltiplica i m² per

Figura 110
Grafico degli apporti di energia termica nel periodo di riscaldamento per i due metodi di calcolo

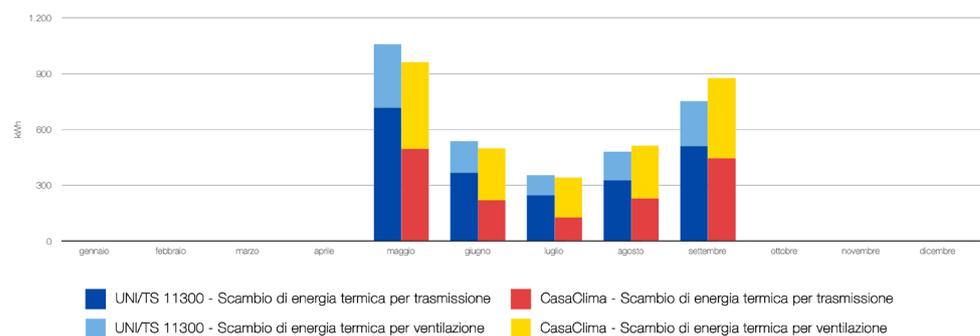
i giorni in cui è necessario riscaldare, il tutto legato alla destinazione d'uso.



110

Analizzando invece, le perdite per trasmissione e ventilazione nel periodo di raffrescamento (Figura 111) è possibile notare come le due metodologie riportino valori coerenti, ma analizzandole nello specifico emerge che i valori di trasmissione forniti da CasaClima sono inferiori rispetto quelli forniti da UNI/TS 11300 e viceversa, i valori delle perdite per ventilazione fornite da CasaClima sono maggiori rispetto quelli forniti da UNI/TS 11300. La motivazione di questa differenza è sicuramente all'interno dei bilanci specifici delle due metodologie, ma CasaClima, a differenza della UNI/TS 11300, non fornisce i dettagli di calcolo riferiti al periodo di raffrescamento, per tanto non è possibile determinare quale sia il fattore discriminante.

Figura 111
Grafico degli apporti di energia termica nel periodo di riscaldamento per i due metodi di calcolo



111

Per quanto riguarda i valori degli apporti nel periodo di raffrescamento, (Figura 112) si nota come i valori degli apporti interni siano simili tra le due metodologie, mentre i valori relativi gli apporti solare siano differenti. Infatti la UNI/TS 11300 calcola gli apporti solari incidenti sia sulla superficie opache che su quella trasparente, aumentando così il valore risultante, a differenza sua CasaClima considera solamente le superfici trasparenti,

abbattendo notevolmente il risultato finale del bilancio.

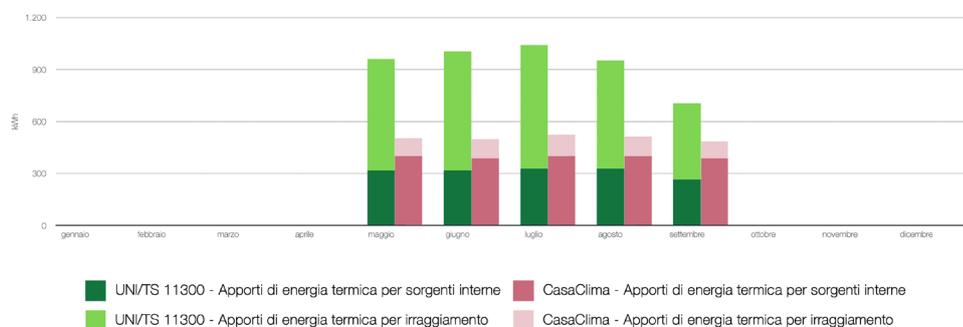


Figura 112
Grafico degli apporti di energia termica nel periodo di raffrescamento per i due metodi di calcolo

112

Il calcolo dell'indice di prestazione energetica viene approssiato in maniera diversa dai due metodi di calcolo: la UNI/TS 11300 fornisce dati di output relativi all'energia mensile necessaria, mentre l'Agenzia CasaClima mostra solamente la prestazione su base annuale.

Questa grande differenza rende decisamente complicato un confronto diretto tra i dati, inoltre l'energia globale non rinnovabile che rappresenta l'indice di prestazione energetica per la normativa tiene conto, come già detto in precedenza, di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e acqua calda sanitaria.

L'Agenzia, per il calcolo dell'energia globale, considera riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, ausiliari elettrici e illuminazione; la differenza che emerge dai due differenti metodi per calcolare il valore dell'energia globale, rende poco significativo il confronto tra i due. (Figura 113)

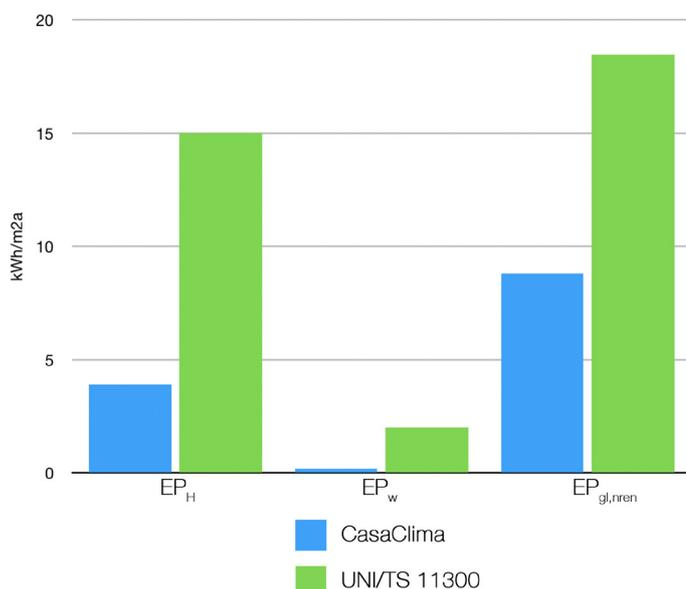


Figura 113
Grafico dell'energia primaria per il riscaldamento, per l'ACS e energia primaria non rinnovabile, per le due metodologie di calcolo

113

Tabella 36 a
 Tabella con gli indici di prestazione energetica utilizzati per il calcolo dell'energia primaria non rinnovabile, espresso in kWh/m²a

La differenza dei fabbisogni considerati per il calcolo dell'energia primaria non rinnovabile, si rispecchia nei risultati finali, dove CasaClima risulta avere sempre valori nettamente inferiori rispetto quelli della UNI/TS 11300 (Tabella 36 a – b).

Energia Primaria non rinnovabile UNI/TS 11300	
Riscaldamento	15
Raffrescamento	0
Acqua calda sanitaria	2
Ventilazione	0

Energia Primaria non rinnovabile CasaClima	
Riscaldamento	3,9
Raffrescamento	0
Acqua calda sanitaria	0,2
Ausiliari elettrici	3,7
Illuminazione	1

36.a

36.b

Dalle tabelle soprastanti è possibile notare che il valore dell'energia primaria non rinnovabile nel periodo di raffrescamento, è in entrambi i casi pari a zero, questo perché nel periodo estivo i pannelli fotovoltaici sfruttano l'elevata offerta solare per coprire il fabbisogno di raffrescamento.

Un' ulteriore differenza che rende difficile il confronto tra i due metodi è dovuto al fatto che CasaClima non utilizza l'indice di prestazione energetica come classificazione, ma dalla quota di energia non rinnovabile necessaria al funzionamento dell'edificio calcola l'emissioni di CO₂ della costruzione quindi non con lo standard kWh/m²a ma piuttosto con kgCO_{2eq}/m²a.

È importante specificare che effettuando l'analisi nell'ambito di edifici altamente performanti come Casa Umwelt, la minima differenza di dati, anche solo l'approssimazione prevista dai due programmi, crea risultati differenti. Per concludere l'analisi dei dati calcolati, osservando i risultati nella sua totalità si denota che le due metodologie offrono in entrambi i casi valori affidabili e a norma di legge, ma allo stesso tempo sono in grado di offrire due metodi di certificazione differenti che però possono integrarsi l'uno con l'altro.



CONCLUSIONI

Le prospettive del pianeta su cui viviamo non sono delle più rosee, tutto ciò è colpa delle scelte scellerate del passato che hanno portato quasi al collasso l'equilibrio che si è instaurato nel corso dei millenni; ormai non si possono cancellare gli errori del passato, ma piuttosto cercare di diventare più consapevoli e attenti alle scelte future.

Nel corso della tesi si è cercato di sfruttare le conoscenze per progettare un edificio a basso emissivo per contribuire a salvare il pianeta, non sarà una singola abitazione a migliorare il futuro, ma cominciare ad adottare più spesso soluzioni del genere è comunque più utile di non provarci affatto. Proprio per questo l'edificio progettato è stato pensato per un nucleo familiare classico, si è partito dalle necessità che potrebbe avere e si è dimensionata un'abitazione il più efficiente possibile.

La parte tecnica della tesi è incentrata sullo studio dei metodi di calcolo delle prestazioni energetiche, si è voluto dimostrare che due metodi con una base comune ma che si sviluppano in maniera diversa rimangono comunque coerenti nei risultati. La UNI/TS 11300 rappresenta lo standard europeo e quindi risulta più completa e dettagliata, ma con requisiti più bassi, d'altro canto l'Agenzia CasaClima utilizza calcoli semplificati, con standard richiesti molto più alti e vicini allo Near Zero Energy Building.

L'Agenzia aiuta il tecnico nella progettazione degli edifici con indicazioni e direttive molto specifiche che forniscono esse stesse soluzioni ai principali problemi che si possono trovare lungo il percorso di lavoro che comporta l'edificio.

In ottica futura CasaClima diventerà lo standard a cui puntare per la qualità richiesta negli edifici, anche se con gli ultimi aggiornamenti la normativa si sta avvicinando molto ai risultati dell'Agenzia.

NOMENCLATURA

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
A	Superficie	m ²
A _g	Superficie vetrata	m ²
b _{tr,l}	Fattore di riduzione delle dispersioni per l'ambiente non climatizzato avente componente l-esimo soggetto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste	-
b _{ve,k}	Fattore di correzione della temperatura per il flusso d'aria k-esimo in ventilazione naturale	-
c _a	Capacità termica specifica dell'aria	Wh/(kgK)
f _i	Fattore di correzione della temperatura dell'elemento strutturale i	-
F _{r,k}	Fattore di forma tra il componente k-esimo e la volta celeste	-
F _{r,l}	Fattore di forma tra il componente edilizio l-esimo dell'ambiente non climatizzato e la volta celeste	-
f _{sh}	Fattore di riduzione per ombreggiamenti	-
HGT	Gradi giorni mensili	Kd/M
HT	Numero di giorni mensili nel periodo di riscaldamento in cui è necessario riscaldare	d/M
g _w	trasmissione di energia solare totale effettiva utile di una vetrata	-
I _j	Somma degli irraggiamenti con orientamento j	kWh/(m ² a)
H _A	Coefficiente di scambio termico per elementi costruttivi a contatto con altre zone climatizzate a temperatura differente	W/K
L _e /H _D	Coefficiente di scambio termico per elementi costruttivi a contatto con l'aria esterna	W/K
L _g /H _g	Coefficiente di scambio termico per elementi costruttivi a contatto con il terreno	W/K
L _T /H _{tr,adj}	Coefficiente globale di scambio termico dell'involucro dell'edificio	W/K
L _U /H _U	Coefficiente di scambio termico per elementi costruttivi a contatto con vani non riscaldati	W/K
L _V /H _{ve,adj}	Coefficiente specifico di ventilazione dell'involucro dell'edificio	W/K
n	Indice di ricambio dell'aria	1/h
NGF _B	Superficie netta riscaldata per piano	m ²
q _i	Potenza termica specifica degli apporti di calore	W/m ²
Q _H /Q _{H,nd}	Fabbisogno di calore per riscaldamento	kWh
Q _i /Q _{int}	Apporti di energia per carichi interni	kWh
Q _{sol,op}	Apporti termici solari tramite elementi costruttivi opachi	kWh

Simbolo	Descrizione	Unità di misura
$Q_{sol,op}$	Apporti termici solari tramite elementi costruttivi opachi	kWh
$Q_S/Q_{sol,w}$	Apporti termici solari tramite elementi costruttivi trasparenti	kWh
$Q_T/Q_{H,tr}/$ $Q_{C,tr}$	Scambio di calore per trasmissione	kWh
$Q_V/Q_{H,ve}/$ $Q_{C,ve}$	Scambio di calore per ventilazione	kWh
$q_{ve,k,mn}$	Portata mediata sul tempo del flusso d'aria k-esimo	m ³ /s
t	Durata del mese considerato	h
U	Trasmittanza termica	W/(m ² K)
V_N	Volume netto dell'edificio ventilato	m ³
$\Phi_{int,mn,k}$	Flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo	W
$\Phi_{int,mn,u,l}$	Flusso termico prodotto dalla l-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo	W
$\Phi_{r,mn,k}$	Extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente k-esimo, mediato sul tempo	W
$\Phi_{r,mn,u,l}$	Extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente l-esimo dell'ambiente non climatizzato, mediato sul tempo	W
$\Phi_{sol,w,mn,k}$	Flusso termico k-esimo di origine solare, mediato sul tempo	W
$\eta_u/$ $\eta_{H,gn}$	Grado di utilizzo degli apporti termici	-
θ_e	Temperatura esterna media del mese	°C
$\theta_{int,set,C}$	Temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata	°C

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

INTRODUZIONE

1- Premessa

Bibliografia

- GRAZIANO SALVALAI, Edifici ad energia quasi zero (nZEB), la simulazione energetica dinamica con strumento di controllo e ottimizzazione del comfort e del fabbisogno di energia, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015

2- La situazione energetico mondiale europea e nazionale

Bibliografia

- GRAZIANO SALVALAI, Edifici ad energia quasi zero (nZEB), la simulazione energetica dinamica con strumento di controllo e ottimizzazione del comfort e del fabbisogno di energia, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015

Sitografia

- <https://www.isprambiente.gov.it>
- <https://enac.gov.it>
- <https://ipcc.ch>
- <https://cop24.gov.pl/presidency/key-messages/>
- http://www.portale4e.it/centrale_dettaglio_pa.aspx?ID=6
- <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-297203538/0>
- https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/it
- <http://www.minambiente.it/pagina/lagenda-21>
- <http://www.roadmap2050.eu/project/roadmap-2050>
- <https://www.reteclima.it/piano-20-20-20-il-pacchetto-clima-energia-20-20-20/>
- <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>
- <https://www.epa.gov/sites/production/files/signpost/cc.html>
- <http://biblus.acca.it/focus/certificazione-energetica-decreto-requisiti-minimi/>
- https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_it

Iconografia

- Figura 1, <https://www.qualenergia.it/articoli/20131022-quaranta-anni-dalla-prima-crisi-petrolifera-e-impulso-al-risparmio-energetico/>
- Figura 2, https://www.lifegate.it/persone/news/2_1992_rio_de_janeiro_summit_della_terra_su_ambiente_e_sviluppo1
- Figura 3, <https://macomefa.files.wordpress.com/2013/06/planisfero-politico-da-stampare.jpg>, modificata dai sottoscritti
- Figura 4, <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2a.html>, grafico redatto dai sottoscritti
- Figura 5, <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-4c.html>
- Figura 6, <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-2a.html>, grafico redatto dai sottoscritti
- Figura 7, ISPRA, National Inventory Report 2018
- Figura 8, ENEA, grafico redatto dai sottoscritti
- Figura 9, ENEA, grafico redatto dai sottoscritti
- Figura 10, ENEA, grafico redatto dai sottoscritti
- Figura 11, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_it
- Figura 12, <http://www.cortexa.it/it/12-il-sistema-a-cappotto.html>

3- Il quadro legislativo sull'efficienza energetica degli edifici

Bibliografia

- SONIA LUPICA SPAGNOLO, GIORGIO PANSA, L'efficienza energetica degli edifici dopo la UNI/TS 11300-1 e -2:2014, il quadro normativo aggiornato e le procedure di calcolo, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015
- DM Requisiti minimi 26/06/2015
- UNI/TS 11300, ottobre 2014

Sitografia

- <https://www.certifico.com/ambiente/documenti-ambiente/257-documenti-riservati-ambiente/5842-efficienza-energetica-edilizia-quadro-normativo>
- https://www.casaclima.com/ar_5708__ITALIA-Ultime-notizie-direttiva-201031CE--efficienza-energetica-in-edilizia-Nuova-direttiva-E-PBD-lo-stato-di-applicazione-in-Italia-e-in-UE.html

- <https://datastorage02.maggioli.it/data/docs/www.ediliziaurbanistica.it/epbd-recast-normativa-socal.pdf>
- <http://www.reteambiente.it/normativa/energia/info/quadro/>
- <http://www.ingegneri.info/news/ambiente-e-territorio/breve-storia-della-normativa-sullefficienza-energetica-degli-edifici/>
- <http://biblus.acca.it/focus/certificazione-energetica-decreto-requisiti-minimi/>

Iconografia

- Figura 13, <https://raffaellopoint.com/wp-content/uploads/2014/04/zone-climatiche.png>
- Figura 14, <https://www.progedil90.it/blog/classi-energetiche-edifici/>
- Tabella 1, guida ANIT 2018, da <https://www.anit.it/>
- Tabella 2, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta
- Tabella 3, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta
- Tabella 4, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta
- Tabella 5, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta
- Tabella 6, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta
- Tabella 7, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta
- Tabella 8, DM 26/06/15, Tabella autoprodotta/

4- I requisiti minimi di CasaClima e le classificazioni

Bibliografia

- Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima
- NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009

Sitografia

- <http://www.agenziacasaclima.it/it/home-1.html>

Iconografia

- Figura 15, https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=&url=https%3A%2F%2Fwww.architetturaecosostenibile.it%2Farchitettura%2Fcriteri-progettuali%2Fimpianto-involucro-strategie-progettuali-certificazioni-302&psig=AOwaw2X_-WLoTYfcDA3thrBr7_R&ust=154946208755188

- Tabella 9, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, tabella autoprodotta
- Tabella 10, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, tabella autoprodotta

4- Confronto tra requisiti minimi

- Tabella 11, Tabella autoprodotta

PARTE A

6 – Strategie progettuali e tecnologie innovative

Bibliografia

- GIULIA FONTANA, Il valore del committente, in «Casa Naturale, la prima rivista per costruire arredare vivere ecologico», luglio-agosto 2018 pp. 76-81
- GABRIELLA LUNGO, Manuale dell'edilizia, Principi di base, materiale, problemi e soluzioni, Firenze, Giunti Editore, 2017
- Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima
- ANDREA CAMPIOLI, MONICA LAVAGNA, Tecniche e architettura, Novara, De Agostini Scuola, 2013
- CARLO AMERIO, GIOVANNI CANAVESIO, Tecniche ed elemento costruttivi, Torino, SEI, 2012
- NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009

Sitografia

- <http://www.agenziacasaclima.it/it/home-1.html>
- https://www.ahoraarchitettura.it/casaclima-cantiere.html?fbclid=IwAR-ONWG_M04fAkIkiOzgpE-E-P08lkjOkfsGEyvOQ4b8BHf8bB9orwXeKYlc

Iconografia

- Figura 16, GABRIELLA LUNGO, Manuale dell'edilizia, Principi di base, materiale, problemi e soluzioni, Firenze, Giunti Editore, 2017 schema autoprodotta
- Figura 17, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

- Figura 18, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 19, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 20, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 21, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 22, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 23, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 24, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 25 a-b, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 26, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 27, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 28, <http://www.rai-bau.at/referenzen/>
- Figura 29, <http://www.treccani.it/enciclopedia/laterizio/>
- Tabella 12, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta, tabella autoprodotta
- Figura 30, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare,

costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Figura 31, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Figura 32, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Figura 33, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Figura 34, <http://www.ilgiornale.it/news/economia/edifici-le-gno-1470467.html>

•Figura 35, <https://lemigliorifoto.eu/timber-frame-sip-projects.html>

•Figura 36, https://www.edilportale.com/news/2015/11/focus/il-miglior-impermeabilizzante-la-guida-per-sceglierlo_48734_67.html

•Figura 37, <https://www.rifarecasa.com/ristrutturare/rivestimenti-e-finiture/soffitti-in-cartongesso>

•Figura 38, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Figura 39, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Figura 40, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

•Tabella 13, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, tabella autoprodotta

•Tabella 14, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, tabella autoprodotta

•TFigura 41, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

- Figura 42, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 43, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 44, <http://www.resintech.ch>
- Figura 45, <http://www.archiexpo.it/prod/polyglass-spa/product-119385-1802967.html>
- Figura 46, <https://www.guidaedilizia.it/cappotto-termico/quali-sono-gli-errori-da-evitare/>
- Figura 47, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 48, <http://www.facciate20late.it/descrizione-facciata-ventilata/>
- Figura 49, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Tabella 15, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, tabella autoprodotta
- Tabella 16, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, tabella autoprodotta
- Figura 50, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 51, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 52, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 53, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta

- Figura 54, sNORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 55, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 56, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 57, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Tabella 18, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, tabella autoprodotta
- Figura 58, <http://www.isamser.it/azienda/casaclima/casaclima-partner/>
- Figura 59, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 60, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 61, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 62, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Figura 66, <http://lafinestrainlegno.com/come-evitare-la-formazione-di-muffe-e-condensa-vicino-alle-finestre/>
- Figura 67, <http://www.tondin-serramenti.it/collezioni/finestre.html>
- Tabella 19, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, tabella autoprodotta
- Figura 65, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia,

2009, schema autoprodotta

- Figura 66, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia,

2009, schema autoprodotta

- Tabella 20, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia,

2009, tabella autoprodotta

- Tabella 21, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia,

2009, tabella autoprodotta

- Tabella 22, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia,

2009, tabella autoprodotta

- Figura 67, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia,

2009, schema autoprodotta

- Figura 68, <https://etaweb.eu/pompe-di-calore-chiller/riscaldamento-pompa-di-calore-9-kw-e-accumulo-solare-300-lt-636.html>

- Figura 69 GIULIA FONTANA, Il valore del committente, in «Casa Naturale, la prima rivista per costruire arredare vivere ecologico», luglio-agosto 2018 pp. 76-81

2018 pp. 76-81

- Figura 70 GIULIA FONTANA, Il valore del committente, in «Casa Naturale, la prima rivista per costruire arredare vivere ecologico», luglio-agosto 2018 pp. 76-81

2018 pp. 76-81

- Figura 71 https://www.ahoraarchitettura.it/casaclima-cantiere.html?fbclid=IwAR0NwG_M04fAkIkiOzgpE-E-P08lkjOkfsGEyvOQ4b8BHf8b-B9orwXekYlc

B9orwXekYlc

- Figura 72 https://www.ahoraarchitettura.it/casaclima-cantiere.html?fbclid=IwAR0NwG_M04fAkIkiOzgpE-E-P08lkjOkfsGEyvOQ4b8BHf8b-B9orwXekYlc

B9orwXekYlc

I7 – Casa Umwelt

Iconografia

- Figura 73, schema autoprodotta

- Figura 74, schema autoprodotta

- Figura 75, schema autoprodotta

- Figura 76, schema autoprodotta
- Figura 77, schema autoprodotta
- Figura 78, schema autoprodotta
- Tabella 23, tabella autoprodotta
- Tabella 24, tabella autoprodotta
- Figura 79, schema autoprodotta
- Tabella 25, tabella autoprodotta
- Figura 80, schema autoprodotta
- Tabella 26, tabella autoprodotta
- Figura 81, schema autoprodotta
- Tabella 27, tabella autoprodotta
- Figura 82, <https://www.wolf-fenster.it/wolf-fenster-p1.html>
- Tabella 28, tabella autoprodotta
- Figura 83, schema autoprodotta
- Figura 84, schema autoprodotta
- Figura 85, schema autoprodotta
- Figura 86, schema autoprodotta
- Tabella 29, tabella autoprodotta

PARTE B

8 – Modelli di calcolo a confronto

Bibliografia

- Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima
- SONIA LUPICA SPAGNOLO, GIORGIO PANSA, L'efficienza energetica degli edifici dopo la UNI/TS 11300-1 e -2:2014, il quadro normativo aggiornato e le procedure di calcolo, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli Editore, 2015
- DM Requisiti minimi 26/06/2015
- UNI/TS 11300, ottobre 2014
- NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009

Sitografia

- <http://www.agenziacasaclima.it/it/home-1.html>

Iconografia

- Tabella 30, Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima, tabella autoprodotta
- Figura 87, Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima
- Figura 88, Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima
- Figura 89, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009
- Figura 90, NORBERT LANTSCHNER, La mia CasaClima, progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità, Bolzano, Edition Raetia, 2009, schema autoprodotta
- Tabella 31, Direttiva Tecnica Nuovi Edifici, settembre 2017, CasaClima, tabella autoprodotta
- Figura 91, <https://associazionetermografia.it/termografia-infrarosso/edilizia/>
- Figura 91, <https://www.officineexpo.it/blower-door-test-superato/>
- Figura 93, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, schema autoprodotta
- Figura 94, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, schema autoprodotta
- Figura 95, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, schema autoprodotta
- Figura 96, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, schema autoprodotta
- Tabella 32, Delibera 4 marzo 2013 n. 362 della provincia di Bolzano, tabella autoprodotta
- Figura 97, schema autoprodotta
- Tabella 33, UNI/TS 11300, tabella autoprodotta
- Tabella 34, UNI/TS 11300, tabella autoprodotta
- Tabella 35, tabella autoprodotta

9 – La prestazione energetica dell'edificio in progetto

Iconografia

- Figura 98, Screenshot programma CasaClima
- Figura 99, Screenshot programma CasaClima
- Figura 100, Screenshot programma CasaClima

- Figura 101, Screenshot programma CasaClima
- Figura 102, Screenshot programma CasaClima
- Figura 103, Screenshot programma Termolog
- Figura 104, Screenshot programma Termolog
- Figura 105, Screenshot programma Termolog
- Figura 106, Screenshot programma Termolog
- Figura 107, Grafico autoprodotta
- Figura 108, Grafico autoprodotta
- Figura 109, Grafico autoprodotta
- Figura 110, Grafico autoprodotta
- Figura 111, Grafico autoprodotta
- Figura 112, Grafico autoprodotta
- Figura 113, Grafico autoprodotta
- Tabella 36 a-b, Tabella autoprodotta

