

---

# Clima di domani: linee guida per l'edilizia

## Sud delle Alpi precursore

### Sintesi

---

**TicinoEnergia**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Ufficio federale delle abitazioni UFAB**

**Ufficio federale dell'energia UFE**



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Un progetto realizzato nel quadro del programma pilota ai cambiamenti climatici, sostenuto dall'Ufficio federale delle abitazioni UFAB e dall'Ufficio federale dell'energia UFE

## Colophon

### Editore

Ufficio federale delle abitazioni UFAB  
Hallwylstrasse 4, 3003 Berna  
Tel. +41 58 480 91 11  
info@bwo.admin.ch, www.bwo.admin.ch

### Download

www.ufab.admin.ch

### Ente coordinatore

Associazione TicinoEnergia  
Cá Bianca, Via San Giovanni 10, 6500 Bellinzona  
www.ticinoenergia.ch

### Autori

Luca Pampuri, Associazione TicinoEnergia  
Fabrizio Noembrini, Associazione TicinoEnergia  
Marta Poretti, IFEC Ingegneria SA  
Giorgio Pansa, IFEC Ingegneria SA  
Erika Saretta, ISAAC-SUPSI  
Davide Zepponi, Veragouth SA

### Gruppo di accompagnamento

Michele Fasciana, UACER, Cantone Ticino  
Giacomo Veragouth, Veragouth SA  
Luigi Conforto, Comune di Locarno  
Angelo Bernasconi, IFEC Ingegneria SA  
Pierluigi Bonomo, ISAAC-SUPSI  
Marco Thomas, Comune di Faido

### Finanziamento

Ufficio federale delle abitazioni UFAB  
Ufficio federale dell'energia UFE

### Citazione

TicinoEnergia (2023). Clima di domani: linee guida per l'edilizia. Sud delle Alpi precursore. Sintesi. Ufficio federale delle abitazioni, Berna.

### Note

Questa sintesi è anche disponibile in tedesco e in francese. Il rapporto è disponibile in italiano.

Il rapporto espone il parere degli autori. Esso non corrisponde necessariamente a quello dei mandanti.

### Illustrazione di copertina

© DDPS

## 1 Introduzione

Sulla base della particolare situazione geo-climatica e della sua prevista evoluzione, le attuali normative non sempre sembrano, sul lungo termine, poter garantire regole progettuali atte a raggiungere le migliori condizioni di comfort interno. Per limitare il consumo energetico durante tutto l'arco dell'anno e per adattare le prassi vigenti a climi più caldi rispetto a quelli odierni diventa quindi indispensabile valutare l'implementazione di nuovi approcci progettuali.

## 2 Glossario

La terminologia utilizzata in ambito edilizio non è sempre univoca, alcune definizioni possono avere un'accettazione più o meno differente a dipendenza del contesto in cui sono riportate. Per quanto riguarda il presente progetto abbiamo considerato i seguenti significati:

- comfort interno: così come esplicitato nella Norma SIA 180, il comfort termico viene definito in funzione della temperatura interna e della media mobile sulle precedenti 48 ore della temperatura esterna. Le condizioni di benessere cambiano in funzione della presenza o meno di un sistema di climatizzazione (produzione del freddo). Di conseguenza il discomfort in questo studio è descritto dal numero di ore all'anno per le quali il limite di temperatura interna per i locali climatizzati è superato;
- raffreddamento: con questa definizione viene indicata la presenza di un sistema di produzione del freddo che fornisce la possibilità di regolare la temperatura e, in caso di presenza di un sistema di deumidificazione, anche l'umidità dell'aria in un ambiente chiuso (nel secondo caso si parla di un impianto di "climatizzazione" vero e proprio).

## 3 Obiettivi

Concretamente il progetto ha cercato di fornire gli strumenti necessari a tutti gli attori in gioco (progettisti, committenti, enti pubblici) per meglio gestire l'adattamento degli edifici al cambiamento climatico, soprattutto in considerazione degli importanti interventi di risanamento (manutenzione ordinaria o straordinaria) che il parco immobiliare subirà nel corso dei prossimi anni e nell'ottica di nuove edificazioni. A questo scopo sono state elaborate delle indicazioni per la progettazione di nuovi edifici e il risanamento di edifici esistenti, così da anticipare i cambiamenti climatici e le conseguenti implicazioni in ambito edilizio.

## 4 Metodologia

Sono stati inizialmente selezionati tre edifici con funzionalità, caratteristiche e contesti differenti tra loro. Per accrescere la rappresentatività delle simulazioni, sono inoltre stati utilizzati dati di tre diverse stazioni climatiche, rappresentative delle peculiarità del territorio a sud delle Alpi (Piotta, Magadino e Stabio). I tre edifici selezionati vogliono rappresentare, in maniera generale, il parco immobiliare regionale sia a livello architettonico, sia come destinazione d'uso. Essi rappresentano il punto di partenza a partire dal quale sono stati modellati più di 1'000 edifici aventi parametri costruttivi, gestionali, impiantistici e meteorologici differenti.

Tali simulazioni hanno permesso di analizzare e caratterizzare il comportamento degli edifici in termini di comfort interno e di fabbisogno termico (energia utile per il riscaldamento e raffreddamento), variando le seguenti caratteristiche:

- sollecitazioni climatiche: si è passati dal clima attuale al clima futuro, secondo gli scenari climatici CH2018 elaborati a livello federale, con particolare riferimento al periodo 2045-2074, scenario RCP8.5 (cfr. Paragrafo 5.4);

- collocazione dell'edificio: stazione climatica di Piotta, Magadino (clima attuale e clima futuro) e Stabio (clima attuale);
- strategie di gestione degli edifici: ventilazione naturale / meccanica, con controllo manuale / automatico delle schermature solari, con presenza o meno di un impianto di raffreddamento estivo;
- caratteristiche progettuali e costruttive: percentuale vetrata delle facciate, caratteristiche dell'isolamento termico e delle finestre, capacità termica degli spazi interni.

Per valutare il comfort all'interno degli edifici è stato utilizzato il concetto di benessere adattivo esplicitato nella Norma SIA 180. Questo metodo specifico permette di valutare il comfort interno sia degli edifici non climatizzati che di quelli climatizzati, considerando la possibilità che gli utenti possano controllare le condizioni termiche tramite l'apertura e/o chiusura delle finestre, la regolazione del proprio metabolismo (attività svolte o da svolgere) e del vestiario a seconda delle temperature esterne ed interne.

## 5 Variabili

Per poter analizzare oggettivamente come il parco immobiliare affronterà i cambiamenti climatici è necessario innanzitutto analizzare il comportamento degli edifici oggi, tenendo in considerazione sia la categoria di utilizzo che le caratteristiche costruttive e di gestione degli impianti.

Nell'immagine seguente viene illustrata la metodologia utilizzata per lo sviluppo delle simulazioni nel clima attuale e futuro.

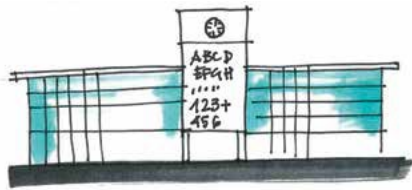


### 5.1 Gli edifici

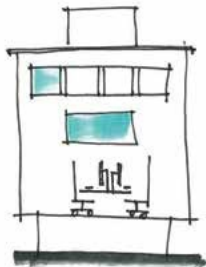
Gli edifici di partenza sono stati messi a disposizione dai Comuni di Locarno e Faido, partner di progetto, e sono descritti qui di seguito:



Edificio residenziale - La residenza per anziani San Carlo di Locarno è uno stabile degli anni Settanta, ha muri perimetrali non strutturali con una doppia parete e un isolamento minimo in intercapedine, superfici vetrate di dimensioni contenute rispetto alle facciate (20%) ed un'elevata protezione solare dovuta alla geometria dell'edificio grazie agli aggetti dei balconi e al profilo a scacchiera delle facciate. Questo edificio è stato scelto in quanto rappresenta la maggioranza degli edifici abitativi plurifamiliari costruiti dagli anni Sessanta agli anni Ottanta sul territorio cantonale.



Edificio scolastico - Le scuole elementari e medie di Faido risalgono all'inizio degli anni Ottanta e hanno una struttura portante con pareti a vista in calcestruzzo armato, un isolamento termico scarso con ponti termici in corrispondenza degli elementi portanti non isolati, aule con grandi superfici vetrate allineate lungo la facciata sud. Le facciate sono molto lineari, senza aggetti particolari o protezioni solari fisse.



Edificio amministrativo - L'edificio amministrativo situato nel centro di Locarno, risanato secondo lo standard Minergie-P nel 2019, presenta un isolamento esterno a cappotto, serramenti e protezioni solari conformi allo stato della tecnica e con una percentuale vetrata media (50%).

## 5.2 Le località

Gli edifici sono stati simulati in condizioni climatiche diverse così da riprodurre in modo più realistico l'eterogeneità del territorio ticinese. Piotta, è la stazione climatica di riferimento per il Comune di Faido e rappresenta una località montana che nonostante si trovi a 1'000 metri di altitudine s.l.m., durante i mesi estivi è significativamente esposta all'irraggiamento solare. La stazione climatica di Magadino, in rappresentanza del Comune di Locarno, è una località a circa 200 metri s.l.m. ed è esposta all'irraggiamento solare in tutte le stagioni dell'anno, mentre Stabio è una località rappresentativa del clima nella parte meridionale della Svizzera, con un'escursione termica particolarmente elevata tra estate e inverno e tra il giorno e la notte durante le mezze stagioni.

## 5.3 Le caratteristiche costruttive, tecniche e gestionali

La caratterizzazione degli edifici e l'individuazione delle varianti più significative è stata ottenuta tramite la combinazione di 8 differenti parametri.



**Isolamento opaco medio:** si riferisce alle sole parti opache (pareti, tetti, pavimenti). Si è partiti dal valore attuale reale di ogni edificio per poi simulare delle varianti migliorative o peggiorative a dipendenza del coefficiente U di partenza.



**Superficie finestrata media:** calcolata rispetto alla superficie delle facciate (parti opache e trasparenti). La presenza del telaio è inclusa. Si è partiti dal valore reale di ogni edificio e si sono poi simulate delle varianti con diversi parametri (30%, 50% e 70%).



**Capacità termica dei locali:** calcolata conformemente alla norma SIA 380:2009, assumendo diversi sistemi costruttivi (massicci e medi). Le varianti di capacità termica considerate sono "elevata" per i casi con elementi massicci sia interni che in facciata, e "media" per gli edifici con elementi leggeri interni (p.es. controsoffitti e/o pareti a secco).



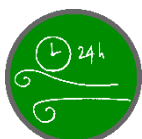
**Protezioni solari esterne:** assenti, manuali, automatizzate.



**Raffreddamento:** assente, raffreddamento, raffreddamento + deumidificazione.



**Ventilazione:** naturale o meccanica con recupero di calore.



**Gestione della ventilazione:** sulla base dell'occupazione o continua 24h.



**Caratteristiche termiche delle finestre:** Uw, g.

## 5.4 Lo scenario climatico

L'obiettivo del progetto era quello di capire come gli edifici si comporteranno nelle condizioni climatiche attese per il futuro, non solo in considerazione dei fabbisogni energetici ma anche in termini di comfort.

La caratterizzazione degli edifici e l'individuazione delle varianti più significative è stata ottenuta tramite la combinazione dei tre parametri di base e dei cinque parametri costruttivi/tecnici/gestionali. Si è inoltre variata l'ubicazione dell'edificio e soprattutto lo scenario climatico (attuale o futuro). Partendo dai tre edifici base si è quindi potuto simulare un parco immobiliare di più di 1'000 edifici.

Clima di riferimento



Per quanto riguarda il clima di riferimento ci si ai valori orari (formato TMY2) derivati da Meteonorm per il periodo 1961-1990.

Si fa riferimento quindi ad un anno meteorologico medio, cioè rappresentativo delle condizioni tipiche (e non di quelle estreme), a lungo termine Il clima di riferimento è stato utilizzato per simulare più di 1'000 edifici.

Clima attuale



Dati climatici ventennio 1999-2019. Dati climatici orari (formato TMY2), elaborati tramite Meteonorm, base dati provenienti dalla rete di rilevamento automatica SwissMetNet di MeteoSvizzera. Utilizzati come base di input per la simulazione di alcuni degli edifici analizzati nel clima di riferimento, tenendo conto delle condizioni meteorologiche effettive dei 20 anni analizzati.

Clima futuro



Proiezione clima nel periodo futuro, secondo gli scenari climatici CH2018, sviluppati da MeteoSvizzera e dal politecnico Federale di Zurigo. Valori **medi giornalieri**. Grandezze considerate: temperatura esterna media, minima, massima, irraggiamento esterno totale sul piano orizzontale, umidità relativa dell'aria esterna.

MeteoSvizzera e il Politecnico Federale di Zurigo hanno sviluppato gli scenari climatici CH2018. Essi, quantificano i cambiamenti climatici attesi fino alla fine del secolo in Svizzera. Siccome l'entità delle emissioni future causate dall'uomo dipenderà in maniera determinante dalle decisioni politiche a livello internazionale e dalle innovazioni tecnologiche individuate, come base di

riferimento per calcolare il possibile sviluppo del clima sono stati utilizzati diversi scenari di emissione di gas a effetto serra. I due scenari estremi sviluppati sono lo scenario RCP2.6 e lo scenario RCP8.5. Se da una parte lo scenario RCP2.6 parte dal presupposto che la comunità internazionale si accordi in maniera rapida permettendo una riduzione drastica dei gas a effetto serra, dall'altra lo scenario RCP8.5 presuppone che l'aumento delle emissioni continui incondizionatamente anche in futuro. Se, nel prossimo futuro, le emissioni dovessero continuare ad aumentare senza un'adeguata risposta politica (scenario RCP8.5), a sud delle Alpi la temperatura media annuale continuerà ad aumentare e verso fine secolo essa risulterà di oltre 4°C superiore rispetto alla media del periodo di riferimento 1981-2010. Invece, se la risposta politica fosse adeguata (RCP2.6), dopo la prima metà del secolo si potrebbe assistere ad una stabilizzazione della temperatura media attorno ad un aumento di 1.5°C. È importante in ogni caso ricordare che questi valori numerici sono soggetti a incertezze che dipendono dai modelli climatici utilizzati per rappresentare i processi fisici coinvolti.

Il presente progetto fa riferimento allo scenario climatico RCP8.5, che da un lato risulta essere più rappresentativo dell'andamento attuale e d'altro canto enfatizza la problematica legata ai cambiamenti climatici, evidenziando problematiche altrimenti sottogiacenti.

## 6 Risultati

Grazie alle analisi svolte è stato possibile elaborare alcune considerazioni sulle tre tipologie di edifici considerate (residenziale, scolastico, amministrativo). Per ottimizzare le prestazioni energetiche di un edificio nel clima futuro, favorendo al contempo un adeguato comfort, i seguenti parametri diventano importanti scelte progettuali. In sei casi queste considerazioni sono univoche e non variano in funzione della categoria dell'edificio.

- |                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1<br>Superficie finestrata media                    | Mantenere un rapporto fra superficie vetrata e superficie lorda della parete contenuto, inferiore al 50% (ottimale < 30%). Diventa un vincolo progettuale non indifferente.                                                                                                                                                   |
| 2<br>Caratteristiche termiche delle finestre        | Utilizzo di tripli vetri con un coefficiente U di circa 0.6 W/m <sup>2</sup> K e un fattore g non superiore allo 0.5                                                                                                                                                                                                          |
| 3 e 4<br>Ventilazione e gestione della ventilazione | L'implementazione di un sistema di ventilazione naturale o meccanica con possibilità di attivazione 24/7 in funzione delle temperature esterne (free-cooling) diventa stato della tecnica in quanto riduce il discomfort nelle mezze stagioni e di conseguenza le ore di funzionamento degli impianti di climatizzazione.     |
| 5<br>Protezioni solari esterne                      | Protezioni solari esterne automatizzate per ridurre l'insorgere di condizioni di discomfort già nelle mezze stagioni. È inoltre possibile sfruttare l'ombreggiamento naturale delle piante con i loro cicli stagionali e, per i nuovi edifici, implementare i principi dell'architettura solare passiva ("geometria solare"). |
| 6<br>Raffreddamento                                 | Installazione di un impianto di raffreddamento quasi imprescindibile. Quando possibile privilegiare il connubio climatizzazione/fotovoltaico (domanda e produzione di energia coincidono a livello temporale).                                                                                                                |

I due parametri restanti, quindi il grado di isolamento opaco medio e la capacità termica, variano invece a dipendenza della categoria di edificio in quanto le scelte progettuali che verranno implementate possono portare ad una riduzione del fabbisogno termico totale, piuttosto che una riduzione del fabbisogno di raffreddamento, oppure alla riduzione delle ore di discomfort nelle mezze stagioni.

Si riportano qui le considerazioni principali in relazione a questi due parametri. Per un elenco dettagliato dei risultati, suddivisi per categoria di edificio, emersi dalle simulazioni effettuate nel clima futuro variando il grado di isolamento opaco medio (performante → discreto) e la capacità termica (riduzione) si rimanda alle schede riportate a fine documento.

7

**Isolamento opaco medio** In generale: un isolamento performante comporta una preponderanza del fabbisogno energetico per il raffreddamento rispetto a quello per il riscaldamento.

Un grado di coibentazione discreto (ossia un po' meno performante) migliora il comfort nelle mezze stagioni ma aumenta il fabbisogno energetico per il riscaldamento.

8

**Capacità termica** Una capacità termica elevata permette di ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento.

Una capacità termica media migliora il comfort nelle mezze stagioni e in molti casi riduce il fabbisogno di raffreddamento in quanto lo smaltimento dei carichi termici è più veloce.

Queste due variabili sono influenzate dai carichi interni e conseguentemente, a dipendenza della categoria d'utilizzo dell'edificio, sarà necessario ponderare se propendere per un grado di isolamento dell'involucro opaco più o meno performante. Mentre negli edifici nuovi la scelta della tecnologia costruttiva sarà da valutare anche in base all'influsso della capacità termica sulle prestazioni energetiche e di comfort.

## 7 Conclusioni

Sulla base delle simulazioni effettuate, si è giunti a considerazioni concrete soprattutto su parametri come la superficie vetrata, l'isolamento termico e il raffreddamento. In particolare, è stato evidenziato come, alle nostre latitudini, nel clima futuro, dato l'innalzamento generale delle temperature, ci sarà la necessità di installare impianti di raffreddamento praticamente in tutti gli edifici se si vuole continuare a soddisfare i requisiti di comfort odierni. Ciò risulta in particolar modo imprescindibile laddove i carichi interni e i guadagni solari siano importanti.

Per limitare le emissioni di gas serra, che sono la causa maggiore dei cambiamenti climatici, questi impianti dovranno essere alimentati attraverso fonti rinnovabili. L'abbinamento di impianti di climatizzazione estiva con sistemi fotovoltaici potrebbe rappresentare quindi un'adeguata soluzione che permette non solo di sfruttare le superfici del parco immobiliare stesso (es. coperture, facciate, schermature) e che consentirebbe anche di far coincidere la maggiore domanda di energia estiva per climatizzazione e/o ventilazione con la maggior produzione da fotovoltaico.

I risultati hanno altresì evidenziato l'importanza di un'adeguata progettazione dell'involucro edilizio per far fronte al surriscaldamento estivo e nelle mezze stagioni limitando quindi l'utilizzo degli impianti di climatizzazione. Ciò consiste fondamentalmente nella presenza di protezioni solari automatizzate che permettono, quando necessario, di ridurre gli apporti solari. Indirettamente questo risultato permette di riflettere sull'orientamento dell'edificio e sulle schermature fisse, parametro non variato nell'ambito del presente studio.

I benefici di un ricambio d'aria, reso possibile attraverso impianti meccanici durante tutto l'arco del giorno e soprattutto durante le ore notturne risultano rilevanti soprattutto in termini di comfort e di possibile riduzione del funzionamento degli impianti di raffreddamento, così come la presenza di una capacità termica media.

Leggere differenze possono essere constatate in funzione della destinazione d'uso dell'edificio considerato. In particolare, la presenza o meno di importanti carichi interni può influenzare in maniera consistente l'impatto che la presenza di un pacchetto isolante performante può avere sui parametri di comfort e fabbisogno energetico dell'edificio. Laddove i carichi risultino essere importanti, la presenza di un isolamento termico molto



performante non sembra infatti portare sempre a benefici in termini energetici annuali, in quanto il fabbisogno energetico estivo risulta essere preponderante a causa della necessità di un maggiore raffreddamento, rispetto al risparmio sul fabbisogno di riscaldamento in inverno. È importante valutare tale aspetto caso per caso, in quanto il bilanciamento tra riduzione del fabbisogno invernale e aumento del fabbisogno estivo dipende molto dall'insieme dei parametri fisici di ogni edificio e il cambiamento climatico atteso, spostandolo in alcuni casi verso risultati fino ad oggi inattesi. I risultati ottenuti indicano pertanto la necessità di estendere il periodo di valutazione all'intero anno, sia in termini di fabbisogno energetico sia per quanto attiene la valutazione del comfort.

Infine, anche alla luce dell'attuale situazione geo-politica, che ha fatto risaltare la fragilità, soprattutto nel periodo invernale, del sistema di produzione e approvvigionamento energetico europeo, è lecito aspettarsi un approccio futuro che tenga in conto non solo della fonte energetica ma anche delle criticità stagionali di approvvigionamento. In particolare, se in inverno è più verosimile avere periodi di maggiore dipendenza da fornitori esteri non sempre affidabili, è ragionevole pensare che la riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento sia più strategica rispetto alla diminuzione delle ore di raffreddamento estive quando produzione locale da fonti rinnovabili (in particolare l'energia solare) e consumo sono maggiormente convergenti.

## **Annessi - Risultati per categoria di edificio**

## Edifici residenziali

Clima di riferimento	Clima futuro
<p>Il risanamento globale di edifici residenziali secondo lo stato della tecnica attuale (riduzione teorica del fabbisogno utile per riscaldamento fino a -85%) comporta problemi di surriscaldamento estivo e nelle mezze stagioni tali da rendere necessaria l'implementazione di misure compensatorie o di un impianto di raffreddamento estivo.</p> <p>Quando vi è raffreddamento estivo, inoltre, il relativo fabbisogno termico utile risulta avere un'importanza relativa non irrilevante (32-56%) rispetto al fabbisogno di riscaldamento. Ciò nonostante, grazie ad un isolamento termico accresciuto, si rileva una riduzione del fabbisogno energetico totale annuale (fino a -50/70%).</p>	<p>I problemi riscontrati nel clima di riferimento si accentuano nel clima futuro.</p> <p>Dalle analisi effettuate sugli scenari simulati e riportati nel cap. 5.1, emergono le seguenti osservazioni in merito alla capacità termica e all'isolamento termico della parte opaca</p> <p>Aumentando la capacità termica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si verifica un moderato miglioramento del comfort nelle mezze stagioni,</li> <li>- se <math>U:0,4 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, si verificano maggiori ore di accensione dell'impianto di raffreddamento ma con nessuna influenza sul fabbisogno di raffreddamento. Inoltre, si riduce del 4% il fabbisogno energetico totale dovuto principalmente ad una riduzione del fabbisogno di riscaldamento,</li> <li>- se <math>U:0,15 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, l'aumento della capacità termica comporta un aumento delle ore di accensione dell'impianto e del fabbisogno di raffreddamento (+8%) e una diminuzione del fabbisogno di riscaldamento che "compensa" l'aumento del fabbisogno energetico totale (+1%).</li> </ul> <p>Diminuendo l'isolamento della parte opaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si favorisce la diminuzione delle ore di accensione dell'impianto di raffreddamento ma nel caso specifico con elevate schermature solari fisse, il fabbisogno di climatizzazione non è così significativo, infatti complessivamente si aumenta il fabbisogno energetico totale (+ca. 30%),</li> <li>- si diminuiscono significativamente le ore di discomfort nelle mezze stagioni (-83...90%), che risultano essere inferiori all'attuale limite di ore di discomfort (100h) al di sopra del quale si ritiene necessaria l'installazione di un impianto di raffreddamento estivo.</li> </ul> <p>Adottare la ventilazione meccanica con attivazione automatica sulle 24 ore in edifici molto isolati (<math>U:0,15 \text{ W/m}^2\text{K}</math>) permette di ridurre le ore di discomfort nelle mezze stagioni.</p> <p>L'isolamento performante della parte opaca dell'involucro (<math>U:0,15 \text{ W/m}^2\text{K}</math>) comporta una preponderanza del fabbisogno di raffreddamento rispetto al fabbisogno di riscaldamento.</p>

## Edifici scolastici

Clima di riferimento	Clima futuro
<p>Il risanamento globale di edifici attualmente senza un impianto di raffreddamento comporta nel clima di riferimento un aumento significativo del surriscaldamento estivo (da 830 a 3'220 ore) e la comparsa di discomfort anche nelle mezze stagioni (da 10 a 840 ore). Risulta quindi necessaria l'implementazione di misure compensatorie e/o un impianto di raffreddamento.</p> <p>Il risanamento globale di edifici attualmente climatizzati comporta, nel clima di riferimento, la comparsa di discomfort anche nelle mezze stagioni (da 10 a 1'040 ore) e l'attivazione dell'impianto di raffreddamento (da 0 a 2'300 ore).</p> <p>In edifici isolati senza impianto di raffreddamento, la presenza di una ventilazione meccanica consente di ridurre il fabbisogno di riscaldamento ma non ha un impatto significativo sul discomfort estivo.</p>	<p>I problemi riscontrati nel clima di riferimento si accentuano nel clima futuro.</p> <p>Grazie agli scenari simulati e riportati nel cap. 5.2, si osservano i seguenti aspetti relativi alla capacità termica e all'isolamento termico della parte opaca. Aumentando la capacità termica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- di edifici molto isolati (U:0.15 W/m<sup>2</sup>K) si riduce il fabbisogno energetico totale (-17%) rispetto alla capacità media ma si ha un aumento del discomfort nelle mezze stagioni (da 400 a 450 ore)</li> <li>- di edifici con isolamento discreto (U:0,4 W/m<sup>2</sup>K) si riduce il fabbisogno totale (-13%) rispetto alla capacità media con una riduzione del discomfort nelle mezze stagioni (da 117 a 79 ore).</li> </ul> <p>Diminuendo l'isolamento della parte opaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- si migliora significativamente il comfort nelle mezze stagioni (-70-80%, inferiori alle 100h nel caso di capacità termica elevata) e si verifica una diminuzione delle ore di accensione dell'impianto di raffreddamento,</li> <li>- ma si verifica un aumento del fabbisogno energetico (+14-18% dovuto all'aumento del fabbisogno per il riscaldamento).</li> </ul> <p>Con un isolamento performante (U:0.15 W/m<sup>2</sup>K) della parte opaca si ha una preponderanza del fabbisogno per raffreddamento rispetto a quello per il riscaldamento.</p>

## Edifici amministrativi

Clima di riferimento	Clima futuro
<p>Un risanamento globale (involucro opaco e involucro trasparente) comporta una riduzione del fabbisogno energetico principalmente dovuto alla diminuzione del fabbisogno di riscaldamento (mentre quello per la climatizzazione aumenta) con un aumento delle ore di accensione dell'impianto di raffreddamento e un aumento delle ore di discomfort nelle mezze stagioni.</p> <p>Edifici con bassa superficie finestrata hanno un minor fabbisogno energetico (ma un discomfort maggiore se hanno capacità termica elevata e sono molto isolati).</p> <p>Edifici con capacità termica elevata sono preferibili agli edifici leggeri in termini energetici ma aumentano il discomfort in estate e nelle mezze stagioni (in misura maggiore dove si hanno una superficie vetrata contenuta e un isolamento performante). Con una superficie vetrata elevata (WWR&gt;50%) l'incidenza della capacità termica aumenta in modo preponderante rispetto all'isolamento termico.</p> <p>L'automazione dei sistemi di protezione solare porta a una riduzione potenziale del fabbisogno termico di raffreddamento pari a circa 30...50% (maggiore in edifici molto isolati) che corrisponde a circa 20...25% dei consumi energetici totali annuali.</p> <p>Una strategia di ventilazione naturale addizionale (free-cooling) permetterebbe di ridurre di circa 10...20% il consumo per il raffreddamento e migliorare anche il comfort (analogo comportamento si ottiene estendendo la ventilazione con portata igienica anche nelle ore notturne, soprattutto in edifici non molto isolati).</p>	<p>I problemi riscontrati nel clima di riferimento si accentuano nel clima futuro.</p> <p>Considerando le simulazioni effettuate e riportate nel cap. 5.3, si riportano inoltre le seguenti osservazioni in merito alla capacità termica e all'isolamento termico della parte opaca.</p> <p>Aumentando la capacità termica di edifici molto isolati, il fabbisogno energetico annuale diminuisce ma aumenta il discomfort nelle mezze stagioni. Negli edifici mediamente isolati (<math>U:0.4 \text{ W/m}^2\text{K}</math>), l'aumento della capacità termica comporta una lieve riduzione del fabbisogno energetico. In particolare, si riduce il fabbisogno energetico di climatizzazione e si ottiene una lieve riduzione del discomfort nelle mezze stagioni.</p> <p>Riducendo l'isolamento della parte opaca si favorisce una lieve diminuzione del fabbisogno di climatizzazione a fronte di un aumento del fabbisogno di riscaldamento e anche di un aumento del fabbisogno totale. Tuttavia, si nota che un minore isolamento termico opaco favorisce la riduzione delle ore di discomfort nelle mezze stagioni (anche &gt; 50%).</p> <p>Vi è sempre una significativa preponderanza del fabbisogno per raffreddamento rispetto al fabbisogno di riscaldamento.</p> <p>Inoltre, la diminuzione della trasmittanza termica delle finestre comporta una diminuzione del fabbisogno totale (dovuto alla riduzione significativa del fabbisogno di riscaldamento, in misura maggiore rispetto all'aumento del fabbisogno di raffreddamento) ma un aumento delle ore di discomfort nelle mezze stagioni.</p>