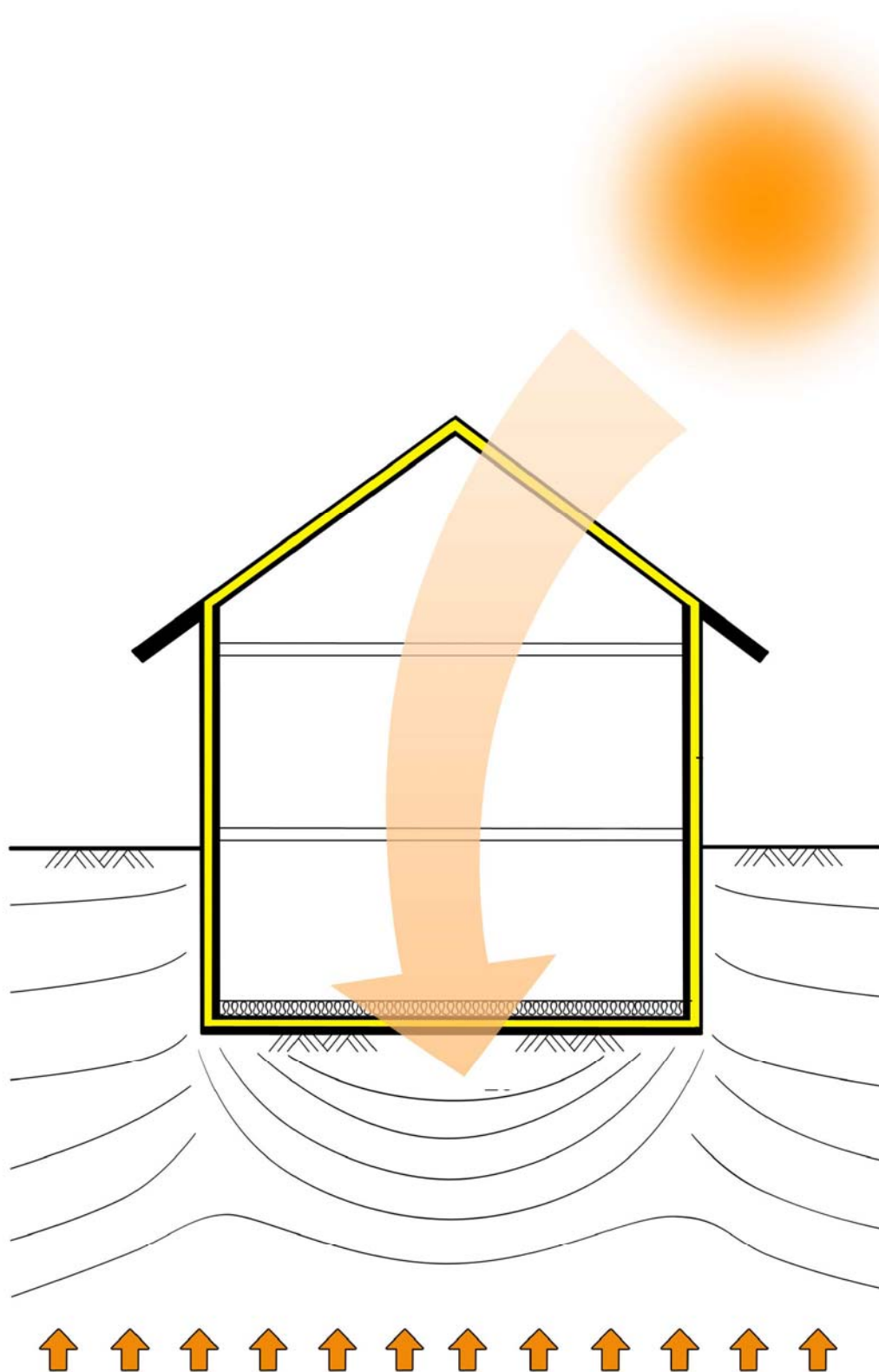


Isomax/Terra-Sol tecnologia per edifici



SOMMARIO

	Pagina
1. Introduzione	2
2. Utilizzo dell'energia terrestre superficiale e sostenuta dal sole per risparmiare energia in edifici	2
3. Indagine geotecnica	9
4. Basi dei calcoli energetici	11
4.1. Temperature interne e esterne	12
4.2. Elementi esterni	13
4.2.1. Muri esterni	13
4.2.2. Tetti	16
4.2.3. Finestre e vetrate di grandi dimensioni	17
4.2.4. Platea di fondazione	19
4.3. Sistema di controcorrente tubo-nel-tubo	20
4.4. Maggiori ricavi termici interno	21
5. Preriscaldamento dell'acqua potabile: magazzino centrale	21
6. Calcoli energetici	22
6.1. Perdita di calore di una parete esterna tramite trasmissione	22
6.2. Fabbisogno di riscaldamento di una casa monofamiliare	26
7. Misurazioni della temperatura con un esempio realmente eseguito	27
8. Prospettive	31

1. Introduzione

Oggigiorno viene usata ca. il 60 - 70% dell'energia a noi disponibile per la climatizzazione, questo vuol dire per riscaldare e raffreddare Edifici – questo è un Lusso insostenibile, se si pensa, che abbiamo a disposizione alternative, compatibili con l'ambiente e anche economicamente sensate.

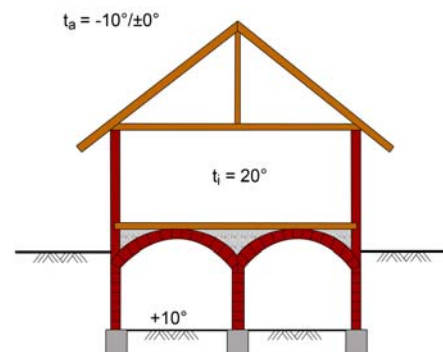
Nonostante molteplici attività di usufrutto di energie rinnovabili, lo sfoggio di energia primaria per la produzione di tali sistemi e impianti, così come i costi di acquisto per la tecnica fotovoltaica, collettori solari, mulini a vento o per pompe, sono, in confronto al risparmio di energia ottenuto, ancora troppo alti.

In questa relazione viene presentata la tecnologia per edifici *Terrasol*, per la climatizzazione di edifici attraverso l'uso del corpo del suolo al di sotto dell'edificio, come mezzo memorizzatore e dell'energia solare, come fonte di energia. Questa tecnologia ha bisogno di piccole quantità di energia ed offre, accanto alla protezione della natura e dell'ambiente che diventa sempre più importante per le generazioni future, e anche l'aspetto economico, relativo ai costi di produzione e di esercizio, un'alternativa per gli impianti tradizionali di climatizzazione e riscaldamento.

2. Utilizzo dell'energia terrestre superficiale e sostenuta dal sole per risparmiare energia in edifici

Il flusso continuativo di calore direzionato dall'interno alla superficie terrestre è valutato con 4×10^{10} kW; relativo alla superficie della terra sono circa $0,7$ kWh/m²/anno. Per un uso diretto, questo valore è troppo scarso. Per questo posso essere prese in considerazione solo anomalie geotermiche: Acque calde, racchiuse in un Aquifer e che, eccetto attraverso geyser, di solito non hanno nessun collegamento naturale con la superficie terrestre.

L'uso termico del sottosuolo è momentaneamente un tema molto diffuso in Germania; si distingue tra l'uso dell'acqua freatica con impianti di pozzo, l'uso del sottosuolo superficiale attraverso collettori di energia terrestre e sonde di energia terrestre, anche pali di fondazione ("pali di energia") vengono usati come portatori di calore. In tutti questi casi vengono utilizzate pompe di calore, per poter raggiungere la



$$\Delta t = t_i - t_a$$

1.) $t_a = \pm 0^\circ$	$\Delta t = 20^\circ - (\pm 0^\circ) = 20 \text{ K}$
2.) $t_a = -10^\circ$	$\Delta t = 20^\circ - (-10^\circ) = 30 \text{ K}$

fig. 2.1. cantina

temperatura di mandata che serve per poter riscaldare gli edifici.

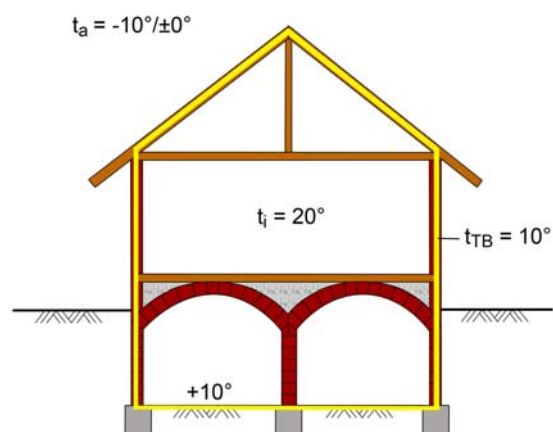
Una strada assolutamente diversa ed essenzialmente più economica è stata percorsa dal ricercatore e sviluppatore di Lussenburgo, Dipl.-Ing. e Fisico Edmond D. Krecké, usando direttamente la temperatura terrestre superficiale, sostenuta dal calore solare.

È noto che d'estate e anche d'inverno, in una profondità dai 3 ai 4 m si trova una temperatura indipendente dell'atmosfera terrestre dai 9°C ai 11 °C. Più di uno la nominano temperatura di cantina: d'inverno sentiamo caldo e d'estate sentiamo fresco. Nell'edificio nascente, l'energia di riscaldamento è conforme alle rispettive differenze di temperatura tra l'interno e l'esterno (fig. 2.1.). Se per scopi pratici sfruttassimo questa smisurata misura di temperatura esistente, "rifornendo" tutti gli elementi esterni con questa temperatura, diciamo di 10° C, anche temperature esterne molto basse non influenzerebbero direttamente le temperature interne: avremmo per così dire creato una barriera termica, ed il consumo di energia dell'edificio sarebbe solo dipendente della differenza di temperatura tra la temperatura interna e la temperatura di barriera -come nell'immagine 2.2.- indifferentemente da quanto scende la temperatura esterna.

E ora, come possiamo rifornire gli elementi esterni con la temperatura terrestre?

Nel pavimento della cantina, in circa 3 m di profondità, vengono posati dei tubi nei quali circola acqua. L'acqua assorbe la temperatura terrestre, viene pompata nelle parti esterne e dopo aver consegnato il calore scorre indietro.

Se si costruisce un edificio sul terreno senza cantina o con cantina nel terreno e si isola la platea dalla parte di sopra, si sbarra il flusso di calore proveniente dall'interno della superficie terrestre sotto la platea di fondazione; là salgono le temperature fino a che si forma un equilibrio con il flusso di calore che dal lato dell'edificio fa una fuga nell'atmosfera terrestre. Questo elevamento di temperatura accade naturalmente, anche se l'edificio non viene riscaldato. Questa salita di temperatura dipende tra l'altro dalla profondità di fondazione e dalla pianta di superficie dell'edificio. Raggiunge momentaneamente dai 2 - 4 Kelvin (K), così che la temperatura nella barriera termica è di 12° C e per il



$$\Delta t = t_i - t_{TB} = 20^\circ - 10^\circ = 10 \text{ K}$$

fig 2.2. cantina con barriera termica

consumo di energia è determinante raggiungere la differenza di temperatura

$$\Delta t = 20^\circ - 12^\circ = 8 \text{ K}$$

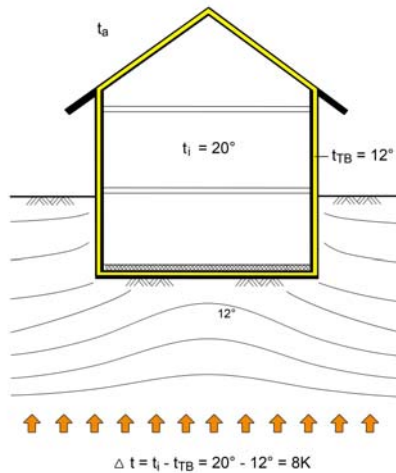


fig. 2.3. Calore terrestre sotto un edificio isolato

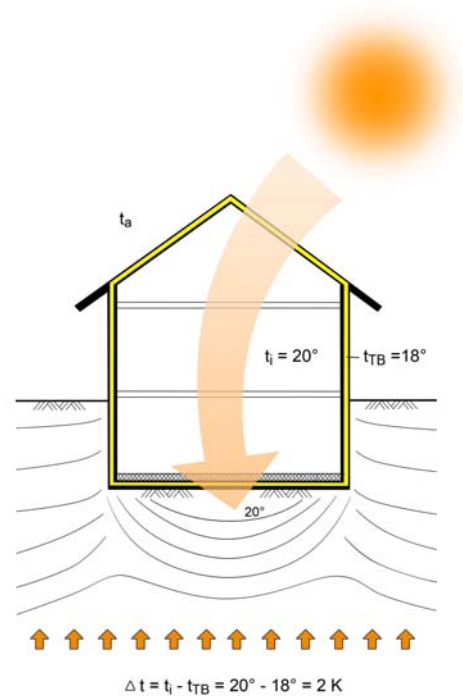


fig. 2.3. Calore terrestre con sostegno solare

Sarebbe desiderabile ridurre ulteriormente questa differenza di temperatura, tramite l'ulteriore aumento della temperatura nella barriera termica e cioè ad una temperatura, che provvede a temperature interne gradevoli, senza che sia necessaria un'adduzione di energia, mentre l'aumento solare viene naturalmente preso in considerazione, per esempio attraverso finestre o aumenti interni tramite l'uso dell'edificio.

Qui, al Fisico Kreckè, è venuto in mente di "spillare" un'altra fonte energetica inesauribilmente esistente, molto produttiva e anche gratuita: il sole (fig. 2.4.).

Anche in Germania l'irradiazione solare annuale indica un'energia momentanea di 1.000 kWh/m²/anno su superfici orizzontali (fig. 2.5.).

Supponiamo che per il mantenimento della barriera termica, abbiamo bisogno di una quantità di energia di 10 kWh relativa al m² di base e per anno, in Germania potremmo così con l'energia di irradiazione rifornire 100 piani! Un valore teorico, dal quale devono essere ancora sottratte le perdite, ma che mostra però tuttavia l'ordine di grandezza. Inoltre, con case alte, non solo contano le aree del tetto orizzontali od obliqui, ma anche le superfici dei muri verticali possono essere utilizzate per l'assorbimento.

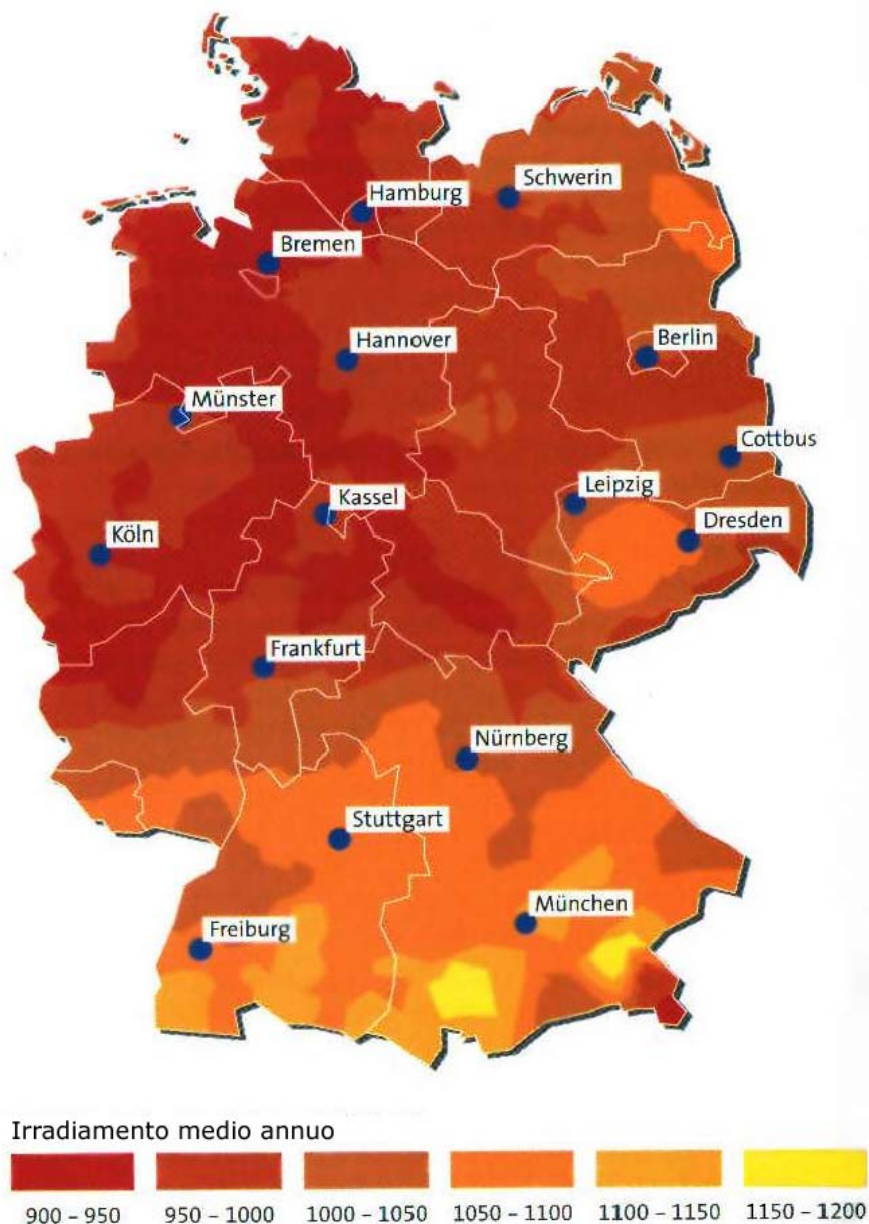


fig. 2.5. irradiazione solare in Germania – somma annua media in kWh/m²

Riconosciamo che con il sole, abbiamo a disposizione una fonte energetica, con cui possiamo climatizzare gli edifici quasi gratuitamente. È solo una domanda dell'assorbimento così come del trasporto e dell'immagazzinamento dell'energia. Con la terra, abbiamo a disposizione una fonte energetica per il raffreddamento così come un mezzo di immagazzinamento del calore solare. Questa la chiamiamo tecnica *Terrasol*.

Sotto la copertura del tetto, più esattamente la copertura del tetto e l'isolamento termico, vengono posati i conduttori di assorbimento – tubetti di plastica, come sono stati descritti prima i conduttori per la barriera termica; nei muri esterni – se sono necessari conduttori di assorbimento – vengono posati nell'intonaco esterno. L'acqua contenuta nei tubetti si riscalda d'estate attraverso la luce solare e temperature esterne adeguate, fino a 75° C, d'inverno con gradi sotto lo zero e luce solare a 20° - 25° C.

Nei tubi isolati, l'acqua riscaldata scorre nella platea e precisamente nella zona centrale se ha temperature alte o nelle zone medie o marginali se ha temperature più basse (fig. 2.6.). Dalla platea isolata al di sopra, il calore va nel terreno, dove viene immagazzinato. Per ridurre le perdite di calore laterali – ridurre il calore, che fa una fuga nell'atmosfera terrestre - viene installato un isolamento adeguato lungo la pianta dell'edificio. Se ce ne è bisogno, l'acqua contenuta nei tubi della platea, viene riscaldata con il calore immagazzinato nel terreno, fatta scorrere nella barriera termica dell'involucro esterno, dove rinfrescata viene riportata di nuovo alla platea. Attraverso una varietà di misurazioni ad edifici dotati del principio *Terrasol*, è stato constatato, che la temperatura dell'acqua contenuta nei tubi della platea, prima che viene pompata nell'involucro esterno, ha una temperatura di 18° - 20° C; la temperatura del terreno sotto la platea circa 20° - 22° C.

Temperature più alte non vengono raggiunte nel magazzino terrestre, anche se prima vengono ottenute alte rese di assorbimento: invece di un aumento di temperatura ingrandisce il volume del magazzino terrestre.

Attraverso esperienze decennali, si è osservato che usando le aree dei tetti come aree di assorbimento, abbiamo molto più energia di calore disposizione di come necessario.

Nella maggioranza dei casi, nella zona centrale di un edificio viene messo un cosiddetto magazzino centrale isolato ovunque, che al contrario del magazzino terrestre è composto con conduttori flessibili. Con ciò vengono raggiunte temperature d'acqua fino a 35° C, che vengono usati per il riscaldamento dell'acqua potabile.

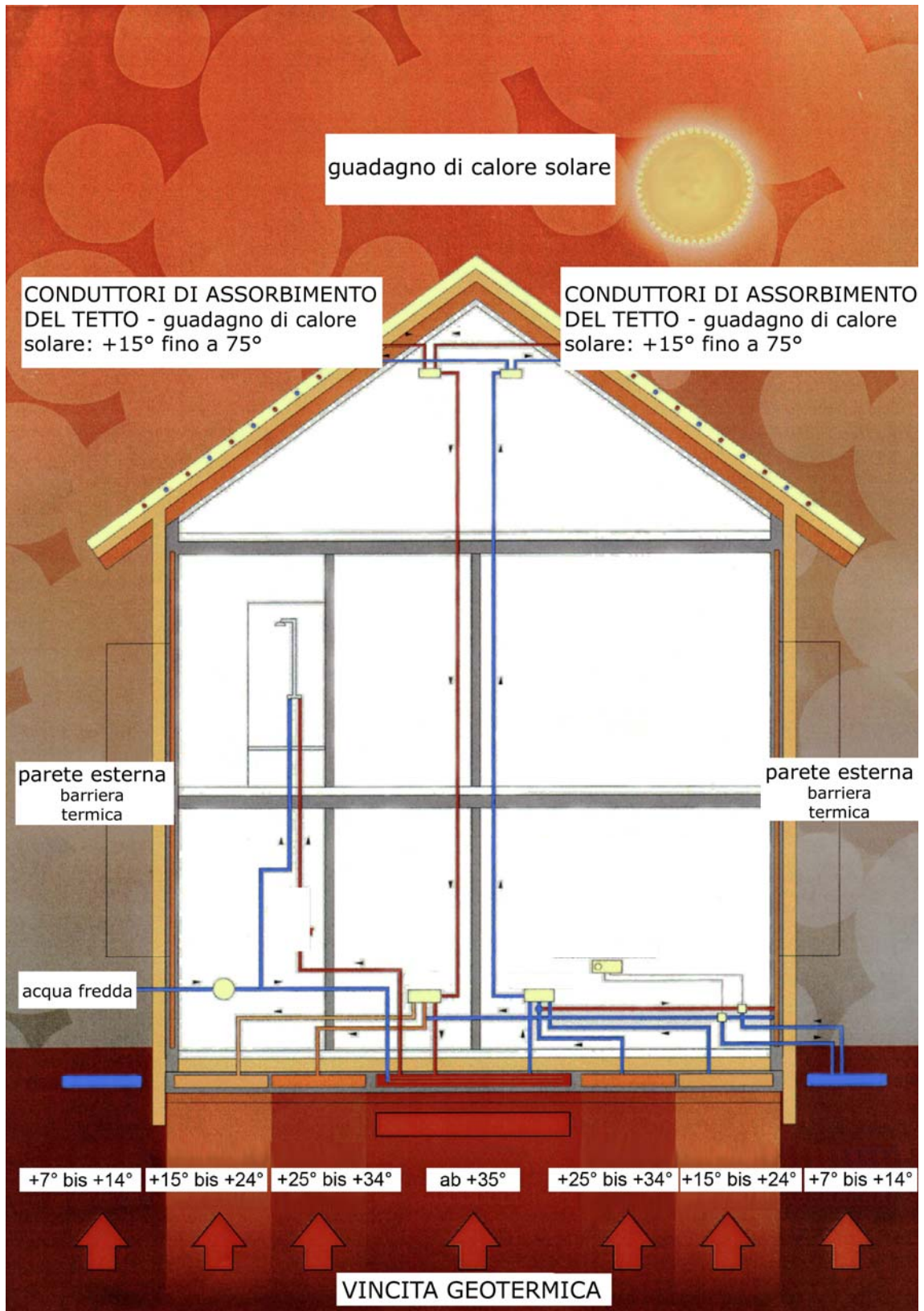


fig. 2.6. principio di tubatura / conduzione

Le condutture flessibili della barriera termica, che d'inverno vengono usate per il riscaldamento dell'involucro dell'edificio, vengono usate d'estate per il raffreddamento. Fino a poco tempo fa, nel terreno al di fuori della pianta dell'edificio e così anche al di fuori del magazzino terrestre venivano posate condutture flessibili con temperature d'acqua adeguatamente basse. Qui, è stata raggiunta una semplificazione: per il raffreddamento in estate vengono usate le condutture flessibili delle zone marginali del magazzino terrestre, perché - come già menzionato - qui non vengono ottenute temperature più alte di 20° a 22° C. Oltre agli effetti di risparmio attraverso le considerevolmente minori lunghezze delle condutture, viene anche il vantaggio che d'estate, nel caso di raffreddamento, quando la temperatura dell'acqua aumentata nella barriera termica, questa temperatura aumentata può essere di nuovo consegnata e immagazzinata.

La climatizzazione, il riscaldare e raffreddare di un'edificio attraverso la barriera termica negli elementi esterni rappresenta, per quanto riguarda la regolazione della temperatura, un sistema pigro. Perciò viene aggiunto un componente svelto, in forma di una particolare e pure brevettata ventilazione di un impianto controcorrente tubo-nel-tubo. In un tubo esterno più grande viene condotta l'aria di scarico e in un tubo interno più piccolo l'aria di alimentazione. La tubatura viene postata sotto la platea di fondazione nel magazzino terrestre. Attraverso entrambi i tubi situati uno nell'altro, che nel cantiere vengono poi avvolti con lamiere sottili di acciaio, raggiungono un grado di recupero di calore fino al 98%.

Con aiuto del sistema descritto, si ottengono dei consumi energetici estremamente bassi, tra 5 e 12 kWh/m²/anno. Per paragonare vengono menzionati i seguenti valori:

- Case passive 15 - 25 kWh/m²/anno
- Case a bassa energia 40 - 60 kWh/m²/anno
- Edificio dopo la prescrizione di protezione del calore 1995
90 - 100 kWh/m²/anno
- Inventario di edifici tedeschi momentaneamente 200 kWh/m²/anno
- Edifici per uffici vetriati 500 kWh/m²/anno

I consumi estremamente bassi di energia di edifici con tecnica *Terrasol* non vengono acquistati con costi di produzione alti; al contrario. In confronto ad usuali case passive risultano i seguenti vantaggi:

- Pareti esterne estremamente snelle ed economiche
- Più conveniente di tradizionali tecniche di riscaldamento e ventilazione
- In confronto insolazione minima delle pareti esterne, quindi un guadagno di superficie utile
- Temperatura regolare in tutti gli elementi esterni, grazie a questo, nessuna formazione di condensato e di muffa, quindi un clima naturale e sano
- Contributo molto alto per la tutela ambientale, poiché nessuna emissione di CO₂
- Comportamento di uso praticamente illimitato, poiché fonte energetica gratuita in abbondanza
- Costose finestre ad alta isolamento non sono necessarie.

Finora abbiamo trattato la barriera di temperatura in elementi massicci, mentre il portatore di temperatura, con il quale viene climatizzato l'involucro esterno, consiste dal mezzo acqua.

Per grandi superfici di vetro, con perdite di calore relativamente alte d'inverno e alti ingressi di energia d'estate, è stata brevettata recentemente una barriera di temperatura con portatore di temperatura dal mezzo aria, analoga alla barriera di temperatura nelle pareti esterne tramite il portatore di temperatura acqua, vedi sezione 4.2.3, cosicché con questo sviluppo rivoluzionario e tuttavia estremamente economico da Lussenburgo, sarà possibile in futuro progettare e costruire delle grandi facciate in vetro, ecologiche e a risparmio di energia.

3. Indagine geotecnica

La tecnologia *Terrasol* messa a punto dalla @Isomax Castellum Investment AG, usa il terreno naturale esistente sotto i corpi di fondazione degli edifici come magazzino di calore. Quindi il sottosuolo è da esaminare, non solo sulla sua portata, ma anche per quanto riguarda la sua conducibilità di calore e le sue capacità di immagazzinamento del calore. Per motivi economici, altri magazzini di calore artificiali sono da preparare solo in casi particolari. In linea di massima si può tenere presente che suoli umidi hanno una capacità di immagazzinamento di calore più alta di suoli asciutti. L'acqua possiede una capacità di immagazzinamento di calore più alta. Di seguito vengono indicati alcuni valori della direttiva 4640 dell'associazione di ingegneri tedeschi. Per altri suoli possono essere prelevati là ulteriori valori.

Tabella 3.1. Esempi per conducibilità di calore e capacità specifica di calore del sottosuolo riferita al volume, con circa 20°C (Estratto dalla direttiva VDI 460, pagina 1, tabella 1)

Roccia	Densità ρ 10 ³ kg/m ³	Conducibilità di Calore λ W/(m · K) (valore di calcolo tipico)	Capacità specifica di calore riferita al volume $\rho \cdot c_p$ kWh/(m ³ K)
<i>Rocce magmatiche</i> basalto	2,6 – 3,2	1,7	0,64
<i>Rocce metamorfiche</i> marmo	2,5 – 2,8	2,1	0,56
<i>Rocce sedimentarie</i> pietra calcare pietra arenaria	2,6 – 2,7 2,2 – 2,7	2,8 2,3	0,58 – 0,67 0,44 – 0,78
<i>Rocce malferme</i> ghiaia, asciutta ghiaia, bagnata sabbia, asciutta sabbia, bagnata argilla/limo, asciutta argilla/limo, bagnata	2,7 – 2,8 ca. 2,7 2,6 – 2,7 2,6 – 2,7 n.a. n.a.	0,4 1,8 0,4 2,4 0,5 1,7	0,39 – 0,44 ca. 0,67 0,61 – 0,81 0,42 – 0,44 0,44 – 0,94
<i>Altre materie</i> cemento aria (0 – 20°, asciutta) acciaio acqua (+ 10°)	ca. 2,0 0,0012 7,8 0,999	1,6 0,02 60 0,59	ca. 0,5 0,00033 0,87 1,15

Particolare attenzione è da volgere alle indagini geotecniche, se nella zona del futuro magazzino di calore esiste o si presenta acqua freatica. Se si presenta acqua freatica, sono da definire le oscillazioni e la sua probabilità di ritorno.

Con acqua freatica torrenziale è da differenziare tra corrente verticale e orizzontale. Correnti verticali sono senza difficoltà, poiché la posizione dell'energia di calore immagazzinata nell'acqua può solo essere alzata o abbassata. Con correnti orizzontali dell'acqua freatica bisogna definire la velocità di flusso attraverso esperimenti. Velocità di flusso fino a pochi metri per anno sono senza difficoltà. Se le velocità di flusso sono più alte, sono da ridurre, in dipendenza dalla grandezza del terreno edificabile, tramite provvedimenti come di seguito indicati.

Per singoli e piccoli progetti di costruzione, il suolo viene scavato da ca. 2,5 a 3 m più basso di come necessario per il corpo di fondazione. Nello scavo di fondazione approfondito, viene posata una pellicola resistente di plastica perforata, la cui perforazione è misurata così che la velocità ridotta di flusso orizzontale dell'acqua freatica viene regolata. Lo

scavo di fondazione approfondito è da concludere riempiendolo e da compattare in modo solido, come materiale di riempimento, normalmente viene usato il terreno naturale. Invece di usare una pellicola perforata, può essere posato anche un materiale per il terreno con una piccola permeabilità all'acqua. Anche questo è da concordare con il perito geotecnico.

Per progetti di costruzione più grandi, si suggerisce di circondare l'area edificabile con dei pali vibrati e riempiti. Vengono scavate delle forature in distanze orizzontali stabilite e in seguito riempite con un materiale ben comprimibile. Con il riempimento a strati, viene compattato il materiale del terreno. Durante questi lavori di compressione, viene compattato anche il terreno naturale tra i singoli pali e viene ridotta la permeabilità dell'acqua freatica. Tutti i provvedimenti riguardanti l'acqua freatica sono da concordare con l'autorità d'acqua competente.

Anche con più grandi movimenti orizzontali dell'acqua freatica riscaldata è da notare positivamente, che il volume cellulare rappresenta un buon strato isolante, al di sopra dello livello conduttore, di acqua freatica. Questo impedisce la fuoriuscita del calore immagazzinato all'esterno della pianta dell'edificio nell'atmosfera terrestre.

4. Basi dei calcoli energetici

Per eseguire dei calcoli energetici per un edificio, cioè per poter accertare il fabbisogno di calore e raffreddamento, c'è innanzitutto bisogno di alcuni accertamenti, ad esempio le temperature esterne che dominano il luogo, le temperature interne desiderate e richieste, l'architettura della costruzione degli elementi esterni, l'uso dell'edificio etc.

4.1. Temperature interne e esterne

In Germania, le temperature medie esterne mensili sono fissate in DIN V 4108-6 e riprodotte nella tabella 4.1. Se in un paese non esistono fissazioni, i valori medi mensili per gli ultimi 3 – 5 anni, possono essere richiesti a una stazione meteorologica. Con i valori medi mensili degli anni scorsi si possono calcolare i valori medi mensili, che vengono presi per base per il calcolo energetico. Sono da considerare aumenti o riduzioni di sicurezza o eventuali "fuggitivi", come l'anno 2003 ricco di sole nell'Europa centrale, non devono essere considerati per il ritrovamento del valore medio. La temperatura media esterna per tutto l'anno, in Germania per esempio 8,9°C, non entra direttamente nel calcolo energetico.

Tabella 4.1. Temperature medie al mese in Germania
DIN V 4108-6

	t_A [°C]	t_i [°C]	ΔT [K]
Gennaio	-1,3	19,0	20,3
Febbraio	0,6	19,0	18,4
Marzo	4,1	19,0	14,9
Aprile	9,5	19,0	9,5
Maggio	12,9	19,0	6,1
Giugno	15,7	19,0	3,3
Luglio	18,0	19,0	1,0
Agosto	18,3	19,0	0,7
Settembre	14,4	19,0	4,6
Ottobre	9,1	19,0	9,9
Novembre	4,7	19,0	14,3
Dicembre	1,3	19,0	17,7
	8,9		

t_A : Temperatura esterna media
 t_i : Temperatura interna - norma
 ΔT : Differenza di temperatura

Per quanto riguarda la temperatura interna, non è da considerare la temperatura massima interna desiderata di una o più stanze, bensì la temperatura media per tutto l'edificio. In Germania sono 19°C in conformità al DIN V 4108-6.

Per quanto riguarda la temperatura della barriera termica da considerare nel quadro del calcolo energetico, bisogna considerare quanto segue: da dozzine di misurazioni con diversi progetti, in differenti zone climatiche si sa, che l'acqua riscaldata dal terreno che si trova nelle condutture flessibili della platea, prima di alimentare la barriera termica degli elementi esterni, ha una temperatura di 20°C - 21°C, se precedentemente è stato assorbito e immagazzinato calore solare nel magazzino terrestre, dalla primavera fino all'autunno, dunque per un semestre di estate completo. Considerando una piccola perdita di

potenza, la temperatura della barriera termica si può perciò applicare un minimo di 18°C nel calcolo energetico.

In un'attivazione di un edificio, per esempio in ottobre, se prima non è avvenuto un immagazzinamento di calore, è da applicare una temperatura nella barriera termica di 10°C. Tra questi valori si può mediare. Così si può rilevare il bisogno di calore annuo per veri gradi di immagazzinamento di calore. Se partiamo dal presupposto che nella fase iniziale il grado di immagazzinamento di calore è minore, bisogna così coprire il bisogno di calore supplementare in questa fase iniziale, attraverso provvedimenti particolari. Qui vengono in questione registri di calore all'apertura dei tubi di alimentazione della ventilazione o il riscaldare dell'acqua della barriera termica. Non appena è stato immagazzinato calore sufficiente nel magazzino terrestre, si può rinunciare a questi provvedimenti speciali.

A questo proposito è interessante che in base a constatazioni fatte con esperienze di anni, anche dopo un intenso immagazzinamento di calore nel terreno le temperature sotto la platea, naturalmente all'infuori del nucleo di immagazzinamento, non superano mai i 20°C - 22°C. Con temperature alte estive, è quindi possibile, rifornire la barriera di temperatura dell'involucro esterno con le stesse tubazioni della platea e di ridurre il peso di raffreddamento e così la temperatura interna. Se i pesi di raffreddamento dell'edificio sono più alti del solito, si può posare un circuito di raffreddamento speciale, con condutture flessibili al di fuori della pianta dell'edificio, nel terreno con i tubi già posati.

Esigenze speciali di temperature per stanze particolari, per esempio in Germania vengono richiesti 24°C nei bagni, o richieste per camere fredde, sono da trattare a parte e da stanza a stanza, non sono per cui oggetto del calcolo energetico dell'edificio.

4.2. Elementi esterni

Le perdite di calore di un edificio nei mesi, nei quali le temperature esterne sono più basse delle temperature interne richieste, e le registrazioni di calore di un edificio nei mesi, nei quali le temperature esterne sono più alte delle temperature interne richieste, accadono con la trasmissione attraverso gli elementi esterni (pareti esterne; tetti; finestre).

Con le finestre si aggiunge anche la trasmissione di calore attraverso radiazione.

4.2.1. Muri esterni

La barriera termica può essere installata in linea di massima in tutti i tipi di costruzioni di muri esterni, ma anche in edifici già esistenti può essere utilizzata la barriera termica senza problemi.

Costruzioni nuove con muri di calcestruzzo (cemento normale o leggero; muri armati o no) si suggerisce di posare la barriera termica nel muro (fig. 4.2.).

In Muri in muratura e pareti di costruzioni esistenti la barriera termica viene fissata sulla superficie esterna della parete e poi intonacata. L'intonaco è necessario come superficie piana per l'isolamento successivo, ma anche come conduttore di temperatura verso il livello della temperatura (fig. 4.3.).

Una costruzione esterna molto economica si ottiene con la produzione di pareti brevettate Biopor in calcestruzzo leggero con pannelli di espanso rigido in polistirolo su entrambi i lati, come cassaforma con spessore 5 o 7,5 cm.

In case di legno, la barriera termica viene annegata in un massetto o in un materiale bituminoso, a causa dell'esigenza di conduzione di calore (Foto 4.4.).



fig. 4.2. parete esterna in cemento con barriera termica (BT)



fig. 4.3. parete esterna in muratura con BT



fig. 4.4. parete esterna di una casa di legno con BT

La barriera di temperatura (TBC) nei o sui muri esterni viene ordinata da zona a zona, mentre le singole zone corrispondono alle camere interne. Così è possibile una regolazione della barriera di temperatura da stanza a stanza. (Foto 4.5.).

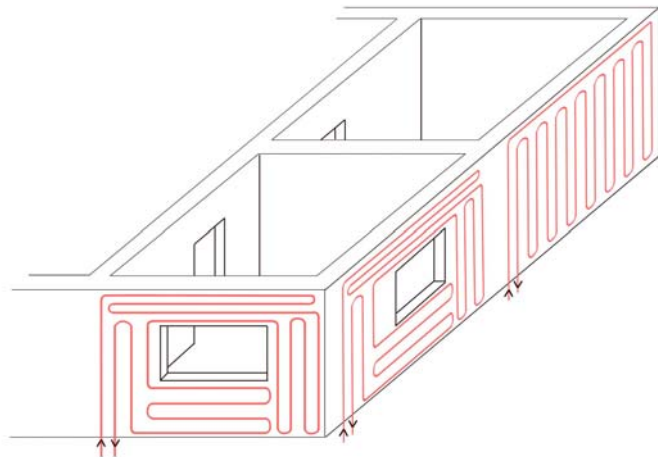


fig. 4.5. ordinamento della barriera termica da stanza a stanza

Per limitare le perdite per attriti e con esso la capacità di rendimento delle pompe, è da limitare la lunghezza delle singole condutture flessibili da 100 - 120m massimo. Al momento di posa sono da evitare punti di incrocio.

Foto 4.6. mostra due fondamentali possibilità di percorso del conduttore da zona a zona. Il percorso di conduzione che viene presentato sulla foto 4.6.b ha il vantaggio -scarso- che le diverse temperature della mandata e del reflusso vengono compensate. Questo tipo di posa richiede però dispendio al momento della progettazione e dell'esecuzione. Attenzione particolare è da dedicare al percorso di conduzione nella zona delle finestre e vano delle porte. Le distanze tra le tubature una sotto l'altra raggiungono circa 20 - 25cm.

Se le aree del tetto non bastano per poter posare i conduttori di assorbimento necessari, possono essere disposti anche nelle pareti esterne. I conduttori di assorbimento vengono poi posati in un intonaco esterno con uno spessore corrispondente.

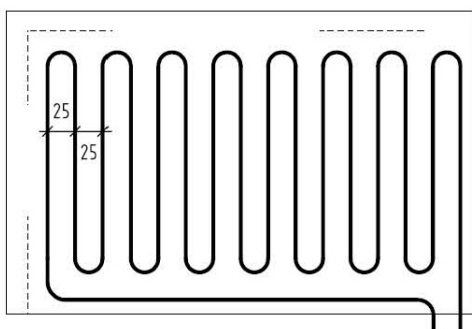


fig. 4.6.a percorso del conduttore in pareti esterne

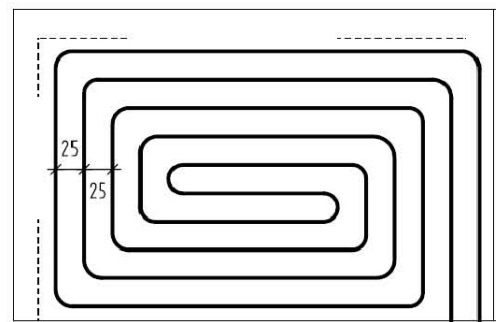


fig. 4.6.b percorso alternativo del conduttore in pareti esterne

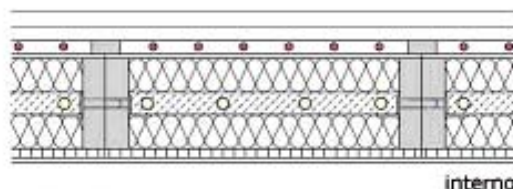
4.2.2 Tetti

Principalmente si distingue fra il tetto freddo e il tetto caldo. Nei tetti freddi, spesso a forma di tetto ripido, i conduttori di assorbimento si posano sotto il rivestimento del tetto, cioè nell'intercapedine tra la copertura del tetto e l'isolamento termico. Il fatto che si possa fare a meno della barriera termica sotto l'isolamento termico, dipende, nel caso specifico, dal rapporto tra la superficie della parete e le superfici dei tetti nei vani della mansarda. Alla presenza di una quota di superficie relativamente alta, come per esempio la superficie di pareti a due falde con barriera termica, si può rinunciare alla barriera termica nelle superfici del tetto.

Nel caso di una quota di superficie parietale relativamente bassa nella mansarda, cioè in presenza di una bassa quota di superficie con barriera termica, occorre una barriera termica nelle superfici del tetto.

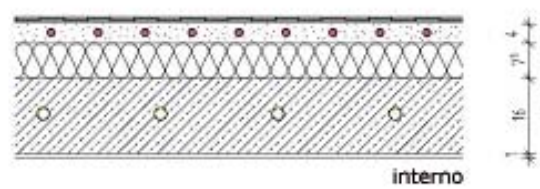
Una tecnica costruttiva particolarmente economica e brevettata, consiste nella realizzazione di elementi tetto prefabbricati con barriera termica e campo di assorbimento integrati. La fig. 4.7 rappresenta un elemento prefabbricato di questo genere dalla larghezza di 1,20 m ca., prodotto in fabbrica e messo in opera sul cantiere.

Nella costruzione del tetto caldo, la barriera termica viene posata o come nella parete esterna in cemento oppure sulla superficie esterna della struttura portante del tetto con un massetto che funge da letto per i tubi. Su esso si applica l'isolamento termico, e su questo si montano i tubi di assorbimento nel massetto che serve da sottostruttura dell'impermeabilizzazione del tetto, come da fig. 4.8.



costruzione del tetto:
dall'interno

- cartongesso
- lastra OSB
- PS 15 SE 040
- massetto anidritico con barriera termica PP 20x2
- PS 15 SE 040
- Ronotec WP / DP 50
- doppia listellatura
- lamina
- listellatura tetto con conduttori assorbenti 12 / a=10 cm
- copertura del tetto



costruzione del tetto:
dall'interno

- intonaco
- solaio in cemento armato con barriera termica PP 20x2
- isolamento
- massetto con conduttori assorbenti PP 12 / a=10 cm
- manto del tetto

Foto 4.7. tetto a capriata semplice (tetto freddo) con assorbitore e barriera di temperatura

Foto 4.8. tetto piano (tetto caldo) con assorbitore e barriera di temperatura

4.2.3. Finestre e vetrate di grandi dimensioni

A causa del calore solare guadagnato gratuitamente, immagazzinato nella terra, la tecnologia *Terrasol* messa a punto dalla Isomax Castellum Investment AG non ha particolari esigenze relative alle proprietà di isolamento termico delle superfici vetrate, per lo più sono sufficienti gli indici termici U (= valori di perdita di calore per la trasmissione termica) compresi tra i 1,1 ed i 1,3 W/(m²K). Non occorrono delle finestre con vetri di migliori caratteristiche isolanti, né tanto meno le finestre a triplice vetro. Nei confronti delle usuali edifici passivi anche questo aspetto rappresenta un importante pregio economico. La determinazione della qualità delle finestre avviene secondo il calcolo energetico.

I guadagni solari dovuti alle vetrate dipendono dall'esposizione dell'edificio. Tuttavia non c'è bisogno di prestarci particolare attenzione, dal momento che c'è a disposizione energia gratuita sufficiente sia per il riscaldamento che per il raffreddamento dell'edificio. In tal modo, al momento dell'esposizione dell'edificio, i parametri come l'inserimento ambientale e l'utilizzo dell'edificio, possono avere priorità rispetto ai guadagni di calore solare.

Nel caso di vetrate con dimensioni molto grandi si noti un ulteriore sviluppo innovativo: la barriera termica rappresentata dall'aria.

Questa tecnica è stata applicata per la prima volta quattro anni fa per una serie di edifici per uffici con costruzione analoga, realizzati in Chengdu, in Cina. Negli atri a due livelli, con pareti di vetro, è stato montato soltanto un vetro dallo spessore di 12 mm e posizionato ad un'altezza di 6 m ca. A causa del necessario raffreddamento nei momenti di insolazione e le alte temperature esterne, in quel contesto l'estate va vista più problematicamente rispetto all'inverno. Alla base della vetrata si inietta aria calda o fredda tra i 18° e i 19°C che viene condotta attraverso la terra. A causa del riscaldamento lungo le vetrate la temperatura dell'aria aumenta da ca. 5 a 6 K al livello di 6 m ca. e viene fatta defluire ai margini superiori delle vetrate. L'aria riscaldata viene condotta mediante dei canali di aerazione attraverso la terra dove perde di calore e viene diretta di nuovo ai piedi delle vetrate. In tal modo si è creata una efficace barriera termica di aria davanti alla vetrata. La corrente elettrica e con ciò l'energia occorre soltanto per il trasporto dell'aria, ma non per il riscaldamento o il raffreddamento degli edifici.

Nella relativa documentazione del brevetto sono descritte in modo dettagliato le diverse modalità di esecuzione. Un maggiore effetto da camera d'aria davanti alla superficie esterna della vetrata si ottiene con il posizionamento di una seconda vetrata interna a distanza di 6 - 8 cm.

La tecnica descritta rende possibile, per la prima volta, un edificio da energia a ZERO con le superfici delle facciate completamente realizzate in vetro. Si ricorda che secondo una definizione dell'istituto tedesco "Fraunhofer" gli edifici con un fabbisogno energetico inferiore ai 15 kWh/m²/annuo possono essere classificati come edificio con fabbisogno energetico pari a ZERO (corrisponde in Italia alla categoria CasaClima Gold / A-più).

La fig. 4.9 mostra schematicamente la tecnica della barriera termica rappresentata dall'aria.

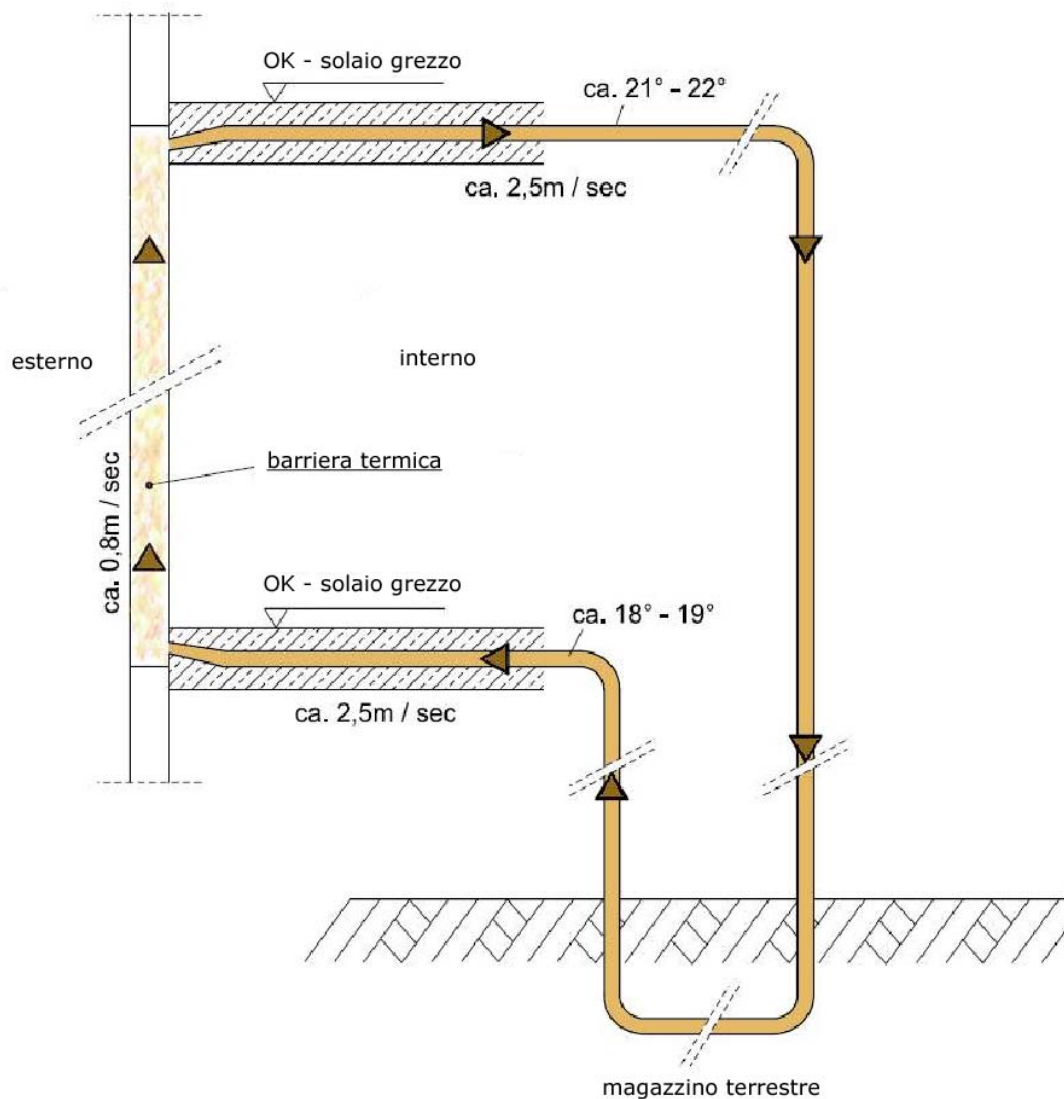


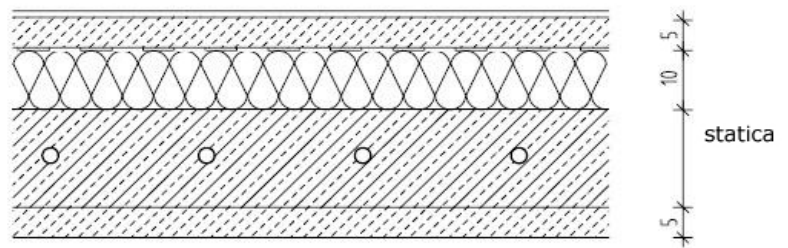
fig. 4.9. barriera termica rappresentata dall'aria

4.2.4. Platea di fondazione

La platea di fondazione viene realizzata in cemento armato. Lo spessore viene definito secondo il calcolo statico. Per gli edifici più bassi, lo spessore di 20 cm è quasi sempre sufficiente (fig. 4.10).

I conduttori di assorbimento provenienti dal tetto ed eventualmente anche dalle pareti esterne sono raccolti in un collettore per essere condotti, a seconda della temperatura

dell'acqua, in diverse zone della soletta.



costruzione:
da sotto

- strato di pulizia
- cemento armato con barriera termica
- isolamento con styrodur
- lamina PE
- massetto
- rivestimento

fig. 4.10. Platea di fondazione con barriera termica

- l'acqua con temperature superiori ai 35°C viene condotta nella zona centrale. Nel caso in cui sia previsto un serbatoio per il preriscaldamento dell'acqua potabile, lo stesso è posizionato nella zona centrale.
- l'acqua con temperature tra i 25° ed i 35° viene condotta nella zona intermedia.
- l'acqua con temperature fino ai 25° viene condotta nella zona marginale.

Le varie zone sono contraddistinte nella fig. 2.6.

Il percorso dei conduttori nella platea va rappresentata nei disegni grafici, così che sul cantiere si possa lavorare secondo inequivocabili indicazioni prestabilite. La platea va isolata sul lato superiore, così che il calore defluisca totalmente nel magazzino terrestre.

Nel caso di vecchi edifici, alle volte non sarà possibile e/o non economico far arrivare l'energia solare all'interno o al di sotto della platea. In tal caso i conduttori possono essere posizionati nella terra ai lati dell'edificio preesistente. Vanno comunque isolati lateralmente e verso sopra.

4.3. Sistema di controcorrente tubo-nel-tubo

Poiché la barriera termica negli elementi esterni è molto lenta nella regolazione della temperatura, si aggiunge una componente "rapida" in forma di un impianto di aerazione, altrettanto brevettato, il cosiddetto sistema di controcorrente tubo-nel-tubo. L'impianto consiste in un tubo esterno di maggiore diametro, che funge da condotto dell'aria viziata e un tubo interno più piccolo per immettere l'aria fresca (fig. 4.11.).

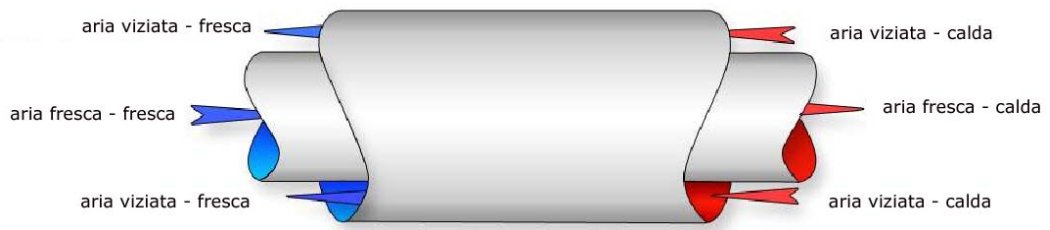


Foto 4.11. sistema di controcorrente tubo-nel-tubo

La tubolatura parte dalla superficie utile sopra il suolo e passa attraverso la platea nel magazzino terrestre sotto terra dove viene posata al di sotto della platea, preferibilmente nella zona marginale, per una lunghezza dai 40 ai 45 m, per poi aspirare aria fresca all'esterno dell'edificio e far defluire l'aria viziata. I tubi consistono in una lamiera arrotolata di acciaio inox dallo spessore di 0,12 - 0,15 mm dotata di costole per una migliore trasmissione del calore. Nel tubo adibito alla condotta dell'aria fresca, nelle pareti del tubo, la temperatura può scendere sotto il punto di rugiada con la formazione di condensa. Pertanto i tubi vanno messi nella terra con un'inclinazione del 0,5% e va provveduto all'eliminazione della condensa.

Per i calcoli della progettazione e del dimensionamento dei tubi di aerazione si possono utilizzare i programmi di simulazione dinamica. Vista la grande gamma delle condizioni ambientali annesse, come le condizioni del terreno, le condizioni climatiche ecc. si devono aspettarsi divergenze piuttosto importanti nei risultati. I parametri iniziali per detti calcoli che vanno determinati, sono tra gli altri, la densità del terreno, la sua capacità termica specifica, la conduttività termica e il contenuto idrico del terreno. Le velocità delle correnti dovrebbe essere tra 1,0 m/sec e 1,4 m/sec. Premesse le quote di scambio dell'aria tra 0,4 e 0,8/h, per le abitazioni nelle misure usuali, risultano delle correnti dell'aria dai volumi fino ai 500 m³/h.

4.4. Maggiori ricavi termici interni

I ricavi termici interni si ottengono dalle apparecchiature elettriche, le illuminazioni e le persone. In primo luogo va deciso se si deve tenere conto di una definizione differenziata oppure di una determinazione approssimativa dei ricavi termici, in base ai parametri di riferimento quali per esempio la superficie utile. Nell'ipotesi dell'opportunità di definire in modo differenziato il ricavo proveniente dalle apparecchiature elettriche, le illuminazioni e le persone, si dovrebbero includere nel calcolo anche le stagioni ed i mesi. Può servire da valore indicativo per una definizione approssimativa dei ricavi termici il fatto che nell'ambito delle normative tedesche sul risparmio energetico per edifici residenziali va calcolato un valore di 5 W per ogni m² di superficie utile dell'edificio. Nel caso del fabbricato residenziale con 150 m² di superficie abitativa utile ciò ammonta a 6.570 kWh/annuo.

5. Preriscaldamento dell'acqua potabile: magazzino centrale

E' opportuno prevedere il posizionamento di un magazzino centrale per il preriscaldamento dell'acqua da consumo, il cosiddetto magazzino centrale, sotto la platea. Si tratta di un corpo terrestre avvolto interamente con del materiale isolante, dallo spessore di 10 cm e resistente alla compressione, per accogliere le condutture flessibili con l'acqua dalle temperature superiori ai 35°C. Il predetto serbatoio dovrebbe essere calcolato nella misura tra i ca. 20 e fino ai 30 m³ per ogni unità abitativa.

Il magazzino centrale va posizionato nelle zone di minore carico statico, cioè possibilmente non al di sotto delle pareti portanti. Se ciò non è possibile, il terreno nel magazzino centrale deve essere opportunamente costipato. Tale circostanza va tenuta in conto già in sede di progettazione statica dell'edificio.

Diverso dal magazzino intermedio e da quello marginale, le condutture con l'acqua calda destinata al riscaldamento del serbatoio centrale, vengono condotte direttamente nel serbatoio. Per ogni m³ di terra dovrebbero essere previsti almeno 3 metri lineari di condotta di acqua calda. La fig. 5.1 rappresenta una modalità di esecuzione economica e utile allo scopo. Infatti, nella zona del magazzino centrale, avvolto interamente da materiale isolante, si posiziona un pannello armato al quale sono allacciate le condutture flessibili. Successivamente la zona del magazzino centrale viene riempita di terra.

Qualora il magazzino centrale viene posizionato in una zona di carico statico, il quale necessita la costipazione della terra nella zona del magazzino centrale, è opportuno prevedere delle pareti realizzate da uno o più elementi prefabbricati dallo spessore di 10 - 12 cm al fine di contenere tutte le condutture flessibili.

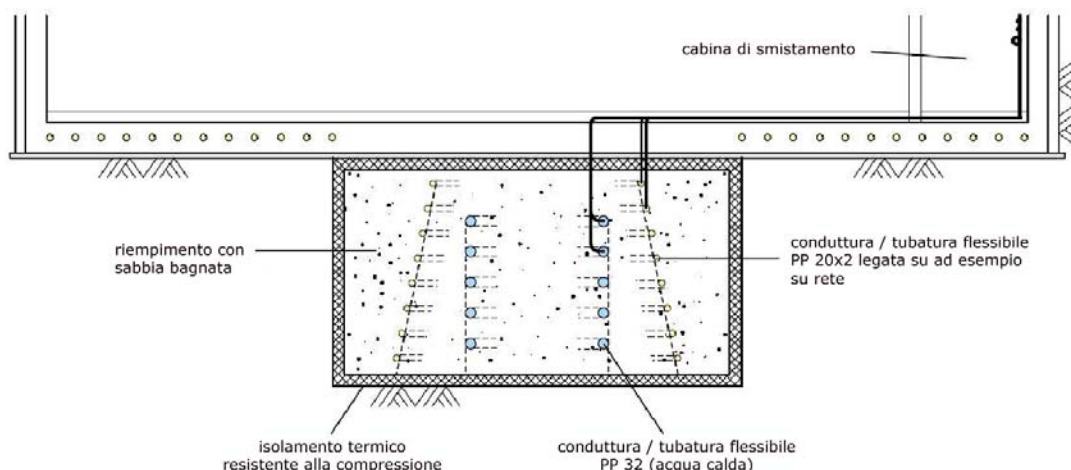


Foto 5.1. serbatoio interrato sotto la platea di fondazione

6. Calcoli energetici

6.1. Perdita di calore di una parete esterna tramite trasmissione

Qui in seguito si fa il confronto della perdita di calore tramite trasmissione per ogni m^2 di superficie di una parete con tubazione integrata, la cosiddetta barriera termica, e una parete di costruzione analoga, priva di barriera termica. La base della definizione della vito si fa il confronto della è stata rappresentata dagli dati prefissati dalla normativa tedesca sul risparmio energetico per le ubicazioni in territorio tedesco. Le pareti esterne prese in esame consistono in un'anima di cemento, dallo spessore di 15 cm, in cui è integrata la barriera termica, dotata di un isolamento termico dallo spessore di 7,5 cm sia esternamente che internamente (normativa PS 15, SE 040), (fig. 6.1).

Nel caso della costruzione convenzionale, la perdita di calore tramite trasmissione della parete è determinata dagli scambi termici dall'interno verso l'esterno nonché dall'indice termico dello spessore intero della parete, mentre nel caso di un elemento costruttivo dotato di barriera termica, l'acqua, dopo essere riscaldata o raffreddata durante il passaggio attraverso il magazzino centrale, passa nelle tubazioni posizionate all'interno della parete massiccia "avvolta" dall'isolamento termico sia internamente che esternamente.

A secondo della temperatura presente nel magazzino centrale, la parete viene riscaldata oppure raffreddata. La perdita di calore tramite trasmissione è quindi determinata soltanto dallo scambio della temperatura tra l'ambiente interno verso la barriera termica. L'isolamento esterno, infatti, praticamente non influisce più sulla perdita di calore, ma solo se magazzino terrestre fornisce energia sufficiente per il mantenimento della temperatura della parete. Va comunque posta l'attenzione sulla circostanza che il magazzino terrestre, anche nell'inverno durante l'insolazione, viene alimentato con energia termica attraverso gli assorbitori provenienti dal tetto.

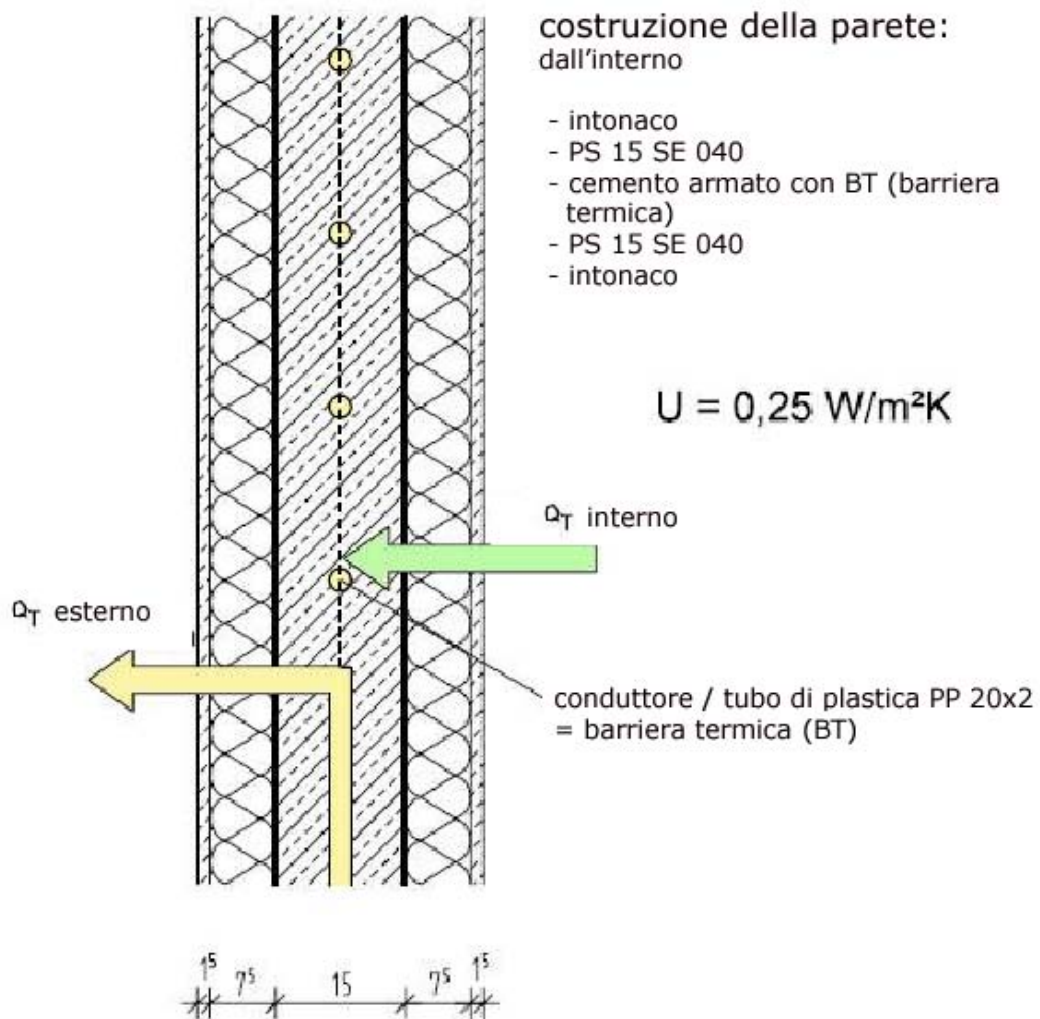


fig. 6.1. rappresentazione della sezione della parete esterna

Il diagramma 6.1 rappresenta inizialmente la perdita di calore dell'intera parete esterna (indice di trasmissione $U = 0,25$) priva dalla barriera termica (BT). Considerando la barriera termica con una temperatura dell'acqua di rispettivamente 14°C e di 18°C si distingue tra:

- la parte interna della parete (Q_{Ti}) che tiene conto dell'isolamento interno dallo spessore di 7,5 cm nonché della parte interna in cemento, e
- la parte esterna della parete (Q_{Ta}) che comprende la parte esterna dello spessore del cemento e l'isolamento applicato esternamente dallo spessore di 7,5 cm.

Per la perdita di calore tramite trasmissione della parete senza barriera termica si calcola:

$$Q_T \sim U \cdot \Delta t \quad \text{essendo } \Delta t = t_i - t_a$$

Per le perdite di calore tramite trasmissione della parte interna ed esterna della parete vale in modo analogo (qui va inserito il duplice valore di U!)

$$Q_{Ti} \sim 2U (t_i - t_B)$$
$$Q_{Ta} \sim 2U (t_B - t_a)$$

e per il totale risulta

$$Q_{Ti} + Q_{Ta} \sim 2 U (t_i - t_a)$$

La parete provvista della barriera termica presenta, dunque, complessivamente, dal punto di vista matematico, la doppia perdita di calore tramite trasmissione rispetto alla parete priva di barriera termica, cosa che, a prima vista, sembrerebbe uno svantaggio, poiché la perdita della parte esterna della parete è alimentata dal magazzino terrestre e, pertanto, non ha un costo. La perdita della parte interna della parete va minimizzata - logicamente - con la riduzione della differenza ($t_i - t_B$). Con l'aumento della temperatura presente nella barriera termica le perdite di calore tramite trasmissione vengono "spostate" dalla parte interna della parete a quella esterna, cosicché viene consumata prevalentemente l'energia proveniente dal magazzino terrestre e in misura molto minore l'energia provenienti dalle stanze. Se la temperatura presente nella barriera termica fosse identica a quella interna delle stanze, ($t_i = t_B$) non si creerebbe alcuna perdita nella parte interna della parete.

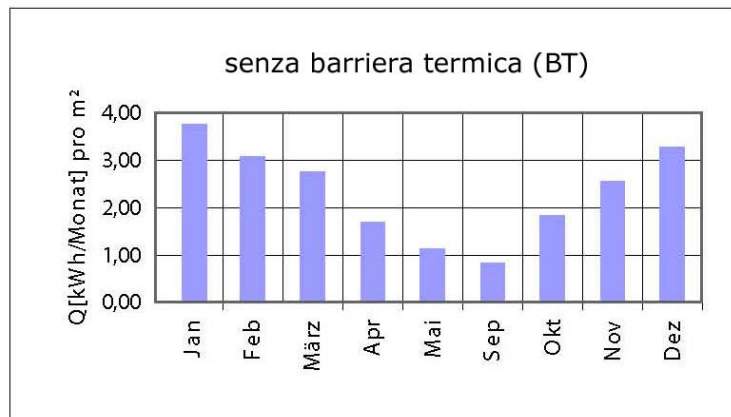
Il confronto diretto tra la parete priva di barriera termica e la parete dotata di barriera termica = 18°C dimostra che le perdite di calore tramite trasmissione Q_{Ti} vengono ridotte da 21,02 a 3,28 kWh/mese/m² di superficie di parete.

Ciò corrisponde ad una diminuzione del fabbisogno di riscaldamento relativo alle perdite di calore tramite trasmissione della parete esterna nella misura del 81%.

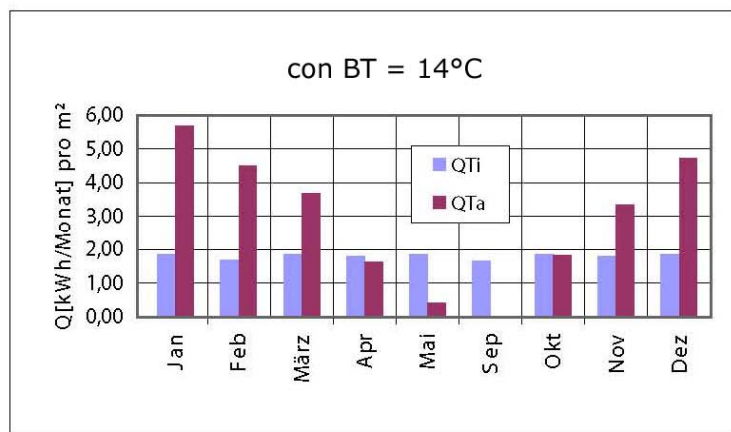
Esclusivamente per le esigenze del calcolo di confronto le temperature della barriera termica sono state predefinite come costanti mese per mese e per l'intera durata del presunto periodo di riscaldamento. Nella prassi, la barriera termica viene costantemente adattata e ottimizzata in relazione alle temperature desiderate degli ambientali interni e alle temperature esterne. Ciò vale sia per il riscaldamento che per il raffreddamento degli edifici.

Diagramma 6.1. perdite di trasmissione termica di una parete esterna priva di BT, con BT = 14°C e con TB = 18°C

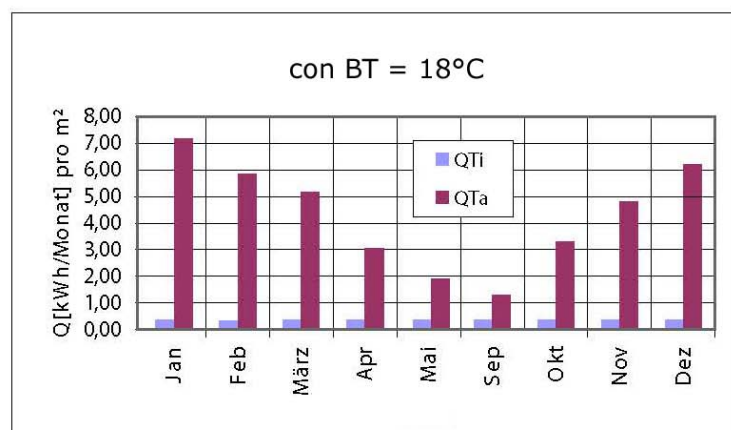
senza BT	
	Q_T kWh/mese/m ²
Jan	3,78
Feb	3,09
März	2,77
Apr	1,71
Mai	1,13
Sep	0,83
Okt	1,84
Nov	2,57
Dez	3,29
somma	21,02



con BT = 14°C		
	Q_{Ti}	Q_{Ta}
	kWh/mese/m ²	
Jan	1,86	5,69
Feb	1,68	4,50
März	1,86	3,68
Apr	1,80	1,62
Mai	1,86	0,41
Sep	1,66	0,00
Okt	1,86	1,82
Nov	1,80	3,35
Dez	1,86	4,72
somma	16,24	25,80



con BT = 18°C		
	Q_{Ti}	Q_{Ta}
	kWh/mese/m ²	
Jan	0,37	7,18
Feb	0,34	5,85
März	0,37	5,17
Apr	0,36	3,06
Mai	0,37	1,90
Sep	0,36	1,30
Okt	0,37	3,31
Nov	0,36	4,79
Dez	0,37	6,21
somma	3,28	38,76



6.2. Fabbisogno di riscaldamento di una casa monofamiliare

Viste le considerazioni esposte nel capitolo precedente ad una casa monofamiliare tipica con piano sotterraneo, piano terra e piano tetto, tetto a due spioventi, il fabbisogno di calore per il riscaldamento corrisponde a quello rappresentato nel diagramma 6.2.: confronto della tecnica costruttiva convenzionale di una villetta unifamiliare e la tecnologia costruttiva della tecnologia *Terrasol*.

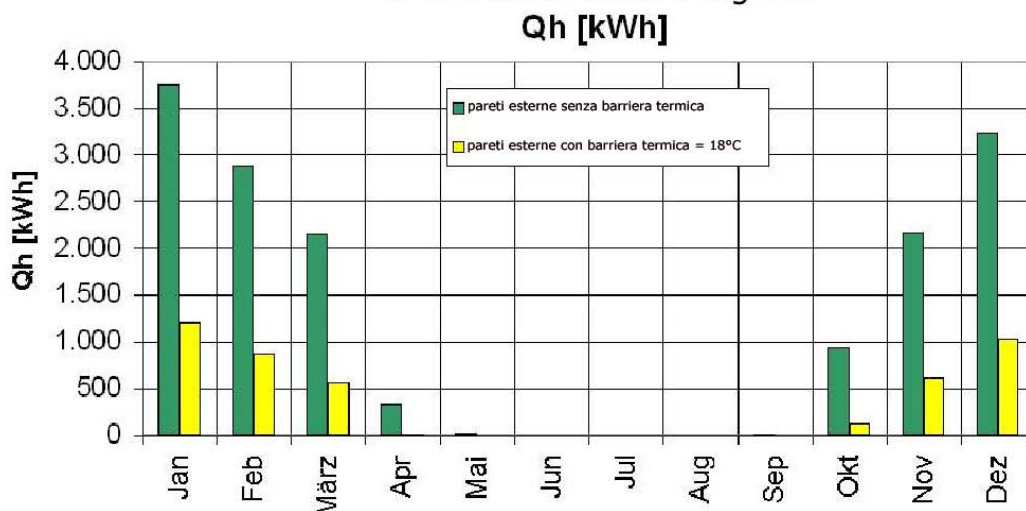
L'area coperta dell'edificio preso come esempio ammonta a 88 m² e il volume da riscaldare è di 797 m³. In entrambi i casi la base del calcolo è costituita dal presupposto che gli elementi costruttivi nonché le condizioni ambientali, che non sono influenzate dalla tecnologia *Terrasol*, siano identici.

Elementi costruttivi:	tetto	indice U = 0,18 W/m ² K
	Finestre e porte	indice U = 1,40 W/m ² K Parte vetrata 17%
	Ponti termici	maggiorazione forfetaria dell'indice U 0,05W/m ² K

Per il dimensionamento nel caso della tecnica costruttiva convenzionale è stato predefinito lo spessore della parete di cui al capitolo 6.1 con l'indice di trasmittanza "U" = 0,25 W/m²K nonché l'aerazione libera con una quota di scambio dell'aria del 0,7 h⁻¹.

Per il calcolo con la tecnologia costruttiva *Terrasol* premettendo l'indice di trasmittanza "U" del 050 W/m²K, è stata considerata la metà dello spessore della parete, mantenendo la temperatura della barriera termica costante a 18°C, nonché il sistema del controcorrente tubo-nel-tubo, con un recupero del calore nella misura del 90%.

Diagramma 6.2. fabbisogno di calore per riscaldamento in confronto
fabbisogno di calore per il riscaldamento
di una casa monofamiliare



Il fabbisogno di calore per il riscaldamento della casa monofamiliare si presenta in base ai parametri su indicati come segue:

Pareti esterne senza barriera termica	$Q_h = 15.488 \text{ kWh/anno}$
Pareti esterne con barriera termica = 18°C recupero termico	$Q_h = 4.412 \text{ kWh/anno}$

Riferito alla superficie utile dell'edificio $A_N = 255\text{m}^2$:

Pareti esterne senza barriera termica	$q_h = 60,7 \text{ kWh/m}^2/\text{anno}$
Pareti esterne con barriera termica = 18°C recupero termico	$q_h = 17,3 \text{ kWh/m}^2/\text{anno}$

Con questo calcolo si può dimostrare che il fabbisogno annuale di calore per il riscaldamento per un edificio costruita con la tecnologia *Terrasol*, composta da una barriera termica e il sistema di controcorrente tubo-in-tubo è all'incirca pari allo standard di un edificio passivo con un fabbisogno annuo di calore per il riscaldamento $q_h = 15 \text{ kWh/m}^2/\text{anno}$.

Analizzando detto calcolo colpisce il fatto che la maggior parte del fabbisogno annuale di riscaldamento è da ricondurre alla qualità degli infissi (finestre e porte) a causa del loro alto indice di trasmissione "U".

Pertanto con l'impiego di infissi con un indice di trasmissione "U" minore, applicando la tecnologia costruttiva *Terrasol* e gli spessori usuali del manto di isolamento, si può ottenere un'ulteriore riduzione del fabbisogno di riscaldamento nella misura del $10 \text{ kWh/m}^2/\text{anno}$ ca. e anche di più.

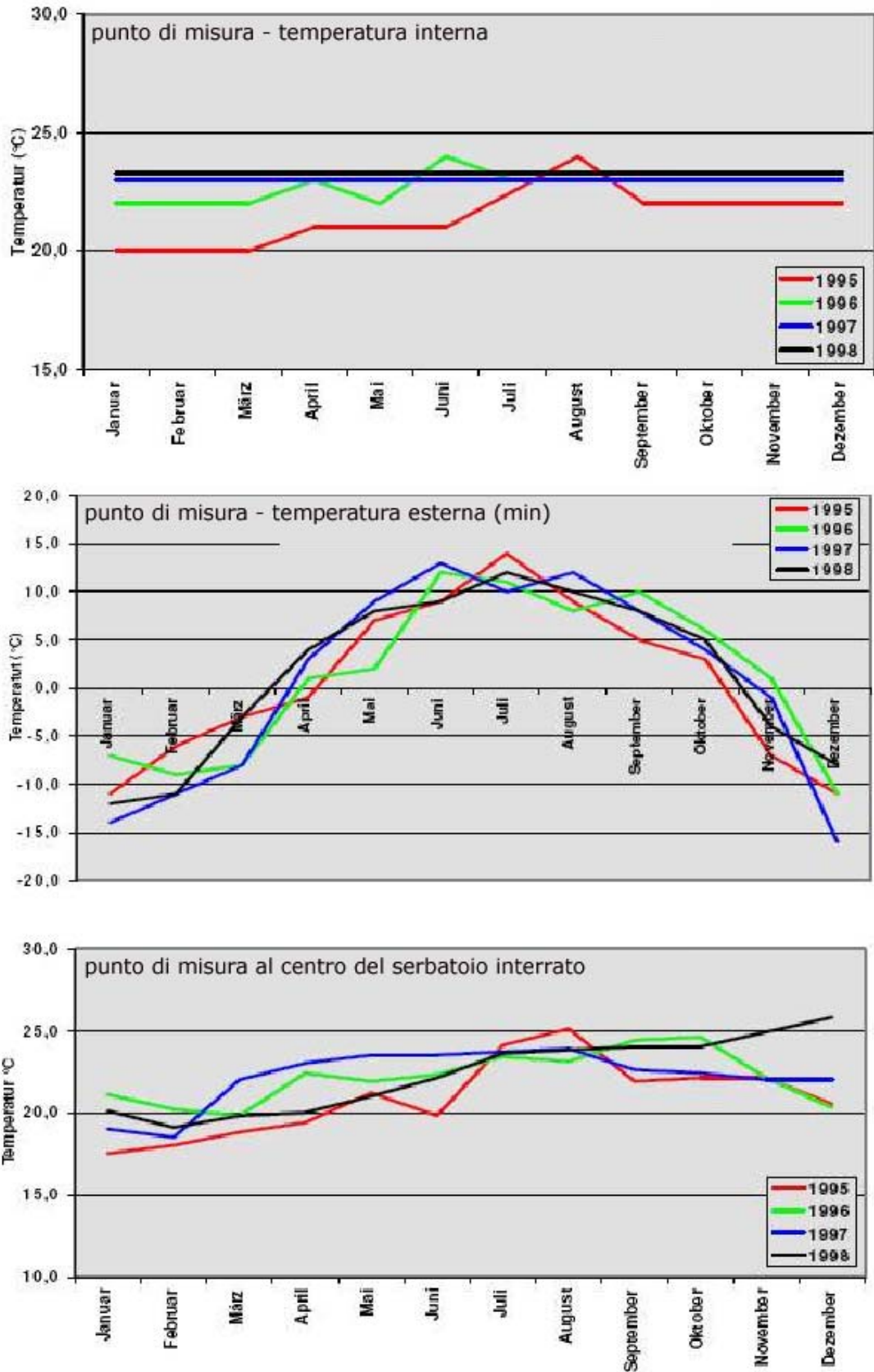
Va notato che i costi di realizzazione di un edificio con la tecnologia *Terrasol* siano inferiori rispetto a quelli dell'edificio costruito in modo convenzionale, e ciò tra l'altro anche per il fatto che non occorrono grossi spessori di isolamento termico né infissi costosi con l'indice "U" estremamente basso.

7. Misurazioni della temperatura con un esempio realmente eseguito

La tecnologia costruttiva *Isomax/Terrasol* è stata applicata con successo già in molti paesi, tra cui Germania, Lussemburgo, Belgio, Francia, Svizzera, USA, Malaysia, Gibuti, Venezuela, India (con particolare accenno alla sicurezza sismica degli elementi prefabbricati di calcestruzzo) e Cina. Il diagramma 6.3 rappresenta una serie di misurazioni, durata un periodo di oltre quattro anni, con rilievo delle temperature interne, della temperatura esterna e della temperatura nel magazzino terrestre di una casa monofamiliare n tal modo. Infatti, l'edificio, ubicato in Lussemburgo, fu eretto nel 1955 con una costruzione parietale composta da pareti in calcestruzzo leggero allo spessore di 15 cm avvolte internamente ed esternamente dall'isolamento termico di 7,5 cm e presenta una superficie abitabile di 175 m^2 che si sviluppa su un livello e mezzo.

I valori rilevati confermano in modo convincente le considerazioni teoriche.

Diagramma 6.3. serie di misure ad un esempio eseguito



Gli spessori del manto di isolamento, nel caso specifico della villetta unifamiliare analizzata rientranti nei consueti margini, sono ottimizzati ulteriormente considerando il ricavo di calore solare. In un progetto attuale si dispongono i manti interni ed esterno dell'isolamento di 5 cm ciascuno (WLG 040) cosicché l'assorbimento dell'energia solare influenzi le pareti esterne. Inoltre, si predispone una barriera termica nella zona delle superfici del tetto che risultano relativamente grandi in relazione alle superfici delle facciate esterne, in modo da ottenere, grazie alla barriera termica, temperature piacevoli e regolabili anche negli ambienti con poca o nessuna superficie esterna.

Durante la realizzazione dell'edificio sono installate di nuovo numerose sonde per la misurazione in modo tale da poter dimostrare, in base ai rilievi, gli effetti sull'andamento delle temperature in relazione agli spessori dell'isolamento ridotti e la barriera termica aggiuntiva nel tetto.

Le figure da 7.1 a 7,5 rappresentano le varie fasi della costruzione di diversi edifici della categoria CasaClima Gold realizzati con la tecnologia *Isomax*. La fig. 7.6 rappresenta la tecnica necessaria della regolazione che si limita a due pompe di circolazione e alcune valvole di regolazione.

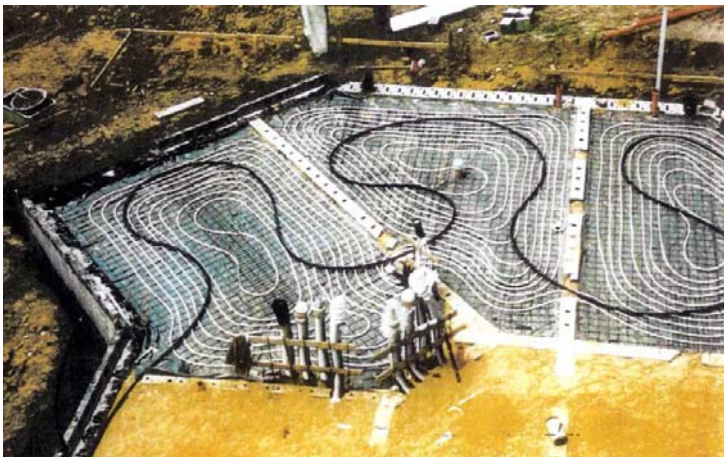


fig. 7.1. posa di una tubazione in una platea prima di gettare il calcestruzzo



fig. 7.2. conduttori del circuito di raffreddamento posati accanto a un edificio



fig. 7.3. posa di tubi di assorbimento solare su lastra isolante del tetto



fig. 7.4. montaggio di grandi elementi per pareti con tubazioni integrate



fig. 7.5. sistema controcorrente tubo-nel-tubo

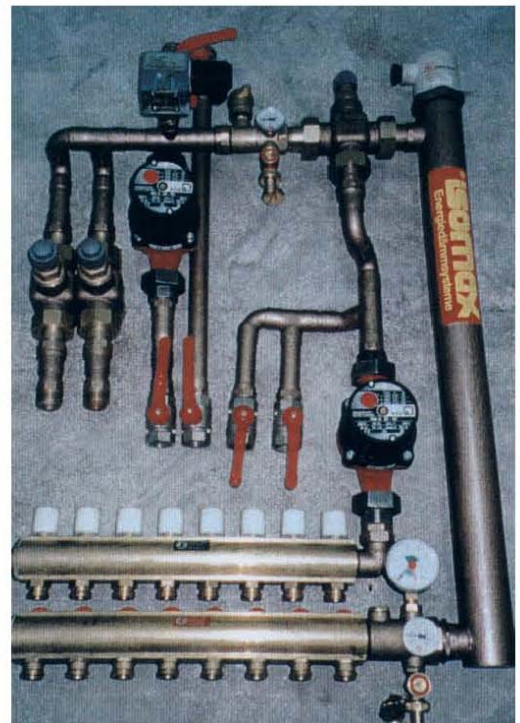


fig. 7.6. tecnica di regolamento di una casa monofamiliare

8. Prospettive

L'utilizzo dell'energia solare associata alla energia geotermica presente alla superficie unisce in maniera semplicissima i pregi delle due tecniche consolidate della tecnica solare e dello sfruttamento del calore della terra. Molti esempi già realizzati in tutte le varie zone climatiche dimostrano l'efficienza del sistema e i suoi costi vantaggiosi sia dal punto di vista dei costi della realizzazione che dei costi dell'esercizio. La tecnologia costruttiva *Isomax/Terrasol* potrà essere ulteriormente ottimizzata in futuro con le ricerche e gli sviluppi, mentre i consumi dell'energia – già oggi scesi al di sotto dei 10 kWh/m²/ann - e i costi della realizzazione possono ancora essere notevolmente diminuiti. Le esperienze finora acquisite consentono già oggi l'impiego della tecnologia costruttiva *Isomax /Terrasol* che è tecnicamente perfetta, economica e protegge l'ambiente.