

GEORG W. REINBERG - WWW.REINBERG.NET - QUARTIERE RESIDENZIALE GNEISS MOSS - AUSTRIA

I temi della residenza e della sostenibilità hanno trovato un'unica soluzione nel quartiere di Gneiss Moss dove, dal *master plan* agli elementi costruttivi, tutto è pensato per accumulare energia solare

Una serra in facciata

Testo di Laura Malighetti

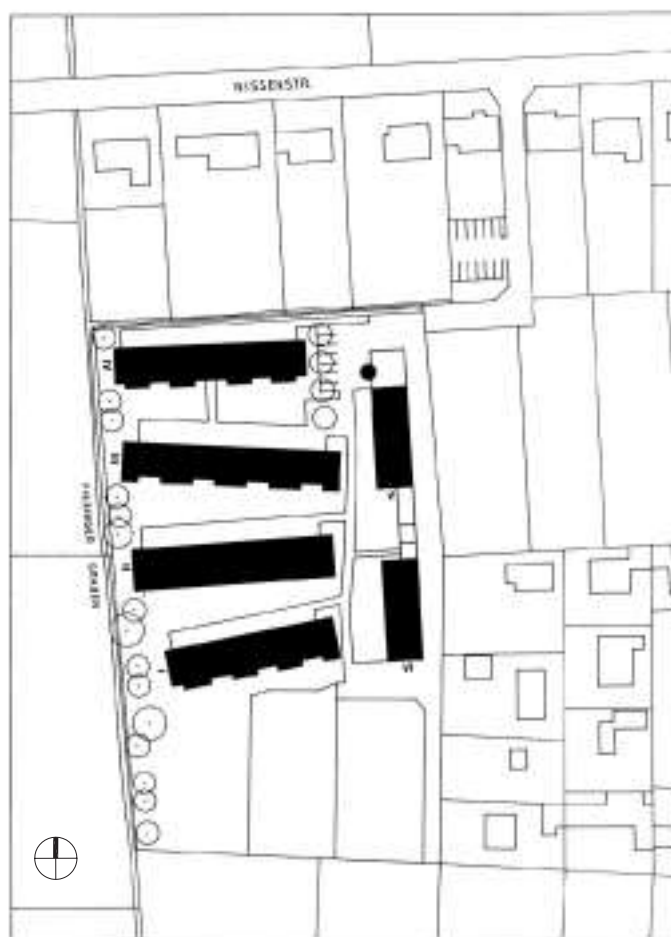
Foto di Pez Hejduk





LOCALIZZAZIONE:
SALISBURGO, AUSTRIA
PROGETTO:
GEORG W. REINBERG
IMPRESA DI COSTRUZIONI:
FA. KRONREIF, ABTENAU
TECNOLOGIE SOLARI ATTIVE:
STEINBEIS TRANSFERZENTRUM,
STOCCARDA
INGEGNERIZZAZIONE:
RFG ENGINEERING GMBH,
SALISBURGO
FISICA TECNICA:
ROTHBACHER, ZELL AM SEE
SIMULAZIONI COMPUTERIZZATE:
STEINBEIS TRANSFERZENTRUM
ENERGIE, STOCCARDA - TRANS
SOLAR, STUTTGART - PROFESSOR

**FANINGER, UNIVERSITÄT
KLAGENFURT**
COMMITTENTE:
GSWB - GEMEINNÜTZIGE
SALZBURGER
WOHNBAUGESELLSCHAFT MBH
DATA COSTRUZIONE:
2000
NUMERO DI UNITÀ:
61 ALLOGGI SIMPLEX E DUPLEX
SUPERFICIE ALLOGGI:
47-110 M²
SUPERFICIE LORDA COSTRUITA:
2575 M²
**COSTO TOTALE COMPRESSE
SISTEMAZIONI ESTERNE:**
6,17 MILIONI DI EURO



A lato, vista del quartiere da sud-est

Planimetria generale
con l'indicazione dei blocchi abitativi
(Georg W. Reinberg)
Scala 1:1000

Il complesso di Gneiss Moss sorge alla periferia di Salisburgo su un lotto soleggiato alle estreme propaggini di un quartiere residenziale di espansione circondato a sud e a ovest da aree verdi non edificabili di pregio naturalistico, in una posizione panoramica che permette la vista delle montagne circostanti e della vicina città storica di Salisburgo.

L'organizzazione planimetrica del quartiere e la distribuzione funzionale degli ambienti sono dettate dalla volontà di ottimizzare il guadagno solare passivo e attivo, ma anche dall'intento di favorire le viste privilegiate di cui gode il lotto senza rinunciare alla qualità abitativa degli spazi interni.

Su un'area di circa 9500 m² sono disposti cinque edifici con orientamento principale sud, e due edifici a schiera di due piani fuori terra con orientamento principale est-ovest, per un totale di 61 unità abitative di dimensione variabile tra i 47 e i 110 m².

I corpi di fabbrica rivolti a meridione hanno tipologia in linea e a schiera, altezze variabili da quattro a due piani fuori terra e sono degradanti da nord a sud. Gli edifici sono posti a distanza uno dall'altro tale da impedire ogni possibile reciproco ombreggiamento anche quando il sole è basso rispetto all'orizzonte. La circolazione nel lotto è esclusivamente pedonale: un viale principale attraversa l'area dal piazzale principale

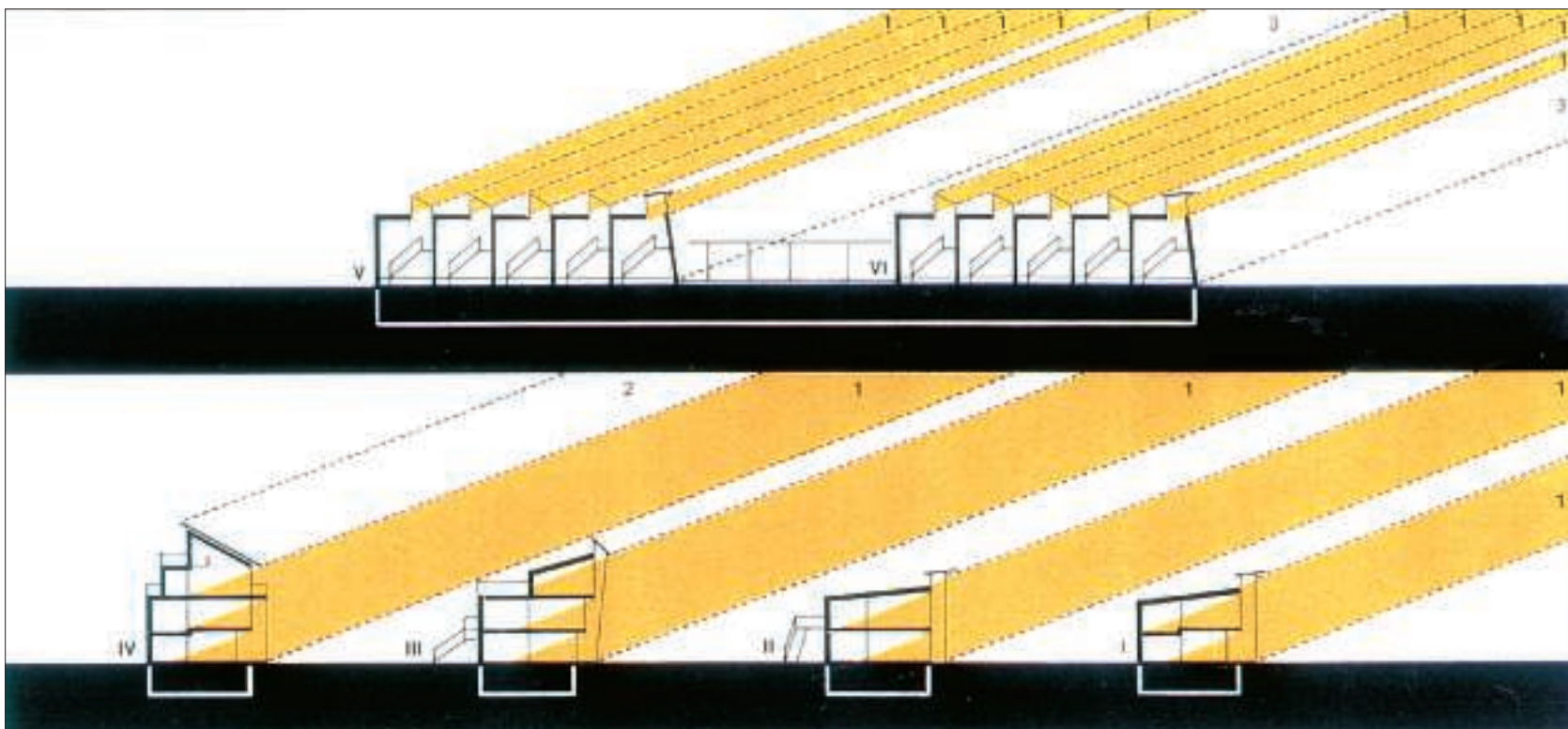
nord, da cui avviene l'accesso al piano interrato dei garage, in direzione sud, e su di esso si attestano i percorsi pedonali trasversali che conducono ai diversi corpi di fabbrica.

Il corpo più a nord, il blocco IV, ha un'altezza di quattro piani fuori terra e ospita due livelli sovrapposti di alloggi duplex accessibili il primo dal piano terra, il secondo dal ballatoio continuo del terzo piano, a partire dal quale si gode la vista della fortezza di Salisburgo. La copertura inclinata rivolta a sud di questo edificio integra senza soluzione di continuità 410 m² di pannelli solari che, insieme al serbatoio di accumulo della capienza 100 mila litri, formano il sistema di sfruttamento attivo dell'energia solare del complesso. Il serbatoio di accumulo, con il suo notevole volume, è collocato in corrispondenza del piazzale nord di ingresso al quartiere a simboleggiare il funzionamento energetico autosufficiente del complesso.

Gli edifici a tre e due piani con affaccio principale a meridione sono ideati per massimizzare lo sfruttamento passivo dell'energia solare attraverso l'uso di ampie superfici vetrate esposte a sud (guadagno diretto), la realizzazione di giardini d'inverno (guadagno indiretto), l'uso di materiali isolanti ad alte prestazioni e un sistema di ventilazione automatica con recupero di calore. I volumi a doppia altezza delle serre

«Saranno gli edifici privati ben disposti se dal bel principio si rifletterà agli aspetti e ai climi nei quali si fabbrica; imperciocché è fuori di dubbio che abbiano ad essere diverse le fabbriche che si fan nell'Egitto da quelle che si fan nella Spagna, diverse quelle del Ponto da quelle di Roma, e così anche negli altri paesi»

Vitruvio



Sezioni AA e BB del quartiere (Georg W. Reinberg)
Scala 1:300

Apporti solari passivi e attivi:

- 1. solare passivo
- 2. solare attivo-termico
- 3. solare attivo-fotovoltaico

costituiscono non solo il principale sistema passivo di produzione energetica e di ventilazione degli alloggi, ma anche il fondamentale sistema di articolazione volumetrica e compositiva delle facciate. I giardini d'inverno sono diversamente concepiti sotto il profilo morfologico in rapporto alle tipologie abitative dei corpi ai quali sono addossati: negli edifici più a nord del complesso si estendono su due o tre piani associati a coppie di appartamenti e si alternano a porzioni murarie, nel secondo corpo di fabbrica, formato da alloggi simplex di piccole dimensioni, occupano l'intera estensione del fronte sud e nei due edifici a schiera con asse est-ovest, a causa dello sfavorevole orientamento, sono collocati in copertura. Le serre hanno struttura di legno protetta dagli agenti atmosferici dai traversi e montanti metallici di supporto della pelle vetrata e funzionano come "spazio cuscinetto" che attutisce gli sbalzi termici durante le stagioni fredde e come prolungamento dello spazio domestico nella maggior parte dell'anno. Il calore ricevuto dall'edificio durante i periodi di soleggiamento viene immagazzinato nella struttura dell'edificio e restituito all'ambiente da riscaldare con uno sfasamento di alcune ore; le dispersioni vengono minimizzate grazie alla riduzione delle aperture a nord, al buon isolamento termico delle pareti esterne e all'uso di vetrate isolanti evolute.

L'efficacia dei giardini d'inverno è incrementata dal sistema di ventilazione automatica controllata: sfruttando l'irraggiamento delle porzioni vetrate, l'aria di ventilazione è preriscaldata nella serra e successivamente immessa negli ambienti da ventilare. La circo-

lazione dell'aria è attivata dalla depressione creata dal sistema di estrazione meccanica dell'aria collocato nelle cucine e nei bagni. Nel complesso, il sistema garantisce una buona ventilazione e dà il vantaggio del ricambio d'aria con un apporto minimo ma costante, anziché movimentare una grossa massa d'aria che proviene dall'apertura delle finestre. L'aria di estrazione passa successivamente in uno scambiatore di calore e il calore residuo recuperato per mitigare la temperatura del piano interrato comune che ospita i garage. Nei due edifici a schiera con asse est-ovest, a causa dell'orientamento sfavorevole, la captazione solare passiva avviene attraverso un sistema di *shed* solari disposto in copertura. D'estate per evitare il surriscaldamento, il fronte sud degli *shed* viene oscurato e quello nord utilizzato per la ventilazione degli ambienti. Le ampie finestre a ovest sono realizzate con vetrate a triplo strato per consentire adeguati livelli di isolamento termico. I fronti ciechi sud di questi edifici sono predisposti per ospitare in un secondo momento moduli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica dalla radiazione solare.

Tutte le coperture che non integrano sistemi di sfruttamento attivo o passivo dell'energia solare sono formate da tetti verdi per la ritenzione delle acque piovane e il manto erboso, che caratterizza le vaste aree a giardino che circondano gli edifici, è messo in opera su uno strato drenante dotato di alta capacità di filtraggio e smaltimento delle acque meteoriche. Completa il quadro degli aspetti ecologici del progetto il compostaggio dei rifiuti biodegradabili.

Master plan a guadagno solare

Il *master plan* dell'area prevede cinque edifici degradanti da nord a sud con orientamento principale a meridione, posti a una distanza tale da impedire ogni possibile reciproco ombreggiamento anche quando il sole è basso rispetto all'orizzonte, e due edifici a schiera di due piani fuori terra con orientamento principale est-ovest. L'organizzazione generale del quartiere è dettata, secondo l'approccio bioclimatico, dalla volontà di ottimizzare il guadagno solare passivo e attivo, ma anche dagli intenti di delimitare l'intervento, con i blocchi IV, V e VI, rispetto all'area urbanizzata che si sviluppa a nord e a

est, di aprire il complesso verso l'area verde a ovest e, infine, di favorire le viste privilegiate di cui gode il lotto, dal quale è possibile osservare le montagne Untersberg e Stauffen e, a nord, la fortezza di Salisburgo. Il viale pedonale principale attraversa l'area dal piazzale nord, da cui avviene l'accesso al livello interrato dei garage, in direzione sud, e su di esso si attestano i percorsi pedonali trasversali che conducono ai diversi corpi di fabbrica. Il percorso principale è costeggiato da una lunga panca che svolge anche la funzione di griglia di aerazione dei garage sotterranei e di separazione rispetto ai giardini dei corpi di fabbrica con orientamento est-ovest.



Vista del quartiere con in evidenza, a sinistra, le serre dell'edificio II e, al centro, il corpo di fabbrica VI

Tipologie differenti per un'elevata funzionalità

Le 61 unità abitative che compongono il complesso hanno dimensione variabile tra i 47 e i 110 m² e un *layout* improntato a criteri di semplicità e funzionalità affinché questo progetto, come la maggior parte dei lavori di Reinberg, sia contenuto in uno scenario di reale fattibilità economica. Le diverse stecche residenziali hanno tipologie in linea o a schiera con alloggi simplex e duplex. Negli alloggi su due livelli la zona giorno è situata al piano terra, il soggiorno utilizza lo spazio della serra come prolungamento delle attività di *living* e in alcuni casi ha sviluppo a doppia altezza; la zona notte è generalmente collocata al secondo livello ed è formata da 2-3 camere da letto e da un servizio igienico quasi sempre aerato naturalmente.

Il corpo di fabbrica I è formato da sette alloggi duplex a schiera. Le abitazioni sono composte da soggiorno, cucina e un piccolo bagno di servizio al piano terra e tre camere da letto e un servizio completo al piano primo. Le serre per lo sfruttamento passivo dell'energia solare sono addossate alla facciata sud e si estendono per circa metà della sua intera lunghezza.

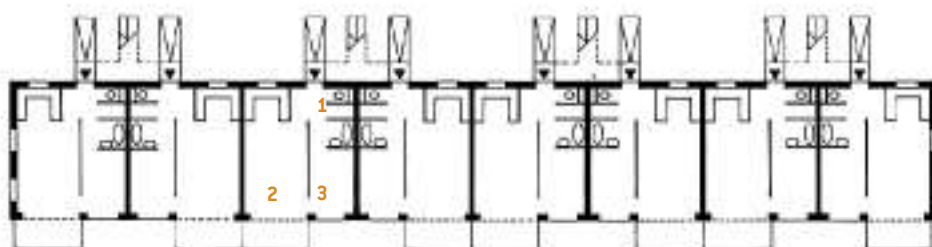
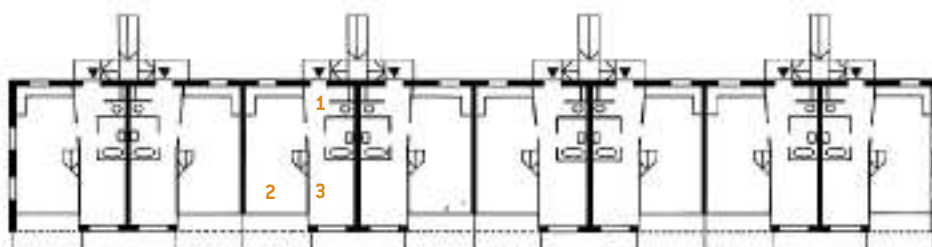
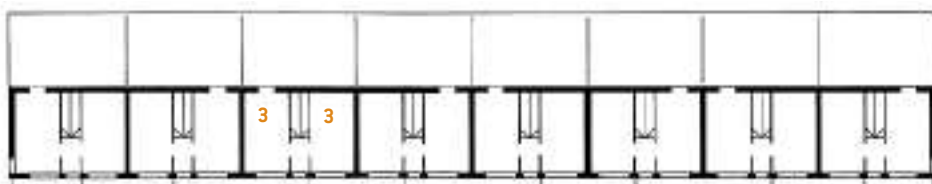
Il corpo di fabbrica II è formato da due piani di alloggi simplex di 3-4 locali con il lato sud formato dalla sequenza ininterrotta dei giardini d'inverno. Per non limitare l'illuminazione degli alloggi al piano terra, il pavimento della serra del secondo livello è rialzato di due gradini.

L'edificio III ha un'altezza complessiva di tre piani con alloggi simplex al



Piante edificio II (Georg W. Reinberg).
Scala 1:250

- 1. ingresso
- 2. cucina
- 3. soggiorno-pranzo
- 4. camera da letto

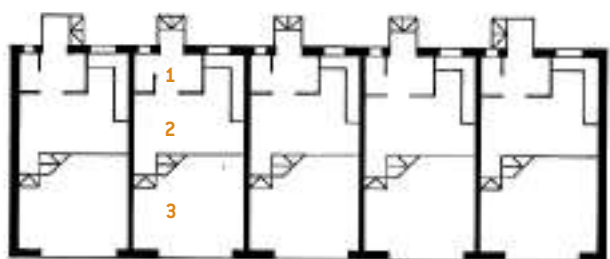
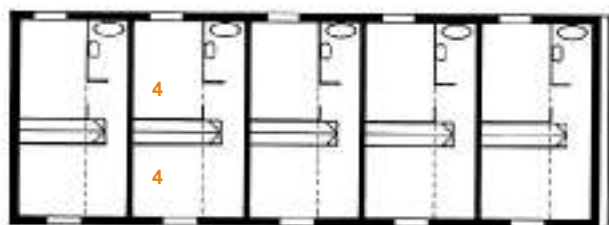


Piante edificio III (Georg W. Reinberg).
Scala 1:250

- 1. ingresso
- 2. cucina/soggiorno-pranzo
- 3. camera da letto

primo livello e alloggi duplex al secondo, accessibili a nord da quattro blocchi di scale esterne. L'ultimo piano del duplex ha una vasta terrazza orientata a nord per godere della vista della fortezza di Salisburgo. L'edificio IV, più a nord del complesso, si sviluppa su quattro piani con due livelli di alloggi duplex. Esso è formato da due blocchi separati dal corpo scale di distribuzione al ballatoio continuo del terzo piano, dal quale si accede al secondo livello di alloggi, unificati dalla copertura continua che integra i collettori solari. La facciata sud degli appartamenti del primo livello è occupata per circa la metà della sua estensione dai giardini di inverno che formano il sistema solare passivo ad apporto indiretto; nel secondo livello di appartamenti il guadagno solare passivo è ad

apporto diretto per mezzo delle ampie vetrate rivolte a sud. I cinque alloggi di ciascuna delle **schiere V e VI** con orientamento est-ovest, sfruttando il differente livello del terreno a est e a ovest, hanno il pavimento della zona giorno più basso di tre alzate rispetto al livello dell'ingresso e della zona cucina-pranzo e di conseguenza un'altezza interna del locale soggiorno maggiore. Il secondo livello ospita la zona notte con due camere da letto e un servizio igienico. Le scale interne di collegamento dei due piani di ciascun alloggio sono disposte longitudinalmente rispetto alla stecca della schiera. A causa dell'orientamento sfavorevole, la captazione solare passiva avviene attraverso un sistema di **shed** solari disposto in copertura.

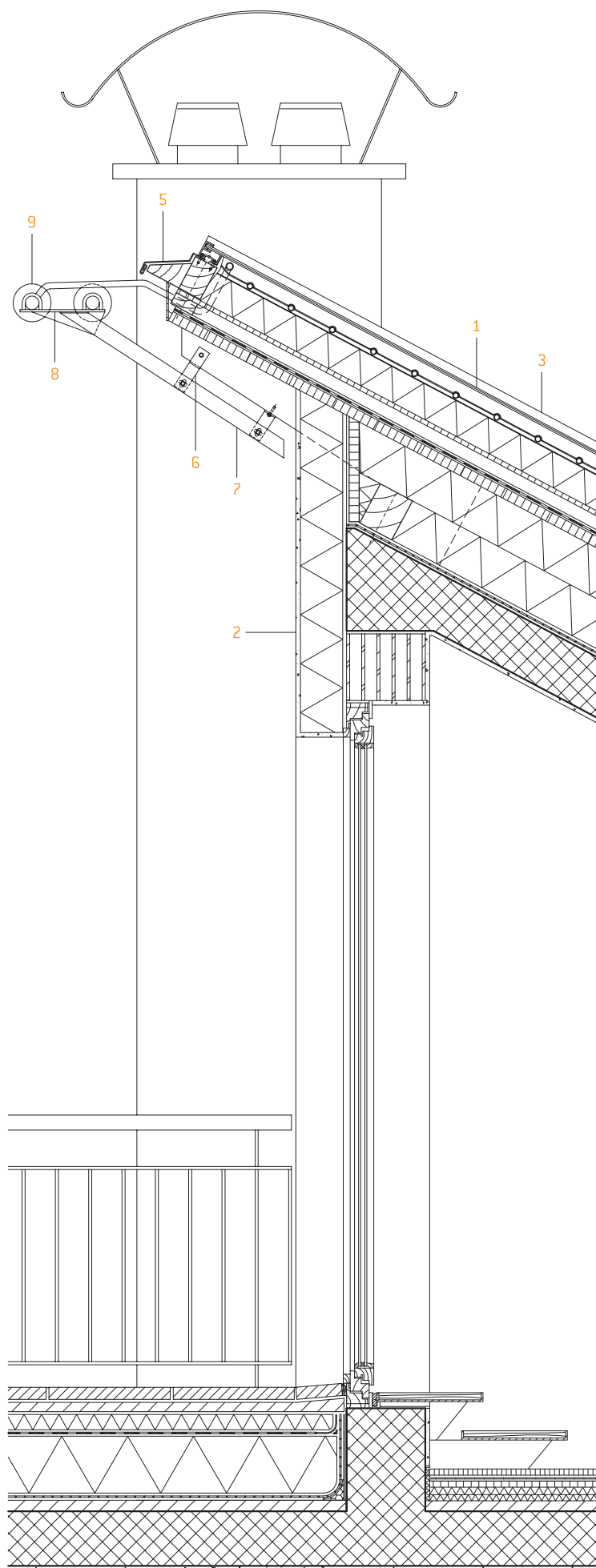


- 1. ingresso
- 2. cucina-pranzo
- 3. soggiorno
- 4. camera da letto

Piante edificio V-VI (Georg W. Reinberg)
Scala 1:250

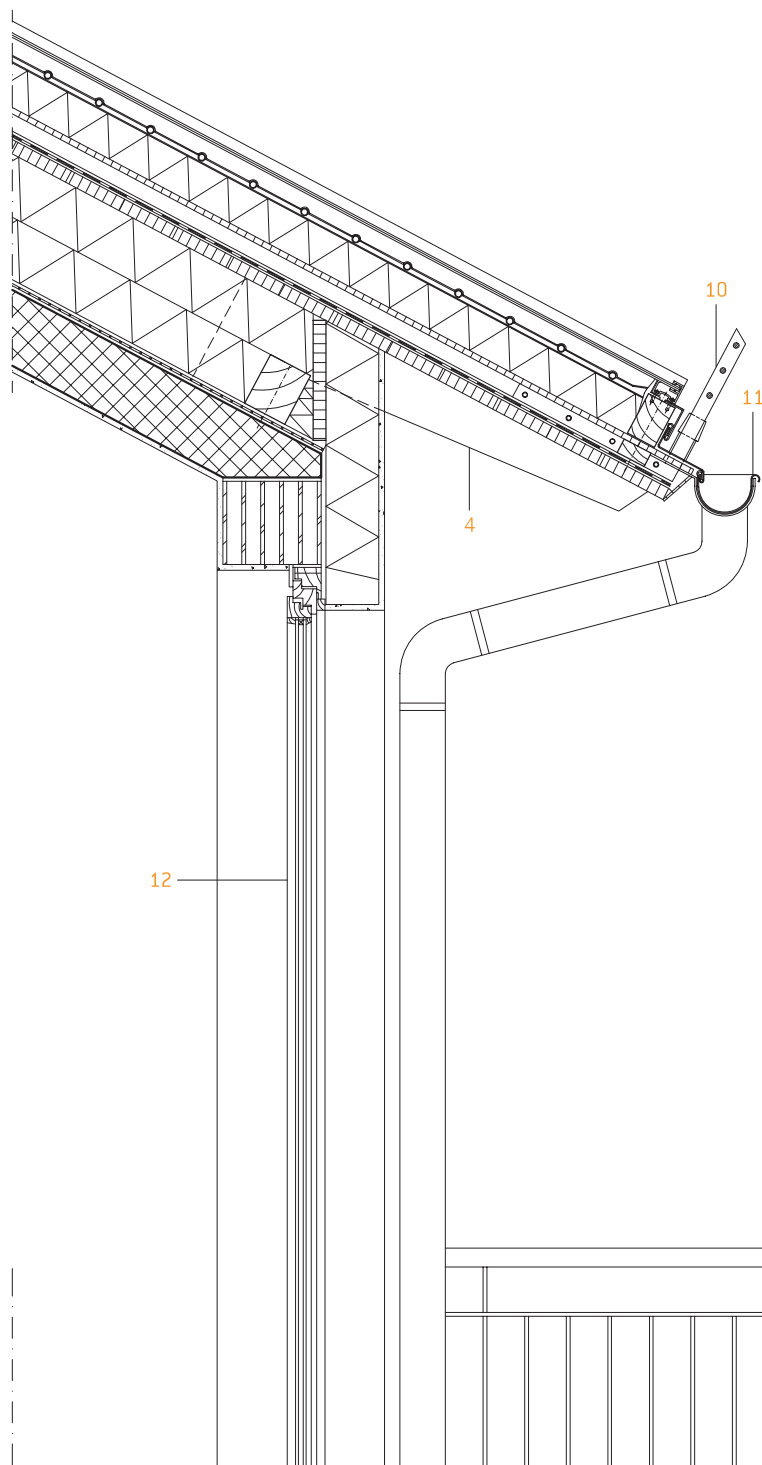


Vista della serra dell'edificio II



- 1. stratificazione copertura:**
- collettore solare prefabbricato isolato termicamente con struttura di legno, sp. 100 mm
 - ventilazione, sp. 40 mm
 - guaina bituminosa, sp. 3 mm
 - assito di legno, sp. 25 mm
 - doppio strato termoisolante di polistirolo espanso, sp. 2x120 mm
 - barriera al vapore, sp. 2 mm
 - solaio di calcestruzzo armato, sp. 180 mm
 - intonaco, sp. 10 mm
- 2. stratificazione parete esterna:**
- intonaco, sp. 15 mm
 - isolamento termico di pannelli di sughero, sp. 140 mm

- blocchi cavi di laterizio, sp. 250 mm
- intonaco, sp. 10 mm
- 3. giunto elastico tra i collettori solari prefabbricati**
- 4. mensola di legno per sporto di gronda**
- 5. scossalina di lamiera preverniciata**
- 6. staffa di acciaio 40/4 mm**
- 7. piatto di acciaio 50/5 mm**
- 8. piatto di acciaio 80/8 mm**
- 9. tubazione isolata per il trasporto dell'acqua calda**
- 10. fermaneve:**
 - montanti di piatti di acciaio 40/8 mm
 - tondini di acciaio, Ø 15 mm
- 11. canale di gronda di lamiera zincata**
- 12. serramento di legno con vetrocamera**



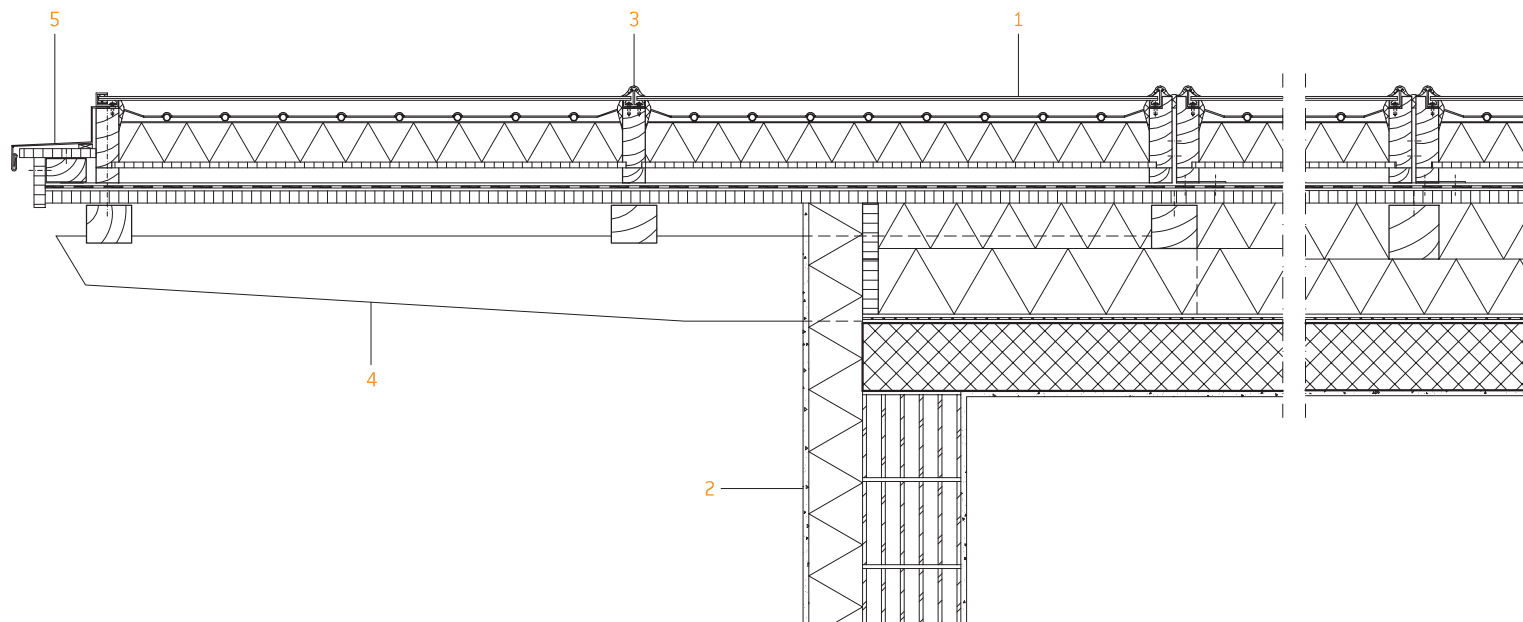
Sezione trasversale della copertura dell'edificio IV
Scala 1:20

Solare termico e copertura, un unico elemento

La copertura inclinata rivolta a sud dell'edificio IV, integra senza soluzione di continuità i 410 m² di pannelli solari, che insieme al serbatoio di accumulo di media durata della capienza di 100 mila litri, formano l'impianto solare centralizzato che supporta il sistema di teleriscaldamento a corto raggio del quartiere.

Il sistema solare attivo (6,7 m² di superficie di collettori per unità abitativa, 0,23 m³ di volume di accumulo per m² di superfici di collettori) copre circa il 35% del fabbisogno termico delle 61 unità abitative per la produzione di acqua calda sanitaria e il riscaldamento domestico, che avviene attraverso radiatori che funzionano a bassa temperatura. Le simulazioni eseguite con il programma TRNSYS mostrano come, da aprile a settembre, l'impianto solare

copra quasi il 100% del fabbisogno termico. Nei mesi invernali e autunnali il fabbisogno residuo, che ammonta a circa 36 kWh/m² di superficie lorda riscaldata, è coperto da una caldaia a gas centralizzata ad alto rendimento. Nel complesso, gli edifici, grazie agli alti livelli di isolamento, al contributo dei sistemi solari passivi e al sistema di ventilazione automatica controllata con recupero di calore, hanno bassi livelli di consumo energetico: circa 50 kWh/m² per una superficie lorda riscaldata complessiva di circa 4650 m². L'utilizzo di moduli prefabbricati di copertura con struttura di legno integranti i pannelli solari migliora il risultato architettonico, rispetto alla semplice e "insignificante" sovrapposizione, e ottimizza tempi e costi di installazione, abbattendo quelli che altrimenti si avrebbero per la realizzazione di un tradizionale manto di copertura e per le strutture di supporto dei pannelli.



Sezione longitudinale della copertura dell'edificio IV
Scala 1:20



Vista del quartiere da ovest

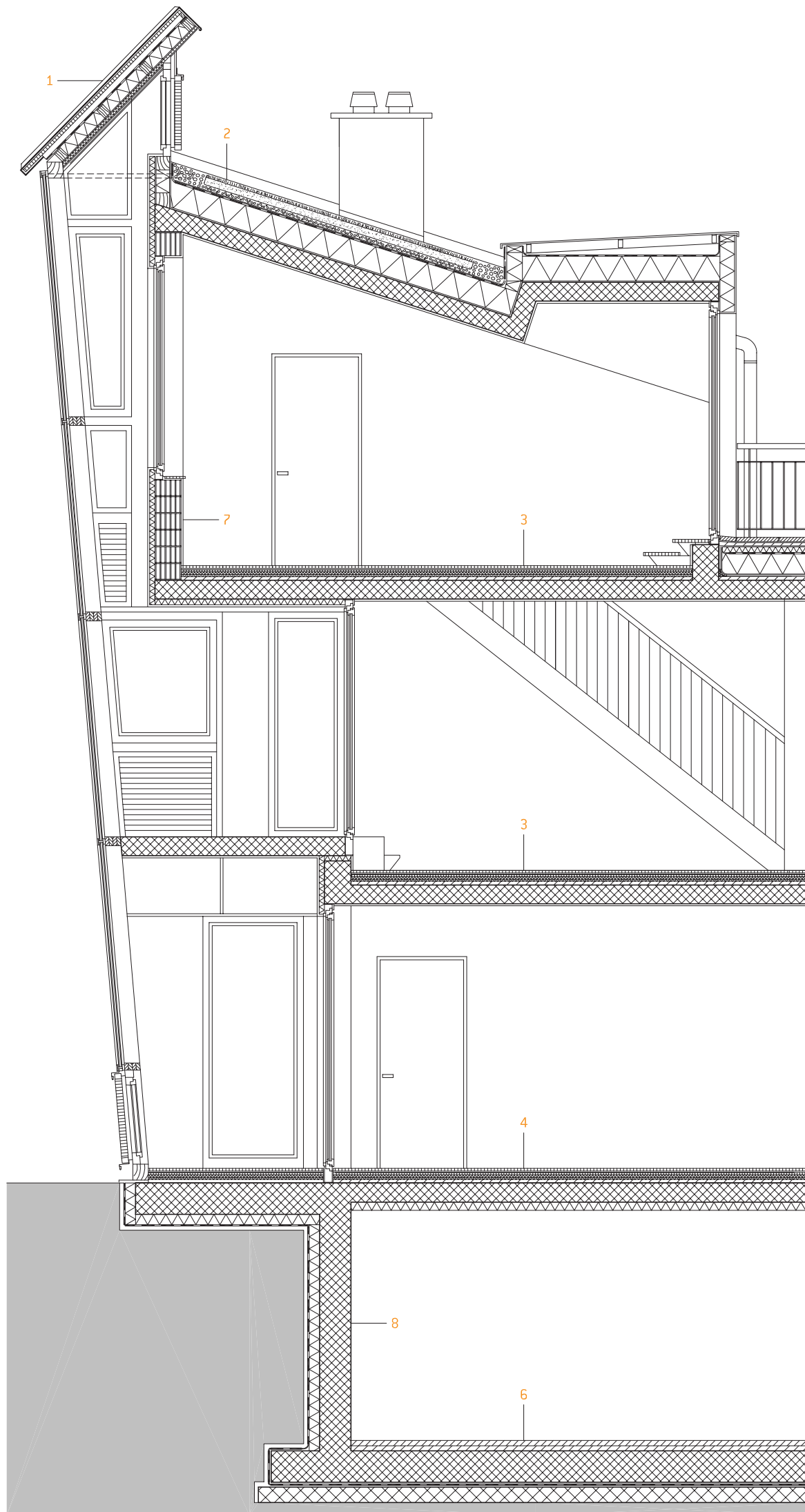
I giardini d'inverno per l'accumulo di calore

Le serre a doppia e tripla altezza con struttura di legno rappresentano il principale sistema passivo di sfruttamento dell'energia solare. Esse svolgono la funzione di "spazio cuscinetto" a protezione degli sbalzi termici durante le stagioni fredde, contribuendo attorno al 23% dell'intero fabbisogno termico. Le alte prestazioni del sistema solare passivo sono ottenute grazie all'impiego di strutture fortemente isolate e dotate di buona capacità termica, alla riduzione delle aperture a nord e all'uso di

vetrate isolanti evolute. Le pareti esterne dei diversi edifici sono formate da blocchi cavi di laterizio di 25 cm di spessore con isolamento a cappotto formato da 14 cm di pannelli di sughero con finitura a intonaco, mentre i solai di copertura sono realizzati in calcestruzzo armato con isolamento termico formato da 25 cm di polistirene espanso ad alta densità, che permettono il raggiungimento di un buon livello di isolamento termico con un valore di trasmittanza termica U pari $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le murature e $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le coperture.



Vista sud dell'edificio III



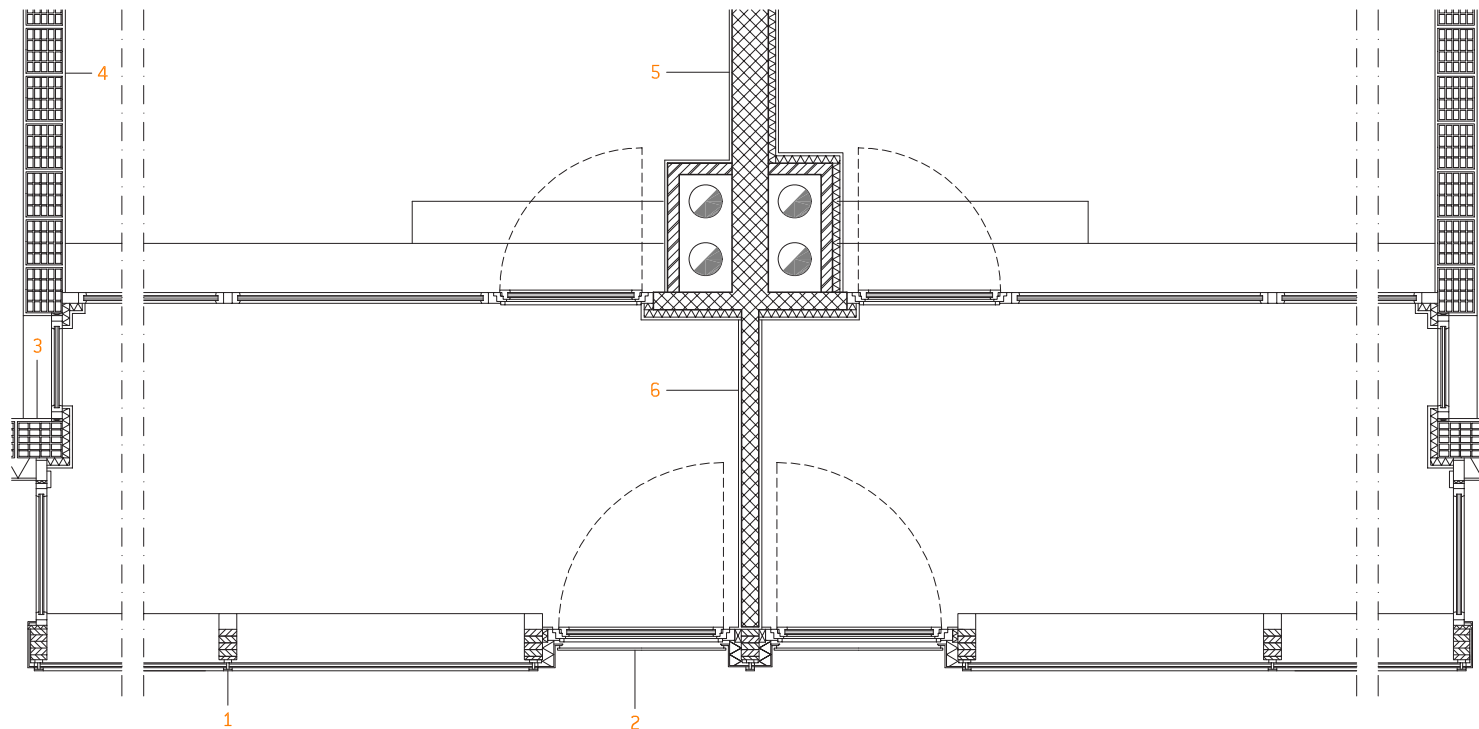
Sezione trasversale dell'edificio III
Scala 1:50

- 1. stratificazione copertura serra:**
 - lamiera zincata
 - assito di compensato, sp. 30 mm
 - correnti di legno 30/50 mm
 - guaina impermeabilizzante
 - travetti 80/120 mm con interposto isolamento di lana di roccia
 - pannello multistrato di compensato, sp. 30/50 mm con interposto isolamento di lana di roccia e barriera al vapore
 - intonaco, sp. 15 mm
- 2. stratificazione tetto verde:**
 - inverdimento estensivo, sp. 100 mm
 - drenaggio, sp. 30 mm
 - antiradice, sp. 15 mm
 - manto bituminoso impermeabilizzante, sp. 10 mm
 - isolamento termico di polistirolo espanso, sp. 250 mm
 - barriera al vapore
 - solaio di calcestruzzo armato 180 mm
 - intonaco, sp. 15 mm
- 3. stratificazione solaio intermedio:**
 - pavimento di legno, sp. 25 mm
 - strato separatore di polietilene, sp. 2 mm
 - pannello multistrato di legno e sughero, sp. 50 mm
 - strato fonoassorbente di fibra di cocco, sp. 20 mm
 - sottofondo, sp. 45 mm
 - solaio di calcestruzzo armato, sp. 180 mm
 - intonaco, sp. 10 mm
- 4. stratificazione solaio piano terra:**
 - pavimento di legno, sp. 25 mm
 - strato separatore di polietilene, sp. 3 mm
 - pannello multistrato di legno e sughero, sp. 50 mm
 - strato fonoassorbente di fibra di cocco, sp. 20 mm
 - sottofondo, sp. 45 mm
 - solaio di calcestruzzo armato, sp. 180 mm
 - isolamento termico di pannelli composti di lana minerale e Heraklith, sp. 75 mm
- 5. stratificazione copertura pedonale:**
 - piastrelle di calcestruzzo, sp. 40 mm
 - sottofondo, sp. 30 mm
 - isolamento di polistirolo espanso, sp. 50 mm
 - manto bituminoso impermeabilizzante, sp. 10 mm
 - isolamento termico di polistirolo espanso, sp. 200 mm
 - barriera al vapore, sp. 3 mm
 - strato di pendenza 20-60-90 mm
 - solaio di calcestruzzo armato, sp. 180 mm
 - intonaco, sp. 15 mm
- 6. stratificazione solaio piano interrato:**
 - battuto di cemento, sp. 50 mm
 - strato separatore di polietilene, sp. 3 mm
 - sottofondo, sp. 50 mm
 - fondazione a piastra di calcestruzzo idrofugo, sp. 300 mm
 - impermeabilizzazione
 - magrone sottofondo, sp. 150 mm
- 7. stratificazione parete esterna:**
 - intonaco, sp. 15 mm
 - isolamento termico di sughero, sp. 100 mm
 - blocchi cavi di laterizio, sp. 250 mm
 - intonaco, sp. 10 mm
- 8. stratificazione parete controterra:**
 - guaina bituminosa triplo strato, sp. 10 mm
 - isolamento termico di polistirolo espanso, sp. 100 mm
 - parete di calcestruzzo armato, sp. 300 mm

Le ampie superfici trasparenti sono realizzate con vetrate isolanti evolute che riducono le dispersioni di calore delle superfici trasparenti rispetto a una vetrata tradizionale e hanno valori di trasmittanza termica U diversi in relazione all'orientamento: $U = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le superfici vetrate orientate a ovest, $U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ per tutte le altre finestre e $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le vetrate delle serre.

Il calore ricevuto dall'edificio durante i periodi di soleggiamento viene immagazzinato nella struttura di calcestruzzo armato dell'edificio e resti-

tuito all'ambiente da riscaldare con uno sfasamento di alcune ore. L'efficacia funzionale dei giardini d'inverno è aumentata dal sistema di ventilazione controllata automaticamente, che utilizza l'aria preriscaldata dalle serre e la convoglia attraverso uno scambiatore di calore ai locali comuni. La funzione di accumulo del calore della serra è affiancata a quella di arricchimento della qualità spaziale degli alloggi, potendo sfruttare questo ambiente come prolungamento dello spazio domestico durante la maggior parte dell'anno.



Pianta di una serra dell'edificio III. Scala 1:50



1. montante struttura di sostegno facciata vetrata serra di legno lamellare 80x160 mm
2. serramento apribile di legno con vetrocamera
3. stratificazione parete esterna:
 - intonaco, sp. 15 mm
 - isolamento termico di pannelli di sughero, sp. 140 mm
 - blocchi cavi di laterizio, sp. 250 mm
 - intonaco, sp. 10 mm
4. stratificazione parete interna all'unità abitativa:
 - intonaco, sp. 10 mm
 - blocchi cavi di laterizio, sp. 250 mm
 - intonaco, sp. 10 mm
5. stratificazione parete divisoria tra due unità abitative:
 - intonaco, sp. 10 mm
 - parete di calcestruzzo armato, sp. 250 mm
 - isolamento acustico di pannelli di sughero, sp. 50 mm
 - intonaco, sp. 10 mm
6. stratificazione parete divisoria tra due serre binate:
 - intonaco, sp. 10 mm
 - parete di calcestruzzo armato, sp. 120 mm
 - intonaco, sp. 10 mm

Fronte di una delle serre dell'edificio III

Le serre rappresentano anche il principale mezzo di composizione architettonica e articolazione volumetrica delle stecche residenziali. Esse hanno forme variabili in rapporto agli alloggi simplex o duplex cui sono addossate. I corpi di fabbrica I e IV sono caratterizzati da giardini d'inverno a doppia altezza, associati a coppie di appartamenti, che si alternano a porzioni murarie piene. Il corpo di fabbrica III, con alloggi simplex al piano terra e duplex a quello successivo, ha un particolare andamento a livelli sporgenti dei diversi piani che permette l'ombreg-

giamento delle finestre collocate al livello sottostante senza comportare costi aggiuntivi dovuti a sistemi di protezione dal surriscaldamento estivo. Le coppie di serre a tripla altezza alternate a porzioni murarie piene hanno la facciata sud inclinata per seguire la geometria a livelli sporgenti della costruzione. Nel corpo di fabbrica II, formato da alloggi simplex di piccole dimensioni, i giardini d'inverno occupano l'intera estensione del fronte sud.



RENDIMENTO ENERGETICO ANNUALE DEL SISTEMA SOLARE, FABBISOGNO ENERGETICO RESIDUO E PRODUZIONE DI CO₂ DELLA CALDAIA A GAS (SIMULAZIONE TRNSYS)

**Bilanci energetici dei sistemi di teleriscaldamento
solare a corto raggio (riferiti allo stato di sviluppo completo:
61 abitazioni)**

Superficie di collettori: m² 410
Volume accumulatore: m³ 100
Fabbisogno energetico complessivo: MWh/a 439,6
- Riscaldamento: MWh/a 228,0
- Acqua calda: MWh/a 115,0
- Perdite di distribuzione: MWh/a 96,6
Energia solare (attiva): MWh/a 143,9
Riscaldamento complementare: MWh/a 295,7
Quota di copertura del sistema solare
riferita ai collettori: % 32,9
Rendimento energetico solare: kWh/m²a 335

Fabbisogno energetico primario e produzione di CO₂
Fabbisogno di combustibile annuo (Gas, Hu): 295,7
Parametro combustibile (Hu): 68,1
Produzione totale di CO₂: 59,1
Riduzione della quantità di CO₂ prodotta: 32,8

Costo collettori solari

Pannelli solari: 200 euro/m²
Moduli prefabbricati di copertura
con integrati i pannelli solari, compresa posa: 400 euro/m²

Diagramma del sistema di riscaldamento
ad apporto solare (Steinbeis Transferzentrum Energie)

In alto, schema dell'impianto di riscaldamento solare
(Steinbeis Transferzentrum Energie)

