

**RECUPERO DI UN EDIFICIO RURALE
IN ALTA VAL CAMONICA
PRESSO IL PASSO DEL TONALE A 1600 mslm
2_RICERCA**

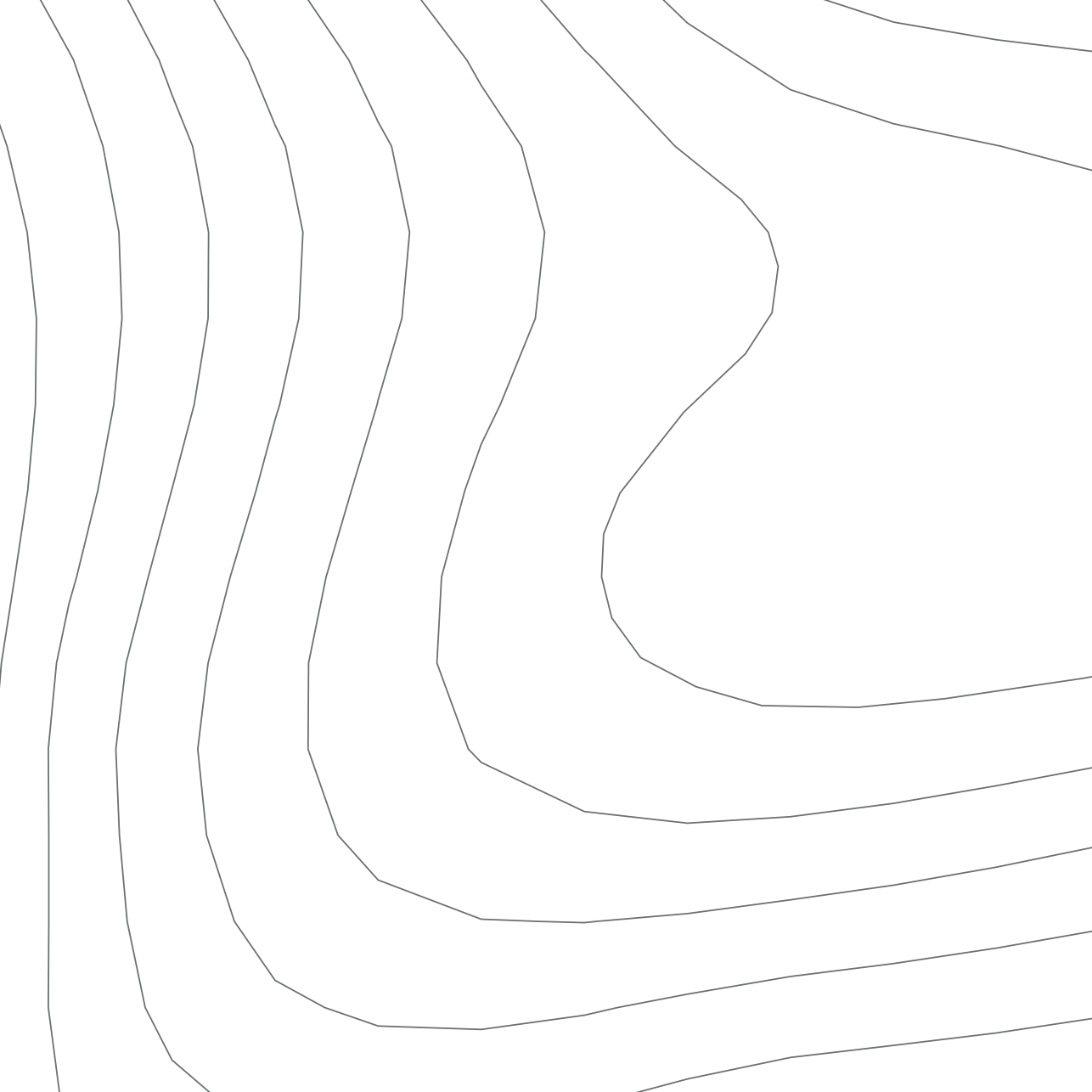
**Laureando Luca Rizzieri mat. 184447
Relatore Prof. Arch. Paolo Mestriner**

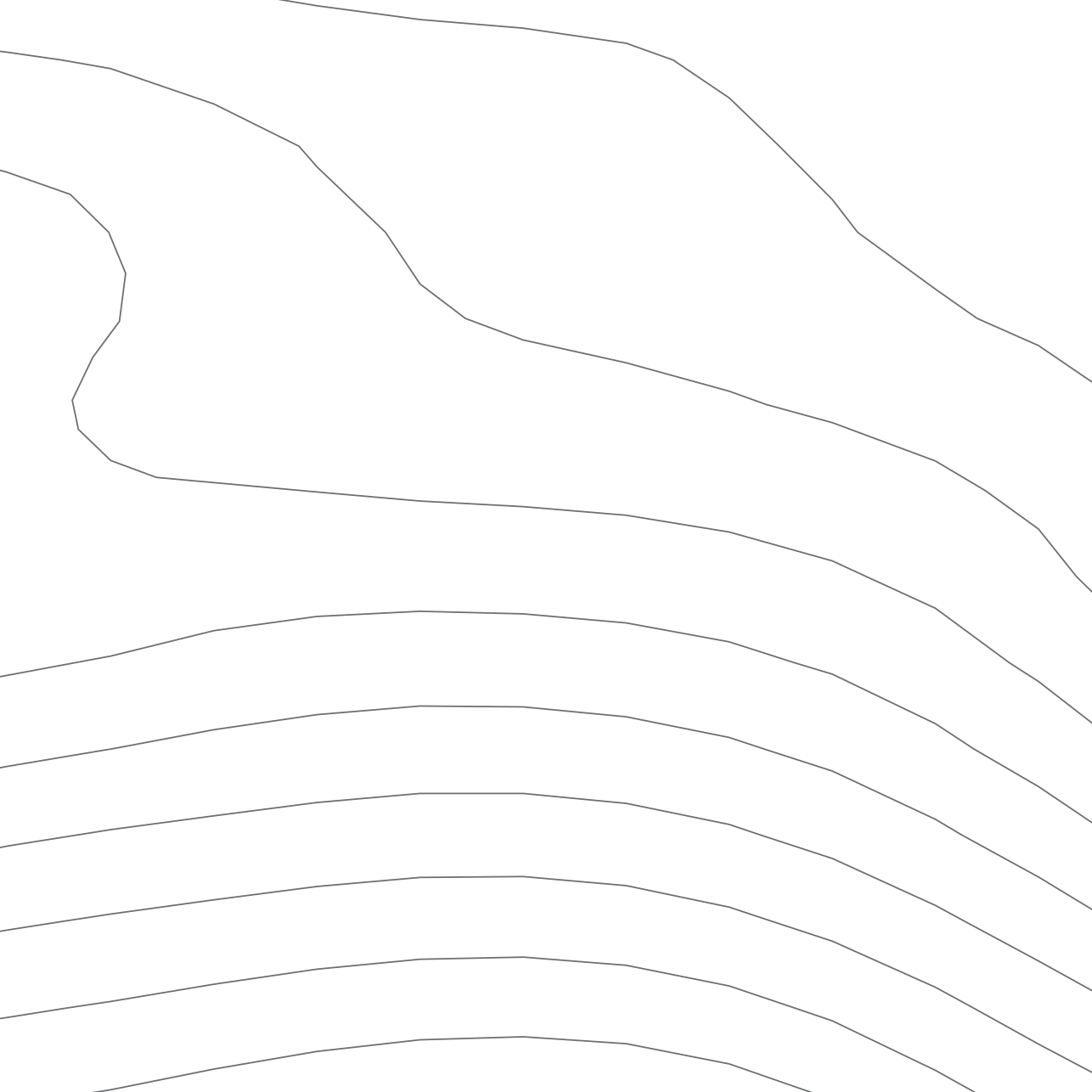
**Corso di laurea in Architettura
Politecnico di Milano
Anno Accademico 2009/2010**

POLITECNICO DI MILANO



AA
09
10







Katholisches Pfarreizentrum



AA
09
10

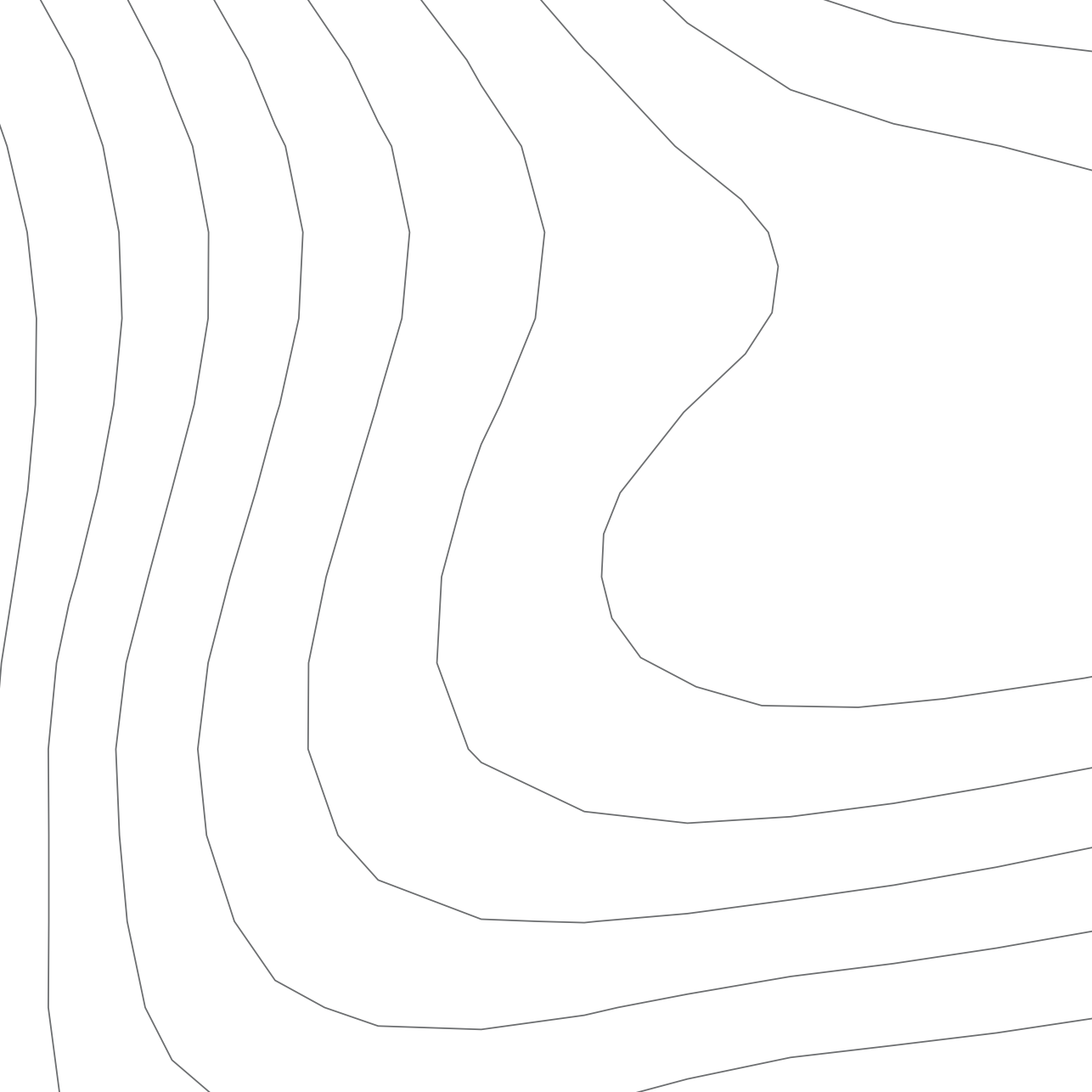
RECUPERO PAESAGGISTICO E FUNZIONALE
DI UN EDIFICIO RURALE IN ALTA VAL CAMONICA
PRESSO IL PASSO DEL TONALE A 1600 MSLM

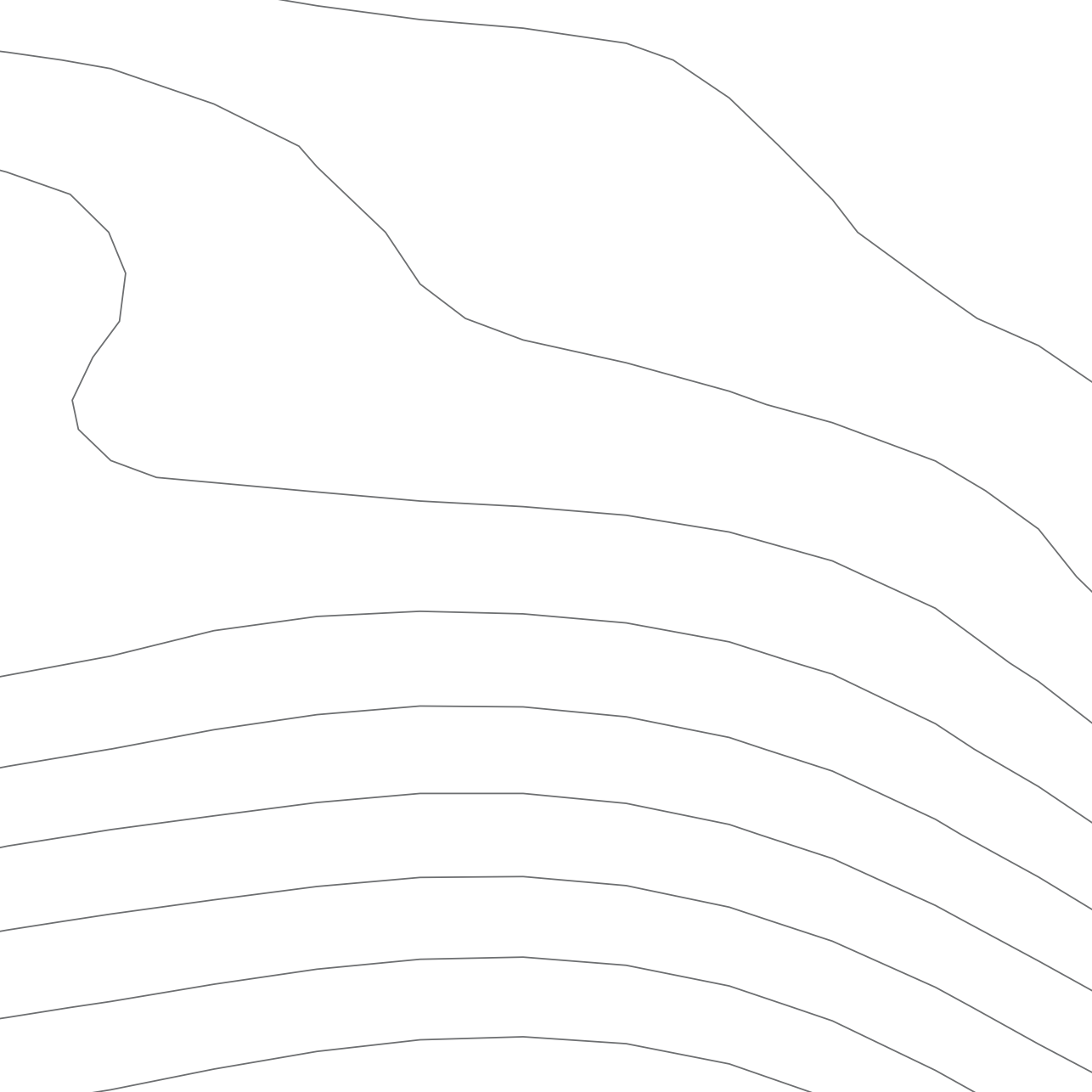
Laureando Luca Rizzieri mat. 184447
Relatore Prof. Arch. Paolo Mestriner

Corso di laurea in Architettura
Politecnico di Milano
Anno Accademico 2010/2011

POLITECNICO DI MILANO









RICERCA “*AMBITO DELLA COMUNITÀ*”

1 EDIFICI ALPINI

P.16

1.1.1 - Architettura alpina

p.21

Legno e pietra i materiali delle alpi

Il maso chiuso (come sintesi delle funzioni)

Le baite

I baitelli

Le malgne

Le recinzioni

I <Bàrech>

1.1.2 - Architettura alpina contemporanea

p.35

2 LEGNO E COSTRUZIONE

P.60

2.1 - Premessa tecnica

p.64

2.2 - Energia grigia

p.72

I materiali da costruzione e il loro contenuto di energia grigia

Tipologie costruttive e loro contenuto di energia grigia

Bilancio energetico complessivo degli edifici

Sulla via del legno?

2.3 - Legno materia prima rinnovabile

p.84

Le funzioni del bosco

La creazione di valore aggiunto regionale del legno

2.4 - Legno materiale da costruzione

p.94

Vantaggi di una casa in legno

Pregiudizi contro il legno come materiale da costruzione



2.5 - Tipologie costruttive in legno	p.104
Sistemi costruttivi leggeri e massicci in legno	
Un caso su tutti il sistema Thoma	
2.6 - Edifici energeticamente efficienti	p.120
Nuovi edifici senza riscaldamento	
Pregiudizi sugli edifici energeticamente efficienti	
Tecnologie innovative anche nelle vecchie case	
2.7 - Costruire e ristrutturare	p.134
Edifici energeticamente efficienti di nuova costruzione	
Risanamento energetico	

ALLEGATI

GLOSSARIO

BIBLIOGRAFIA

RISORSE

INDICE IMMAGINI

PAGINA-NUMERO

3-51-costruzione a Munster, cantone Vallese, Svizzera

16-52-tronco di Larice,

particolare padiglione svizzero di Peter Zumthor Hannover, casa Hans-Jörg Ruch, maso innevato Soprabolzano BZ

18-53-Maso in Val Pusteria

20-54-Ristrutturazione, passo della Novena, Svizzera

22-55-Panoramica Casa Donati

24-56-Baite sulle montagne di Vals, Svizzera

27-57-Case contadine delle valli bresciane

30-58-Malga in alta Val Camonica

30-59-Barech, Alta Val Trompia

34-60-particolare Nachbar Kapelle, arch.Cukrowicz

36-61/62-architetture di Kaufmann e Ruf, nella regione del Vorarlberg, Austria

38-63-Abitazione per le vacanze, studio EM2A

39-64-particolari Nachbar Kapelle, arch.Cukrowicz

40/41-65-Abitazione arch. Fuhrimann e Hachler, Scheidegg, Svizzera, CH

42-66-Abitazione arch. Peter Zumthor, casa Luzi, Jenaz, CH

44-68-Terme di Vals, arch. Peter Zumthor

44-69-Casa Beirings arch. Rocha Tombal

45-69-Casa Beirings arch. Rocha Tombal

45-71-Sevgein Home, arch. Bearth+deplazes

46-72-Sevgein Home, arch. Bearth+deplazes

47-73-Caminada Home, arch. Gion Caminada

48/49-74-Fattoria alpeggio, arch. Gion Caminada, Val Lumnezia CH

50-75- Haus Eva Presenhuber, arch. Fuhrimann Hachler

51-76-Casa in Alta Engadina, arch. Ruch Hans-Jörg

53-78-Casa Ema, arch. Bernardo Baden

53-79-School in Paspels, arch. Valerio Olgiati

54-80-Wohnuberbauung giardin, Samedan, arch.Lazarini

55-81-rifugio Monte Rosa Hut, arch.ETH Zurigo

55-82-interni,rifugio Monte Rosa Hut, arch.ETH Zurigo

56-83/84- dettagli chapel in Sumvitg, arch. P. Zumthor

57-85-Chesa Not Tschlin val Engadina arch. Ruch

59-86-ponte di Suransuns Jürg Conzett

61-86-Posa solaio con pannello Xlam

102-88-costruzione blockbau

109-89-parete Thoma 100

109-90-posa solaio massiccio Thoma 100

111-91-cantiere Thoma

118-92-targa clima house

132-93-foto di cantiere

INDICE GRAFICI E TABELLE

64-Tabella 1 - Consumo di gasolio annuo per tipologia edilizia

66-Tabella 2 - Potenza termica necessaria per tipologia edilizia

68-Tabella 3 - Realizzazione tra il coefficiente U di una parete costruita secondo diversi standard e il fabbisogno di calore per m² di una parete esterna risultante

74-Tabella 4 - Consumo energetico per la produzione di materiali isolanti.

74-Tabella 5 - Consumo energetico per la produzione di calcestruzzo

76-Tabella 6 - Consumo energetico per la produzione di conci e mattoni

76-Tabella 7 - Consumo energetico per la produzione di materiali in legno

78-Tabella 8 - Confronto dell'energia utilizzata per la costruzione di una casa in muratura e in legno

88-Tabella 9 - Principali specie legnose e loro utilizzo

92-Tabella 10 - Confronto di spessori di diversi materiali per raggiungere un coefficiente U di 0,50 W/m²K

120-Tabella 11 - Componenti e valori limite di una casa passiva

122-Tabella 12 - Classi energetiche Casa Clima

124-Tabella 13 - Costi annuali di riscaldamento per una casa unifamiliare

TAVOLE

152-Tav 1 -Introduzione

154-Tav 2 -Analisi scala da 1:50000 a 1:10000

156-Tav 3 -Planimetria 1:500

158-Tav 4 -Piante 1:200

160-Tav 5 -Piante 1:50

162-Tav 6 -Prospetti 1:200

164-Tav 7 -Prospetti 1:50

2



EDIFICI ALPINI LEGNO E COSTRUZIONE



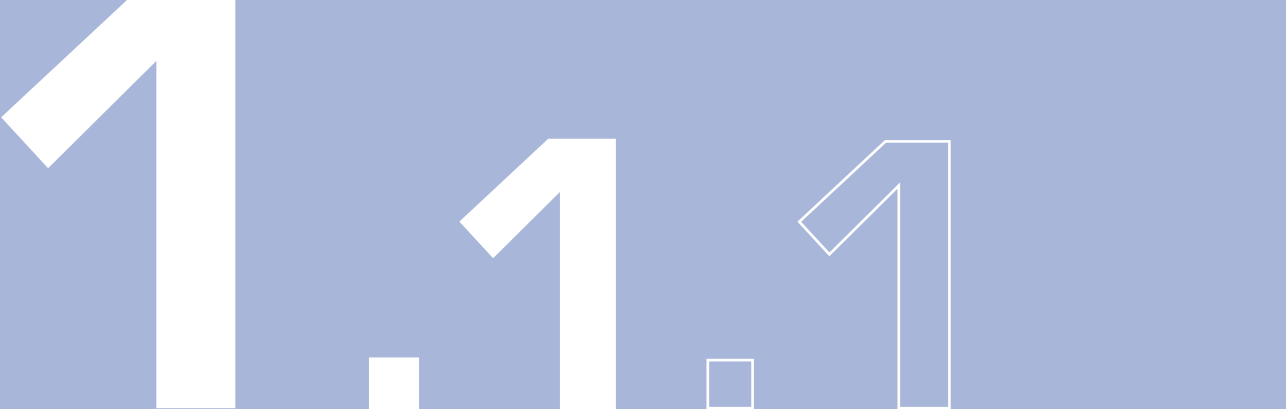


Edifici Alpini

1.1 ARCHITETTURA ALPINA

- 1.1.1 Legno e pietra i materiali delle alpi
- 1.1.2 Il maso chiuso (come sintesi delle funzioni)
- 1.1.3 Le baite
- 1.1.4 I baitelli
- 1.1.5 Le malgne
- 1.1.6 Le recinzioni
- 1.1.7 I <Bàrech>

1.2 ARCHITETTURA ALPINA CONTEMPORANEA/REGESTO ARCHITETTONICO



1.1 ARCHITETTURA ALPINA

1.1.1 Legno e pietra i materiali delle alpi

Nel panorama edilizio delle vallate alpine possiamo riconoscere l'influenza diretta della colonizzazione romana e germanica che ha diffuso l'utilizzo del legno come materiale da costruzione. La morfologia alpina ha da sempre reso problematici gli approvvigionamenti e gli spostamenti di cose e persone tra le varie comunità, privilegiando quindi per necessità, la nascita di una architettura che utilizza solo materiali reperibili in loco, e che porta a elaborare soluzioni formali e tecniche essenzialmente legate alle tecniche e ai materiali stessi suggeriscono. L'utilizzo del legno inoltre da sempre oltre ad offrire riparo ha contribuito al normale e necessario controllo del eccessivo sviluppo del bosco permettendo così anche di guadagnare spazio in favore dei pascoli e delle coltivazioni. Invece la pietra, pur con caratteristiche diverse da zona a zona è un materiale più resistente e meno costoso del legno (almeno una volta) ma che presenta caratteristiche dal punto di vista per esempio dell'isolamento termico di gran lunga inferiori.

Per questo motivo le costruzioni miste sono le più frequenti, anche perché l'utilizzo dei due materiali era comunque dettato da criteri funzionali: si sceglieva per esempio la pietra al piano terra per la stalla e l'abitazione per assolvere al meglio i requisiti di chiusura dei vani e il legno per costruire i vani che necessitavano di aereazione.

In sostanza tralasciando particolari zone che hanno prodotto esempi tipologici unici partendo da condizioni sociali-culturali particolari possiamo suddividere a grosso modo il versante sud delle alpi di formazione romana con un'architettura prevalentemente di pietra mentre le vallate settentrionali con influenze germaniche caratterizzate invece dall'utilizzo del legno.

1.1.2 Il maso chiuso (come sintesi delle funzioni)

Costruito sempre al di fuori dei paesi, come edificio completamente autonomo e

autosufficiente, il maso è costituito normalmente da un gruppo di edifici con funzioni diverse, circondato da campi prati e boschi. Spesso un solo edificio, articolato su più livelli comprende varie funzioni, abitazione e produzione. Residenza, stalle, fienili sono poste sotto lo stesso tetto e condividono ingressi, scale, ballatoi in un contesto di totale promiscuità totale e rispecchiano il rapporto di muta assistenza che intercorre stabilmente da sempre tra le persone e il bestiame.

L'abitazione spesso si sviluppa in verticale e sui pendii per non togliere spazio alle scarse zone pianeggianti dedicate alla coltivazione. La costruzione è sempre posizionata in prossimità di un approvvigionamento idrico con la facciata esposta verso il sole. Il maso può essere "chiuso", con tale espressione si indica la consuetudine per cui il maso stesso non può essere diviso tra diversi eredi, ma assegnato ad uno solo di questi. Tali provvedimenti furono previsti nei secoli scorsi per evitare il frazionamento del territorio, che avrebbe provocato un impoverimento generale dell'economia della regione, fondamentalmente basata su agricoltura e allevamento. Il maso "chiuso" fu abolito in Italia durante il fascismo e poi ripristinato negli anni cinquanta.

1.1.3 Le Baite



La baita è, in linea generale, sviluppata su due piani con stalla al piano terra, quasi sempre seminterrata a causa della pendenza del terreno e il fienile al primo piano. Solo una piccola parte del fienile al primo piano. Solo una piccola parte del fienile è riservata a dormitorio e cucina. La planimetria è per lo più rettangolare e i lati tra loro hanno poca differenza; talvolta è addirittura quadrata. I fabbricati posti all'interno del settore camuno per la loro particolare collocazione sul versante orografico destro del fiume Oglio, ricalcano nelle loro strutture le linee morbide ed armoniche delle rocce scistose, con le loro varietà cromatiche che le caratterizzano. Si tratta di edifici rurali semplici, per lo più di ridotte dimensioni, dove gli spazi e i locali rappresentano la sintesi dell'indispensabile. La struttura portante, dal basamento al tetto è, nella maggior parte dei casi, completamente in pietre scistose disposte a secco senza l'uso di leganti, considerata la facilità nel reperimento della materia prima. Lo stesso utilizzo di materiale idoneo è inoltre dettato dalla localizzazione altimetrica dei manufatti e dalla facilità di reperimento. In quei luoghi, dove è stato possibile recuperare altro materiale, sono presenti baite con murature in pietra malta di calce, a volte grossolanamente intonacate. L'aspetto dei muri in cui compaiono materiali così variegati per forma, dimensioni e colore, non rappresenta una stonatura, anzi, è motivo di pregi estetici, infatti in numerose costruzioni rurali soprattutto in val Grande si



trovano accostamenti di pietre di diorite (famiglia dei graniti) e marmo. Altre baite presentano la struttura portante con micascisti nel basamento e sui quattro angoli fino al tetto, con tamponamenti di tavole di larice poste verticalmente. Il tamponamento centrale in legno, oltre a favorire maggiormente la ventilazione e l'essiccazione del fieno, crea un particolare contrasto cromatico con il colore bruno assunto dalle tavole, sottoposte in modo continuo all'azione del sole e della pioggia. Le murature di elevazione sono a volte, realizzate con muri a doppia testa: uno all'interno e uno all'esterno. Le pietre dette "di punta", servono a creare un collegamento tra le pietre del muro interno e dell'esterno, conferendo maggiore stabilità al muro; il vuoto che rimane viene riempito con ciotoli e sabbia. Le murature più diffuse sono quelle a secco, cioè con pietre disposte senza l'uso di leganti una sull'altra con spessore e dimensione variabile tra i 50 e 80 cm. Per questo tipo di manufatti serve oltre a del materiale appropriato una estrema maestria nel disporre in modo perfetto elementi spesso di dimensioni diverse avendo anche accortezza di far sì che gli accostamenti tra pietra e pietra creino fughe sfalsate tra i corsi sovrapposti. Sugli angoli, che costituiscono il punto più importante e più debole del fabbricato, le pietre sono comunque sempre ben squadrate, di dimensioni superiori rispetto al resto della struttura, inserite in modo alternato sulle facciate in modo da legare ancor più la struttura. Inoltre per sopperire alla mancanza di calce si lavoravano le pietre in modo da farle aderire perfettamente tra di loro.



La malta infatti veniva usata, a seconda dei luoghi e delle possibilità di reperimento, per lo più per intonacare grossolanamente le pareti esterne. La calce rappresentava il materiale da costruzione più costoso e questo spiega la sua rarità nelle intonacature anche interne, mancata da ricercare nel concetto di economia del mondo rurale, nel quale il contadino si costruiva, da solo o con un aiuto, le abitazioni senza l'utilizzo di manodopera specializzata esterna. Nei pochi casi ove la calce viene impiegata come legante per le murature è da segnalare che i giunti non sono mai a filo muro ma arretrati di qualche cm per impedire il dilavamento con la pioggia.

Nelle pareti si aprono piccole finestre che sono generalmente costituite da due spalle verticali monolitici in pietra che sorreggono architravi in legno o pietra. Spesso la pietra viene sostituita dal legno per la sua scarsa capacità di sopportare le sollecitazioni di flessione e taglio. Le porte sono realizzate con assi in larice incernierate su travi di legno poste orizzontalmente più o meno lavorate a seconda della destinazione dell'edificio se stalla o residenza.

Un elemento espressivo sugli architravi sono i segni riportanti la data di costruzione, le iniziali dei proprietari e solitamente l'incisione della croce stilizzata, quale segno benedificante. Queste incisioni sono tipiche delle abitazioni alpine e le possiamo ritrovare in tutto l'arco alpino.

L'unico solaio esistente fra stalla e fienile è in travi di legno incastrate nei muri da parete a parete nel senso più corto del piano di calpestio. Su queste sono inchiodate



tavole di larice. In alcuni casi le travi sporgono in facciata e sono ad essa legate ramite un chiodo di legno che funge da dnete bloccante esplicando anche la funzione propria delle chiavarde. La struttura portante del tetto, sempre a due falde, è in capriate di legno con grosse travi di colmo. La copertura è in scandole di lerice o di lastre di pietra scistosa ma purtroppo negli ultimi anni molte abitazioni sono state ristrutturare sostituendo le coperture con manti di lamiera, sia per il notevole risparmio e conomico sia per la mancanza di posatori specializzati nella manutenzione di tetti in “prede” o e scandole.

La stalla è sempre dotata di piccola finestra per l'aereazione , il pavimendo è in terra battuta. Al fienile si accede dal piano superiore se l'edificio è su un terreno inclinato oppure per mezzo di una salita in terreno che spesso è realizzata anche in pietra con copertura di terra e viene utilizzata quale ricovero per maiali o animali da cortile. Oltre al deposito del fieno, un angolo è adibito a dormitorio, a volte separato tramite pareti in legno con alcuni letti i cui materassi sono imbottiti con della paglia in un angolo poi si trova il camino che oltre ad avere una funzione di riscaldamento serve per il paiolo del latte negli edifici sprovvisti del locale adibito alla casera.

Le murature esterne presentano spesso immagini sacre, incorniciate in piccole nicchie. Da un lato sono la conferma di una grande religiosità dall'altro sono anche il tentativo di personalizzare la propria dimora.

Un esempio di edifici realizzati in pietra e legno tipico nel suo genere presente sul territorio dell'alta val camonica si trova nel comune di Vivione nella frazione di Chistòl. In questo gruppo di baite si evidenziano dei fabbricati edificati secondo la tecnica Tirolese del blockbau. Tale sistema che approfondiremo più avanti è detto anche casa bauviana, è stato probabilmente introdotto dai Bavari, scesi in italia fin dal V secolo. Stutture simili si trovano in tutte le valli vicine trentine tale soluzione fa parte integrante dei caratteri costruttivi e funzionali del maso solandro.

L'edificio ha di base la struttura in pietra e malta nel piano adibito a stalla, sormontata nella parte superiore utilizzata come fienile, da una struttura lignea costituita da tronchi più o meno squadrati sovrapposti gli uni agli altri e doppiamente incastrati



negli angoli. Le travi si sormontano con “intaccature a mezzo legno” cioè con incastri realizzati su entrambi i lati, e si sviluppano in elevazione contemporaneamente sui quattro lati dell’edificio. Per questa tipologia è necessario l’impiego di piante resinose a fibra lunga, cioè dotate di una buona resistenza agli agenti atmosferici e alle sollecitazioni strutturali; sono anche in grado di offrire un’ottima coibentazione termica. Le travi utilizzate di spessore variabile tra i 20 e 40 cm possono essere lasciate tonde con un notevole risparmio della lavorazione, oppure leggermente squadrate sulle due facce di posa.

La connessione angolare si ottiene con la sovrapposizione alternata delle travi delle due pareti ortogonali, lasciando sporgere i monconi. Si forma così una struttura eccezionale a blocco, che mantiene la sua elasticità e le consente di sopportare eventuali deformazioni dovute al ritiro del legname ad essiccazione completa.

La disposizione degli incastri crea un motivo armonico mettendo ancor più in risalto il buon gusto dei costruttori che non trascuravano mai il livello estetico

se pur messi in condizioni di ristrettezza economica.

Le baite sono distribuite sul territorio a piccoli gruppi, separate fra loro affiancate a baitelli per il ricovero di maiali pecore e latte.

Vi sono comunque moltissime cascine rurali sparse in modo isolato o riunite in 2-3 edifici collocate in larghi spazi pascolivi o in radure strappate al bosco.

Tutti gli alpeggi sono dotati di acqua indispensabile per qualsiasi attività, o perchè costruiti in vicinanza di sorgenti o perchè l'acqua è stata portata per mezzo di appositi canaletti scavati nel terreno, "lés-lécc". Una fontana o un abbeveratoio per attingere l'acqua e per far dissetare il bestiame sono posti in prossimità, realizzati scavando grossi tronchi di larice, "bioi", nei quali l'acqua arriva convogliata da sorgenti o ruscelli anche tramite canaletti scavati in lunghe pertiche di larice.

1.1.4 I Baitelli

Un gioiello di importanza fondamentale nell'architettura rurale, che completa l'organizzazione logistica sia degli alpeggi che delle malghe, è rappresentato dai baitelli. Infatti sono tra i pochi esempi giunti ai giorni nostri pressochè integri nella loro impronta originaria ed omogenei nell'impianto architettonico.

Questi minuscoli fabbricati non sono stati, nella maggior parte dei casi, oggetto di ristrutturazioni considerata la loro scarsa fruibilità ai fini abitativi e , per tanto, si possono ammirare ancora intatti, nelle condizioni e forme in cui sono stati edificati e con i materiali di costruzione originali.

A differenza delle baite, sulle quali gli interventi di recupero hanno in buona parte stravolto l'impianto originario, i baitelli ci permettono un'approfondita analisi sui materiali utilizzati e sulla disposizione dei medesimi.

I baitelli sono sparsi un po' dovunque; tra tutti vanno comunque evidenziate alcune rarità architettoniche. Si deve in primo luogo procedere ad una distinzione tra baitelli per ricovero delle pecore, dei maiali o per la conservazione del latte. Naturalmente quelli destinati ad ospitare ovini sono di dimensioni maggiori rispetto a quelli per i

maiali. I manufatti utilizzati per la conservazione del latte devono obbligatoriamente essere edificati sopra o immediatamente nelle vicinanze di una sorgente, per poter convogliare, attraverso un canaletto, l'acqua nel vano adibito a deposito. L'acqua è infatti necessaria per creare le condizioni ottimali di temperatura all'interno del minuscolo spazio dove avviene il processo di affioramento della panna.

La struttura dei baitelli è, quasi esclusivamente in pietra scistosa, senza l'utilizzo di leganti, dalle murature sino alla copertura del tetto generalmente ad un'unica falda. Si tratta di piccoli spazi che, pur non essendo destinati al ricovero di persone, venivano curati nei particolari, con meticolosità, a tal punto che spesso alcuni elementi architettonici risultino maggiormente valorizzati nei baitelli che nelle vicine baite.

Più in alto, sotto le vette, a quote oscillanti tra i 2000 e 2600 mt, si trovano altri piccoli ripari per pastori, utilizzati in caso di maltempo o di emergenza atmosferica durante il pascolo. Sono realizzati con murature a secco e coperture in "prede", sfruttando grotte, anfratti naturali o particolari conformazioni della montagna.

Si tratta di edifici isolati che non hanno una relazione funzionale con la struttura organizzativa propria dell'alpeggio pur rimanendo ancorati all'organizzazione logistica nel suo complesso. Nella maggior parte dei casi hanno perso da tempo la loro funzionalità e si ritrovano ormai ridotti a ruderi, spesso inglobati nell'ambiente naturale che si è riappropriato della sua originaria veste, modificata dai più svariati interventi dell'uomo.

Alcuni sono stati originati dalla particolare disposizione di grossi massi precipitati dai pendii sovrastanti. Si tratta di ridotte superfici, 3-4 mq, alti anche meno di un metro, ricavati tra macigni inclinati che fungono anche da copertura. Questi ricoveri offrivano un ridotto spazio nel quale il pastore spesso poteva entrare solo strisciando attraverso una piccola apertura. La loro collocazione, a quote così alte, trova spiegazione anche nella necessità di raccogliere "l'isga" fino sotto le rupi, per sopperire alla carenza di fieno del fondovalle. Si tratta di strutture di impiego temporaneo, in caso di estrema necessità, che hanno origini antiche legate allo sfruttamento dei territori d'alta quota da sempre utilizzati dai numerosi "pegorari" della valle camonica. Questi



58

59



“pegorari” sono dunque gli architetti di questi stupendi esempi di architettura rurale, artefici di un perfetto inserimento dei baitelli tra le zolle erbose, tra grossi massi granitici e tronchi di larici secolari dimostrando una forte capacità di saperli collocare al posto giusto in modo che creassero una perfetta armonia con l’ambiente.

1.1.5 Le malghe

A differenza di baite e baitelli, tutti di proprietà privata, le malghe sono esclusivamente di proprietà comunale e sono poste in genere al limite della vegetazione arborea, a quote che superano i 2000 metri di altitudine. Le malghe presentano edifici sempre più semplificati, con netto privilegio per il ricovero del bestiame e del fieno a scapito degli spazi abitativi, e con tipologie abbastanza costanti. Il complesso della malga è in genere costituito da tre-quattro edifici: una grande stalla bassa e lunga con doppia rastrelliera; una dimora ad un solo piano destinata al fieno, al ricovero dei pastori e alla lavorazione del latte; due piccoli baitelli utilizzati uno per la conservazione del latte, l’altro per il ricovero dei maiali.. Le murature sono in pietra e la copertura in lastre di pietra, sostenuta da forti capriate in legno che devono sopportare il consistente carico della neve, in considerazione della quota elevata e del notevole sviluppo in lunghezza degli edifici adibiti a stalle per il ricovero dei bovini. Molti fabbricati costituenti le malghe sono stati costruiti o ristrutturati durante il secolo scorso, a fianco o sui ruderi di malghe più antiche anche perchè con l’industrializzazione del mercato zootecnico a portato ad un graduale abbandono questi edifici spesso edificati in alpeggi difficilmente raggiungibili.

1.1.6 Le recinzioni

Un elemento architettonico di notevole importanza, che è un tassello indispensabile, anzi un tutt’uno nell’architettura rurale, è costituito dalle recinzioni, alle quali il montanaro ha sempre dedicato molta cura. Nel territorio si possono ammirare i vari tipi

di recinzione realizzate per delimitare le proprietà private tra loro e la proprietà dalle strade comunali di libero passaggio.

Compito, ovviamente, delle recinzioni era anche di impedire agli animali di invadere i terreni altui, quando ogni filo d'erba costituiva un bene preziosissimo da difendere ad ogni costo. Una prima e fondamentale distinzione deve essere fatta tra recinzioni in pietra, recinzioni in legno e recinzioni in misto pietra-legno.

Le più comuni recinzioni in pietra, architettonicamente meno importanti, sono costituite dai sassi ammonticchiati in modo irregolare, alte meno di un metro, che spesso venivano costruite utilizzando anche le pietre di pulitura del terreno che veniva delimitato.

Più rilevanti sono quelle costituite dai muri a secco che si sviluppano su entrambi i lati della strada, creando angoli suggestivi che ci richiamano ad ambienti più fiabeschi. Le murature, normalmente, si elevano poco più di un metro d'altezza e sono intervallate da spazi che consentono l'accesso all'interno delle proprietà private e assumono l'aspetto di profonde trincee.

Tra le recinzioni in legno, generalmente in larice, sviluppate un po' dovunque, assume una caratteristica rilevante il tipo a "fori passanti", dove nel palo verticale di sostegno sono stati praticati due fori rettangolari, all'interno dei quali vengono fatti scorrere orizzontalmente le pertiche. Dove le rocce granitiche dell'Adamello sono facilmente reperibili, sono state adottate soluzioni decisamente diverse che prevedono l'assemblaggio di pietra e legno in una perfetta simbiosi. Grosse lastre di tonalite, appena sgrossate, sono state disposte soprattutto lungo il lato a valle delle strade, a protezione dei sottostanti ripidi pendii, ma comunque anche atte a delimitare i singoli appezzamenti del terreno. Nella parte centrale delle lastre sono state praticate, a mano, due aperture tonde o rettangolari all'interno delle quali vengono introdotte pertiche orizzontali in legno.

1.1.7 | <Bàrech>

Ulteriore elemento di rilevanza che completa il nostro escursus sull'architettura rurale è il Bàrech, toponimo di origine celtica che significa "recinto per animali". E' quella parte di terreno, posta nelle vicinanze dei fabbricati che costituiscono la malga, contornata da sassi ammonticchiati irregolarmente, con larghezza e altezza di circa un metro atta ad impedire l'allontanamento del bestiame. Generalmente di forma rettangolare, ma non sono infrequenti anche forme geometriche diversificate, con una apertura per far entrare i bovini in questa specie di stalla all'aperto ove i malghesi mungevano le mucche. Le pietre che costituiscono la recinzione sono di forma irregolare e spesso sono recuperate nelle vicinanze e a volte sono anche frutto di una accurata operazione di spietramento del pascolo circostante per aumentare la superficie erbosa. Venivano spesso costruiti in ambienti pianeggianti riparati dai venti freddi del Tonale, in posizioni soleggiate e in prossimità di sorgenti o torrenti d'acqua. In questi recinti il bestiame oltre per la mungitura era contenuto anche per il pernottamento o durante i temporali per evitare che impaurito si disperdesse. La costrizione dei bàrech abitua gli animali a stare riuniti, evita gli sbandamenti ed impedisce il pascolo mattutino, quando l'erba è ancora bagnata dalla rugiada. Il bàrech si trasforma così in un pantano per l'accumulo delle deiezioni, consentendo una concimazione letamica che ancora oggi a distanza di decenni dal loro utilizzo produce i suoi frutti. Il risultato più evidente sono le annuali fioriture, nei pressi delle malghe, del rinomato *Chenopodium bonus-henricus* o spinacio selvatico.

Essi sono ormai manufatti che sono diventati monumenti di archeologia, invasi come sono, e spesso inglobati dalla vegetazione che si fa strada velocemente, riacquistando i suoi primitivi spazi con tanta fatica strappati dall'uomo.

1.1.2



ARCHITETTURA ALPINA CONTEMPORANEA

REGESTO ARCHITETTONICO

Semplicemente si potrebbe iniziare uno sterminato elenco di opere, progetti architetti e ingegneri che negli ultimi vent'anni hanno costruito edifici raffinati ed emozionanti. Non è tema per questa tesi e nel dubbio di poter operare scelte incomplete si decide per tanto di trattare questo capitolo come un regesto delle opere più affascinanti realizzate sull'arco alpino. Parte fondante di questo "regesto" sono le opere di studi d'architettura svizzeri con esponenti quali Zumthor e Caminada, che hanno saputo, da sempre, interpretare il paesaggio alpino e l'essenza del vivere montanaro traducendo a volte in modo talmente "alto" in progetti che si pongono come livelli di perfezione emozionale a cui si deve aspirare per dare dignità al territorio delle nostre montagne,

Esempio e fonte di infinita ricerca per architetti, artisti e abitanti è dato dal prezioso **"Premio Sesto: un'occasione per l'architettura alpina contemporanea"**

Per valorizzare e far emergere alcuni progetti di "architettura moderna alpina" si svolge dal 1992 il premio internazionale di architettura contemporanea alpina istituito dal comune di Sesto, una località delle dolomiti altoatesine. Scopo del premio è di stimolare e mettere a confronto architetti e progettisti che lavorano nel contesto alpino, facendo diventare le loro opere elementi di riferimento nei dibattiti sia locali che internazionali che si sviluppano attorno al tema dell'architettura. Al di là dei progetti presentati e di quelli premiati, la manifestazione sta favorendo un continuo processo di ricerca all'interno di un dibattito tra la tradizione rustica e l'interpretazione moderna (contemporanea) facendo comunque da contrapposizione a quelle tendenze che mirano a trasformare l'arco alpino in un grande parco dei divertimenti o in una improbabile Disneyland folcloristica. In una simile concezione dell'architettura trova spazio anche l'importante questione del paesaggio rurale, della sua trasformazione e dei modi di fruizione visti in un continuo confronto tra esigenze dell'agricoltura e



61

“La buona architettura è intesa per ospitare l'uomo, a lasciarlo abitare in essa espandendola e non è intesa a stordirlo con chiacchiere”

Peter Zumthor



62

del turismo. Vedremo come il moderno modo di costruire in montagna moderno possa non essere limitato a pure soluzioni di calcoli aritmetici di statica (pensiamo ai ponti, alle strade, agli edifici costruiti in zone a forte pendenza) ma possa anche contenere elementi architettonici caratterizzati da una complessa evoluzione culturale. Nei dieci anni del premio Sesto i progetti e le realizzazioni sono aumentati e questo fa pensare ad un maggior impegno ed interesse verso l'architettura moderna, ma anche al fatto che nei committenti (enti pubblici in testa) che prestano maggior attenzione sia aumentata la sensibilità.¹

1 Per approfondimenti si rimanda a tutti i cataloghi delle edizioni del Premio Sesto





64



“Da quassù il mondo degli uomini non sembra che follia, grigiore racchiuso dentro se stesso. E pensare che lo si reputa vivo solo perchè è caotico e rumoroso”

Walter Bonatti



65





“Mi piace immaginare di progettare e realizzare delle costruzioni dalle quali, alla fine del processo costruttivo, mi ritiro come progettista, rilasciando un edificio che è sé stesso, che è al servizio dell’abitare e che è un elemento appartenente al mondo delle cose, capace di fare a meno della mia personale retorica.”

Peter Zumthor





68



69



70



71











75

“Architettura anonima / punti di riferimento esterni specifici come interpretazioni del colore e nella proporzione degli spazi / lo sguardo selettivo / rapporto con piccole bellezze naturali / la parete calda, il comfort / L’edificio deve rappresentare un vicino con “solo lati buoni”

Conradin Clavuot su un suo progetto a Felsberg, CH







78

79





80



81

82

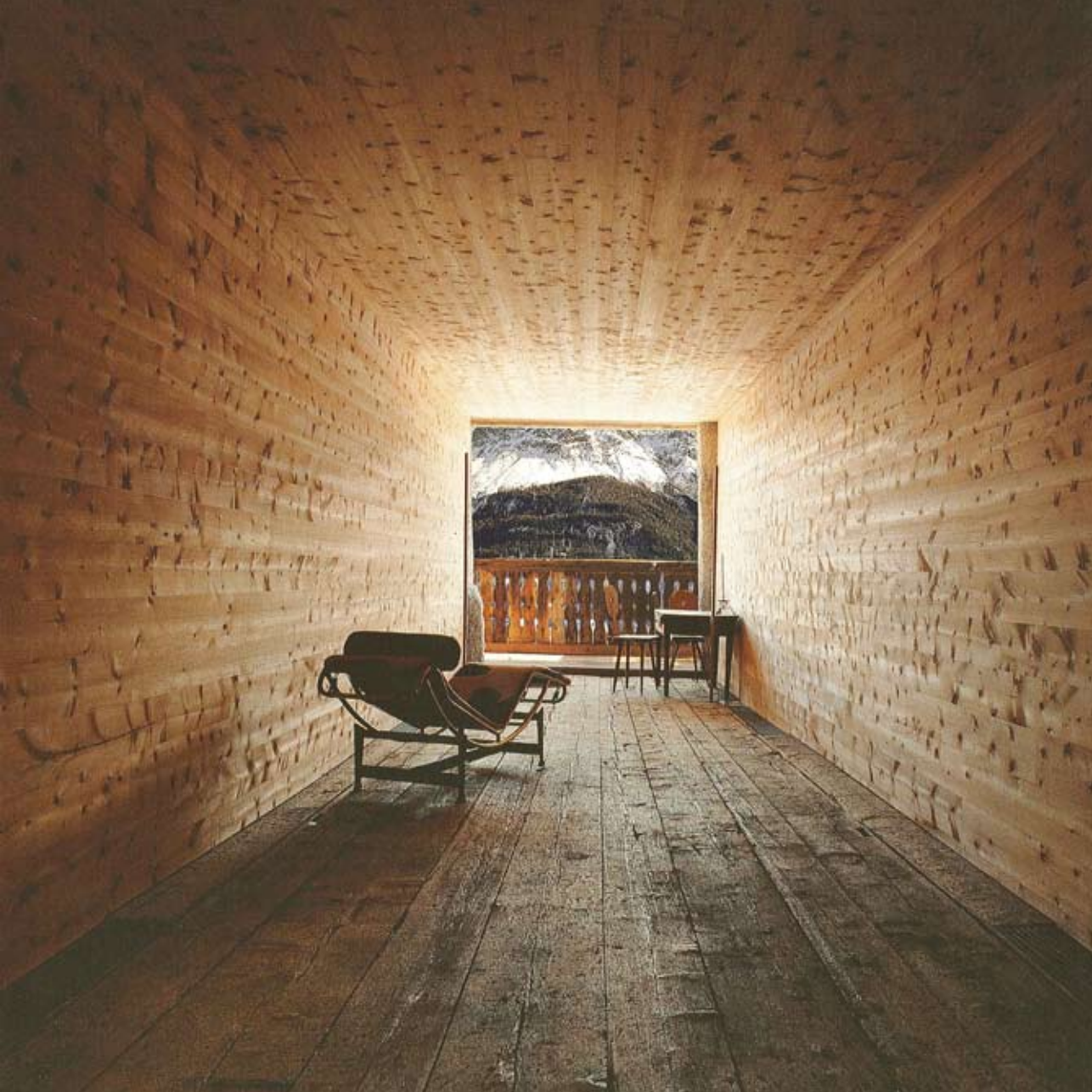




83



84



In una vecchia casa di pietre e legno, lontano dal trambusto
delle città, il mio irrequieto peregrinare ha trovato un riposante ostello.
Il sole inonda i prati all'intorno, il canto degli uccelli si perde
nei verdi silenzi. Ma nel cuore della notte, ch'io sogni o sia desto,
i miei pensieri aleggiano intorno a vette lontane,
le mie mani si scaldano ai fuochi dei bivacchi,
la mia anima notturna si confonde con quella di lontane genti.

Reinhold Messner



2



Legno e costruzione

2.1 PREMESSA TECNICA

2.2 ENERGIA GRIGIA

I materiali da costruzione e il loro contenuto di energia grigia

Tipologie costruttive e loro contenuto di energia grigia

Bilancio energetico complessivo degli edifici

Sulla via del legno?

2.3 LEGNO MATERIA PRIMA RINNOVABILE

Le funzioni del bosco

La creazione di valore aggiunto regionale del legno

2.4 LEGNO MATERIALE DA COSTRUZIONE

Vantaggi di una casa in legno

Pregiudizi contro il legno come materiale da costruzione

2.5 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE IN LEGNO

Sistemi costruttivi leggeri e massicci in legno

Sistema costruttivo massiccio (Blockbau)

Sistema costruttivo a muratura massiccia con legno compensato di tavole (Brettsperrholzbauweise)



Sistema costruttivo leggero ad ossatura portante di legno (Holzskelettbauweise)

Sistema costruttivo leggero a traliccio di legno (Fachwerkbau)

Sistema costruttivo leggero ad intelaiatura di legno (Holzrahmenbau)

Un caso su tutto il sistema Thoma

2.6 EDIFICI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

Nuovi edifici senza riscaldamento

Pregiudizi sugli edifici energeticamente efficienti

Tecnologie innovative anche nelle vecchie case

2.7 COSTRUIRE E RISTRUTTURARE

Edifici energeticamente efficienti di nuova costruzione

Risanamento energetico

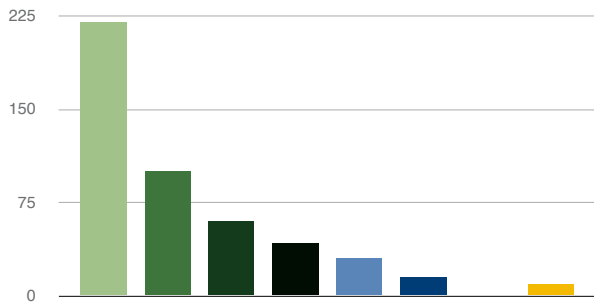


Tabella 1

- vecchia costruzione
- nuova costruzione (2000)
- casa a basso consumo energetico
- minenergie
- minenergie-P
- casa passiva
- casa ad assorbimento solare diretto
- casa a surplus di energia

2.1 PREMESSA TECNICA

Le tipologie costruttive a basso consumo energetico vengono denominate con una grande varietà di concetti, definizioni e certificati. Nel Capitolo 5 vengono illustrati i principali standard costruttivi. Nel presente documento si utilizza la definizione “tecnologie costruttive e di risanamento energeticamente efficienti” come termine generico generale. Per facilitare la successiva comprensione vengono qui illustrati alcuni termini tecnici di fisica delle costruzioni.

Indice energetico (I_{en})

Così come per le automobili viene indicato il consumo di carburante necessario per percorrere 100 km, si può calcolare il fabbisogno energetico di riscaldamento di un edificio. L'energia necessaria per il riscaldamento di un determinato spazio viene espressa in kilowattora per metro quadrato di superficie energetica di riferimento all'anno (kWh/m²a). Per superficie energetica di riferimento si intende la superficie di tutti i locali riscaldati, considerando che in Austria, Svizzera e in Italia sono compresi anche i muri perimetrali (“superficie utile lorda”), mentre in Germania solo la superficie utile, senza considerare lo spessore delle pareti perimetrali (“superficie utile netta”). Nel confronto tra indici energetici svizzeri e tedeschi, ad esempio, occorre quindi calcolare un aumento del 15% dei dati di provenienza svizzera [Humm, 2000].

Secondo lo standard edilizio MINERGIE, diffuso in Svizzera, l'“indice energetico termico” oltre al consumo energetico per il riscaldamento dei locali comprende anche il consumo di energia necessario per produrre acqua calda e per azionare l'impianto elettrico di ventilazione. Un confronto diretto tra indice energetico termico e indice energetico non è quindi possibile. Mentre in Germania e in Austria gli edifici residenziali esistenti presentano mediamente un indice energetico di 220 kWh/m²a, gli edifici energeticamente efficienti fanno riscontrare valori inferiori dell'80-90%.

Una edificio a bilancio energetico positivo (Plusenergiehaus) ha ancora un certo fab-

Tabella 2 Potenza termica necessaria in diversi tipi di edifici

tipo di edificio e di coibentazione	prestazione richiesta dalla caldaia in W/m ²
vecchia costruzione	150
standard costruttivo	85
casa a basso consumo energetico	35
casa passiva	0

bisogno di riscaldamento, ma produce sostanzialmente più energia di quanta ne riceva dall'esterno. Un fabbisogno termico di 220 kWh/ m²a corrisponde ad un consumo di gasolio di circa 22 litri per m² all'anno.

Per una casa unifamiliare di 120 m², con uno scarso isolamento termico e che può essere definita "vecchia costruzione", sono necessari più di 2.600 litri di gasolio. Una nuova costruzione, di pari dimensioni ed edificata secondo gli standard convenzionali, consuma ancora 1.200 litri di gasolio all'anno. Una moderna casa passiva delle stesse dimensioni consuma solo 180 litri di gasolio all'anno, una casa a guadagno diretto non ha più affatto bisogno di gasolio

Carico termico

Il carico termico quantifica la quantità di energia necessaria per riscaldare a sufficienza un locale nel giorno più freddo dell'anno. L'indicazione viene espressa in watt al metro quadrato (W/m²). Grazie al carico termico si può dimensionare con precisione la potenza della caldaia per riscaldare correttamente l'intero edificio. Se ad esempio una casa unifamiliare di 120 m² di superficie abitabile, costruita in base agli standard costruttivi attuali, ha un carico termico pari a 85 W/m², essa dovrà essere dotata di una caldaia con una potenza di circa 10,2 kW (120 m² x 85 W/m² = 10,2 kW). Se la stessa casa fosse costruita secondo gli standard di una casa a basso consumo energetico, basterebbe una caldaia di 4,2 kW di potenza (120 m² x 35 W/m² = 4,2 kW). In un edificio costruito come casa passiva il carico termico arriva ad un massimo di 10 W/m², questo significa che sarebbe sufficiente una caldaia con una potenza termica di 1,2 kW. Questo carico termico è così basso che l'apporto di calore necessario può essere garantito da un impianto di ventilazione controllato. A questo punto per il riscaldamento non c'è più neppure bisogno di una caldaia.

Tabella 3 Realizzazione tra il coefficiente U di una parete costruita secondo diversi standard e il fabbisogno di calore per m² di parete esterna risultante

elemento costruttivo parete esterna	coefficiente U W/m ²	fabbisogno di gasolio per m ² di superficie di parete esterna a causa della dispersione termica regola generale : coefficiente Ux10 =litri di gasolio
vecchia costruzione	1,20	12 litri di gasolio
standard costruttivo	0,50	5 litri di gasolio
casa a basso consumo energetico	0,30	3 litri di gasolio
casa passiva	0,15	1,5 litri di gasolio

Trasmittanza termica U

Il coefficiente U è il più importante parametro di fisica delle costruzioni per quanto riguarda l'isolamento termico. Indica la trasmissione di calore che attraversa una superficie di 1 metro quadro, quando tra i due ambienti si ha una differenza di temperatura di 1° C o Kelvin [K]. Tale coefficiente si esprime in watt per metro quadrato e Kelvin [W/m² K]. Quanto più basso si mantiene tale valore, tanto migliore risulta la coibentazione e tanto meno calore viene disperso.

Il coefficiente U di un elemento costruttivo dipende dalla conduttività termica dei materiali da costruzione impiegati e dal loro spessore. I diversi materiali da costruzione, come cemento, acciaio, mattoni, legno o materiali isolanti, presentano a causa della loro composizione una diversa conduttività termica. La conduttività termica λ (lambda minuscola) dei materiali da costruzione viene espressa in W/mK e indica la quantità di calore che attraversa una superficie di 1 metro quadro di un materiale con uno spessore di 1 m con una differenza di temperatura di 1 K in un'ora. Ad esempio il cemento armato ha una conduttività termica molto alta ($\lambda = 2,1$ W/mK), il legno invece è un conduttore di calore decisamente meno efficiente ($\lambda = 0,13$ W/mK). La capacità di coibentazione del legno è dunque sensibilmente superiore a quella del cemento armato. Per le finestre il coefficiente U [U_w] è composto dal valore per il telaio (U_f) e dal valore della vetratura (U_g).

La capacità termoisolante di un elemento costruttivo condiziona il fabbisogno termico. Un coefficiente U di 1,0 W/m²K significa, per l'Europa centrale, che sono necessari circa 10 litri di gasolio all'anno per m² di superficie di parete esterna per ottenere una temperatura interna di 20° C (a questo proposito si confronti la Tabella 3).

Coefficiente G o guadagno termico

Il coefficiente G definisce la permeabilità energetica complessiva di vetrate o finestre e indica la percentuale di energia solare che penetra attraverso una superficie tras-

parente. Quanto maggiore il coefficiente G , tanto maggiore risulta l'apporto luminoso e il guadagno termico. Con una moderna vetratura con lastra a tre pareti questo valore è dello 0,8. Questo significa che l'80% dell'energia solare incidente penetra all'interno dell'edificio. Il resto viene riflesso o assorbito dalla lastra. Quanto più elevato il coefficiente G , tanto maggiore risulta il guadagno energetico. Nello stesso tempo le finestre devono però avere un buon isolamento termico, devono perciò avere un coefficiente U più basso possibile, in modo da poter trattenere il calore acquisito all'interno della casa.

Ponti termici

I ponti termici sono punti deboli dell'involucro, settori dell'edificio in cui, rispetto alle componenti edilizie circostanti, si verifica una dispersione di calore particolarmente elevata. Di solito questo accade nei punti di raccordo di diversi elementi costruttivi o in posizioni d'angolo, punti in cui il rivestimento termoisolante dell'edificio si interrompe o si indebolisce, per cui si ha una maggiore dispersione termica. Un classico ponte termico è rappresentato dalla soletta in calcestruzzo dei balconi oppure dall'architrave delle finestre in cemento armato.

I ponti termici possono essere individuati con l'aiuto di camere termiche a raggi infrarossi. Questi apparecchi, simili ad una normale macchina fotografica, sono in grado di registrare l'irraggiamento termico (la temperatura superficiale) degli elementi costruttivi. Durante l'inverno gli elementi costruttivi ben coibentati sono caldi all'interno e freddi all'esterno. Se le riprese termografiche evidenziano che un elemento costruttivo ha un'elevata temperatura superficiale, vuol dire che non è ben isolato termicamente (cfr. Figura 8). Se poi un elemento o una parte dell'edificio spicca particolarmente per una temperatura superiore al resto dell'edificio, si tratta di un ponte termico.

Orientamento

Un corretto orientamento è un aspetto importante per il bilancio energetico di un edificio soprattutto nel periodo invernale. Per le latitudini come quelle del centro nord Italia l'orientamento migliore è quello che consente di avere le vetrate rivolte verso sud per captare l'energia gratuita del sole in quanto:

in inverno una parete verticale esposta a sud riceve un irraggiamento solare di debole intensità ma con un angolo di incidenza molto piccolo, vista l'altezza del sole sull'orizzonte

in estate, viceversa, l'intensità dell'irraggiamento sulla facciata sud è ridotta rispetto alle facciate est e ovest perchè il sole è più alto all'orizzonte e quindi i raggi solari arrivano quasi aderenti, limitando gli apporti di calore all'interno.

La forma allungata in direzione est-ovest, con un oscillazione di $\pm 20^\circ$ dunque può considerarsi la forma ottimale, permettendo una disposizione degli ambienti interni con stanze di soggiorno sul lato sud per godere al massimo della luce. Bagni, cucina e servizi invece potrebbero occupare il lato nord, con poche finestre. Questa disposizione inoltre è ottimale per la disposizione di pannelli solari.

2022

2.2 ENERGIA GRIGIA

Una parte notevole dei flussi di materiale, dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ che ne derivano si sviluppa già durante la produzione dei materiali da costruzione, prima ancora cioè che essi giungano al cantiere. Materie prime ed energia sono necessarie anche per l'estrazione, la produzione, il trasporto e tutti i processi di trasformazione che stanno a monte del materiale da costruzione. Sommando il fabbisogno energetico – derivante da fonti energetiche non rinnovabili (gasolio, metano, carbone, uranio) – dei processi di produzione, trasporto e trasformazione, dall'estrazione delle materie prime fino al prodotto finito, si ottiene la cosiddetta "energia grigia". Nell'energia grigia non sono comprese le materie prime rinnovabili e i materiali riciclati, come ad esempio il legno e altre materie prime di origine vegetale – a condizione che provengano da sistemi di sfruttamento sostenibili – energia solare, eolica o ricavata da rifiuti [econum, 1998]. I criteri di valutazione sono dunque la rinnovabilità, la disponibilità e gli effetti ambientali diretti provocati durante l'estrazione, la trasformazione e l'utilizzazione.

I MATERIALI DA COSTRUZIONE E IL LORO CONTENUTO DI ENERGIA GRIGIA

L'Ufficio di Chimica ambientale (CH), in collaborazione con l'Econum GmbH (CH), ha pubblicato un catalogo che presenta un bilancio dell'energia grigia contenuta nei materiali da costruzione. Le pagine seguenti, estratte da questo catalogo [Econum, 1998], riportano il contenuto di energia grigia presente in alcuni materiali da costruzione.

Finestre

Nel bilancio energetico complessivo di un edificio le finestre hanno un ruolo essenziale, più di ogni altro elemento costruttivo. Le dimensioni, l'orientamento, il coefficiente di

tabella 4 Consumo energetico per la produzione di materiali isolanti

elemento costruttivo	materiale	energia grigia	
materiali isolanti	polistirolo espanso (EPS)	105	MJ/m ² LI
	schiuma di vetro	59	MJ/m ² LI
	lana di vetro	41	MJ/m ² LI
	lana di roccia	15,7	MJ/m ² LI
	fibre di legno	20	MJ/m ² LI
	lana di pecora	16,5	MJ/m ² LI
	pannelli di sughero	12,7	MJ/m ² LI
	fibre di cellulosa	3,6	MJ/m ² LI

tabella 5 Consumo energetico per la produzione di calcestruzzo ed elementi prefabbricati in calcestruzzo

elemento costruttivo	materiale	energia grigia	
calcestruzzo	calcestruzzo poroso con EPS	3,74	MJ/kg
	elementi prefabbricati in calcestruzzo (2 vol%acciaio)	1,85	MJ/kg
	cemento armato (2 vol%acciaio)	1,55	MJ/kg
	calcestruzzo normale /calcestruzzo riciclato	0,85	MJ/kg

conduttività termica (coefficiente U) influiscono moltissimo sull'energia di esercizio. Ma anche l'energia necessaria a produrre telai e vetri può raggiungere valori elevatissimi, a seconda del materiale impiegato. Nel caso delle finestre l'energia grigia è calcolata in rapporto alla luce dell'intelaiatura (LI). Questo termine sta a indicare la superficie libera delimitata dal telaio di una finestra. L'energia impiegata per la fabbricazione di un telaio in alluminio, per esempio, è sette volte superiore a quella necessaria a produrre un telaio in legno.

In confronto al telaio, l'energia grigia contenuta nella vetratura della finestra ha un valore piuttosto basso. Il maggior dispendio di energia di produzione necessaria al trattamento superficiale e al riempimento con gas argon nei vetri termoisolanti è relativamente esiguo, e viene compensato in breve tempo dall'energia di esercizio risparmiata grazie alla coibentazione.

Materiali isolanti

Il massimo consumo energetico è quello che deriva dalla fabbricazione dello Styropor® (polistirolo espanso, EPS), in quanto già i materiali di partenza (materie plastiche) presentano un elevato contenuto di energia grigia. Nettamente più basso di quello presente nelle schiume plastiche derivate dal petrolio è il tasso di energia grigia contenuto negli isolanti derivati da materie prime rinnovabili o da materiale riciclato. A condizione però che non vengano trasportati per grandi distanze.

Calcestruzzo

Nel caso del calcestruzzo poroso, è la produzione ad elevato consumo energetico dello Styropor® (EPS) a costituire gran parte dell'energia grigia. Nel cemento armato e negli elementi prefabbricati in calcestruzzo il grado di armatura influisce moltissimo sull'energia necessaria alla produzione. L'energia grigia del calcestruzzo riciclato differisce ben poco da quella del calcestruzzo normale. La preparazione del granulato di cemento, del granulato misto derivato dalla demolizione e del sabbione di riciclo richiede un dispendio energetico equiparabile all'estrazione e alla pre-

tabella 6 Consumo energetico per la produzione di conci e mattoni

elemento costruttivo	materiale	energia grigia	
mattoni e conci	conci in calcestruzzo poroso	3,74	MJ/kg
	mattoni	1,85	MJ/kg
	conci in arenaria calcarea	1,55	MJ/kg
	mattoni in terra cruda (essiccati naturalmente)	0,85	MJ/kg

tabella 7 Consumo energetico per la produzione di materiali in legno

elemento costruttivo	materiale	energia grigia	
materiali legnosi	pannelli triplo strato	7,5	MJ/kg
	pannelli di particelle	5,3-9,3	MJ/kg
	tavolame, essiccato tecnologicamente	2,2-3,2	MJ/kg
	tavolame, essiccato naturalmente	1,7	MJ/kg

parazione dei materiali inerti primari (sabbia, ghiaia, cemento). Il vantaggio di usare il calcestruzzo riciclato consiste soprattutto nel fatto che si evita di far ricorso alle limitate risorse di ghiaia.

Conci e mattoni

I valori di energia grigia per i conci in calcestruzzo poroso dipendono dall'elevato contenuto di leganti e additivi. Nei mattoni (nella Tabella sottostante i mattoni in terracotta o in argilla sono considerati insieme) la temperatura di cottura influisce in misura decisiva sull'energia grigia. Mentre i conci antigelo per muri e paramenti esterni (Klinker) vengono cotti a temperature superiori a 1.100° C, per tutti gli altri tipi di laterizi la cottura avviene a temperature comprese tra gli 800 e i 1.100° C. I conci in arenaria calcarea invece vengono cotti ad appena 200° C. Nei mattoni in terracotta la maggior parte dell'energia grigia proviene dal processo di essiccazione. I prodotti fabbricati industrialmente sono di regola sottoposti a un'essiccazione di tipo tecnologico e richiedono quindi un maggior dispendio di energia rispetto ai mattoni essiccati naturalmente.

Materiali in legno

Nel caso del tavolame (segato squadrato, pannelli in lamellare incollato) si opera una distinzione tra legname essiccato con procedimenti naturali e con procedimenti tecnologici. Nel processo di essiccazione viene abbassato il tasso di umidità del legname, che dal 30-80% circa del legno fresco scende al 15-20% con l'essiccazione naturale e fino al 12% con l'essiccazione tecnologica. Tuttavia la maggior parte del calore necessario all'essiccazione si ricava bruciando gli scarti di produzione, e pertanto non rientra nell'energia grigia. Per la fabbricazione di pannelli a triplo strato vengono incollati insieme tre strati, per il pannelli in lamellare e in compensato più di tre strati. I leganti necessari per l'incollaggio producono circa il 30% dell'energia grigia. Tutti i valori di energia grigia che figurano nella Tabella 10 si riferiscono a legname locale, e prevedono quindi un trasporto su brevi distanze. Quando si usano

tabella 8 Confronto dell'energia utilizzata per la costruzione di una casa unifamiliare in legno o in muratura (fonte, Oberosterreichischer Energiesparverband)

	costruzione in legno	costruzione in muratura
	energia grigia [kWh]	energia grigia [kWh]
cantina*	308'300	317'200
fabbricato**	177'400	231'700
intera costruzione	485'700	548'900

* 10 m² di superficie utile della cantina (legno) e 115 m² (mattoni) a causa della diversa struttura delle pareti nelle costruzioni in legno o in muratura

** 207 m² di superficie utile, costruzione a risparmio energetico

materiali provenienti dall'estero l'energia grigia aumenta fino a un massimo di 5 MJ/kg in più.

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E LORO CONTENUTO DI ENERGIA GRIGIA

In Germania il BINE (Bürgerinformationsdienst für Erneuerbare Energien, Servizio informazioni per i cittadini sulle energie rinnovabili) ha messo a confronto l'energia necessaria alla realizzazione di pareti e soffitti di diverso tipo con i rispettivi costi. Per quanto riguarda le pareti, le costruzioni in legno a telaio e tavole presentano il contenuto di energia grigia più basso (solo il 36% dell'energia richiesta da una costruzione in muratura), ma i costi di investimento sono superiori del 30%. Lo stesso vale per il pavimento: la costruzione in legno richiede un consumo energetico notevolmente inferiore rispetto alla costruzione di una soletta in cemento armato rivestita da uno strato di materiale isolante [BINE, 2003].

BILANCIO ENERGETICO COMPLESSIVO DEGLI EDIFICI

Valutare ecologicamente un edificio nel suo complesso occorre considerare tutti gli oneri energetici necessari per la costruzione, il periodo di utilizzo e lo smaltimento finale. Ricerche condotte in Austria e in Svizzera dimostrano ad esempio che l'energia grigia necessaria per la produzione di tutti i materiali da costruzione e gli arredi interni corrisponde pressappoco all'energia necessaria per riscaldare un edificio ben coibentato per 40 anni [Oberösterreichischer Energieeinsparverband]. Si parla anche di "tempo di rimborso energetico": quanto tempo occorre affinché l'energia d'esercizio risparmiata compensi l'energia grigia aggiuntiva richiesta da un edificio energeticamente efficiente? Talvolta per l'ambiente può essere preferibile un'esecuzione edilizia non troppo "perfetta", accettando quindi una certa dispersione

di energia termica, piuttosto che costruire un edificio energeticamente perfetto ad un costo molto elevato e con un contenuto di energia grigia molto alto.

Per la casa a guadagno diretto (Direktgewinnhaus) di Trin/CH (Figura 1) è stato redatto un bilancio energetico, quindi è stato confrontato con il bilancio energetico di un edificio convenzionale e di una casa a basso consumo energetico. È emerso che, per l'elevata percentuale sul volume edificato complessivo, i materiali da costruzione minerali – come concii in pietra arenaria, mattoni e cemento (durata stimata: 50 anni) – sono gli elementi che influenzano più fortemente la quantità di energia richiesta dalla costruzione. Anche porte, finestre e pitture incidono piuttosto pesantemente sul bilancio energetico a causa della loro scarsa durata. Il maggior utilizzo di materiali termoisolanti richiesto dagli edifici energeticamente efficienti, in una valutazione complessiva, influenza invece in modo trascurabile il contenuto di energia grigia [DIANE Öko-Bau, 1995]. Questo viene confermato anche da altre ricerche, secondo cui i materiali isolanti negli edifici energeticamente efficienti incidono solo per il 3-7% sul consumo energetico complessivo [Lalive d'Épinay et al., 2004]. Nelle tre tipologie considerate l'energia assorbita dalla costruzione è pressoché identica, mentre si rivelano forti differenze nel fabbisogno energetico per il riscaldamento: 83 kWh/m²a per la costruzione residenziale convenzionale, 22 kWh/m²a per la tipologia costruttiva a basso consumo energetico 0 kWh/m²a per la casa a guadagno diretto. Una migliore coibentazione richiede dunque una quantità di energia maggiore ma scarsamente rilevante, ed è in grado di ridurre in notevole misura il fabbisogno energetico per il riscaldamento. Inoltre, anche una semplice tipologia costruttiva in legno, priva o con uno scarso impiego di prodotti vernicianti e senza materiali particolarmente elaborati, come ad esempio pellicole di rivestimento in materiale sintetico, ha un effetto senz'altro positivo sul bilancio energetico complessivo [DIANE Öko-Bau, 1995].

Una buona progettazione ha effetti positivi per tutta la vita di un edificio tenuto di energia grigia di un edificio viene determinato durante la progettazione e

la costruzione, l'energia qui impiegata non potrà più essere risparmiata. Lo stesso si può dire per l'energia richiesta dal successivo "smaltimento" dell'edificio. Con una costruzione ponderata si pongono le basi per un successivo smaltimento ambientalmente corretto: l'impiego di materiali naturali e facilmente separabili per tipo è il presupposto per una separazione qualitativa durante la demolizione di un edificio. L'energia di esercizio di un edificio invece può essere ancora influenzata attraverso le modalità di utilizzazione o mediante un successivo risanamento.

SULLA VIA DEL LEGNO?

L'Oberösterreichische Energiesparverband (Associazione per il risparmio energetico dell'Austria Superiore) di Linz/A ha confrontato una casa unifamiliare (EFH) costruita in muratura con una casa unifamiliare costruita in legno. Dal confronto è emerso che il consumo di energia nella costruzione in muratura è superiore del 30% rispetto alla costruzione in legno (senza cantina). Circa il 60% del fabbisogno di energia per la costruzione dell'edificio sono da imputare alla cantina, che deve comunque essere costruita in cemento o in muratura, anche in caso di costruzione in legno.

In una ricerca condotta in Svizzera su incarico dell'Ufficio federale per l'energia del giugno 2004 sono stati confrontati i bilanci ecologici di diversi tipi di costruzioni edilizie. È risultato che una costruzione leggera in legno locale comporta sensibili vantaggi ecologici rispetto alle costruzioni in mattoni o in conci di pietra arenaria, poiché i materiali utilizzati sono neutrali rispetto alla CO₂ e determinano un minor fabbisogno di energia primaria [Lalive d' Epinay et al., 2004].

Nell'ambito del progetto di ricerca "Sustainable Solar Housing" (Edifici solari sostenibili) dell'Agenzia Internazionale per l'Energia (IEA), in un insediamento a Gelsenkirchen/D con 71 case solari a schiera sono stati analizzati in particolare sei diversi tipi di costruzioni. Da un confronto del fabbisogno energetico accumulato nel corso dell'intero ciclo vitale di 50 anni (esclusa l'energia di esercizio) è risultato

che gli edifici in muratura presentano un consumo energetico superiore del 22% rispetto alle costruzioni in legno. Le emissioni di CO₂ provocate dalle case in legno si sono rivelate notevolmente inferiori rispetto ai fabbricati in muratura. Il confronto tra case in legno dotate e prive di cantina ha dimostrato che la costruzione della cantina comporta un aumento delle emissioni di CO₂ del 40% [Hastings ed Enz, 2003].



FUNZIONI PROTETTIVE (fonte UFAFP 2003)

LEGNO Il legno è una delle poche materie prime e fonti di energia delle Alpi. E' rinnovabile e come materiale da costruzione e combustibile può efficacemente sostituire altre materie prime non rinnovabili(ghiaia, sabbia, calce, materie plastiche, petrolio, carbone, gas..)

OCCUPAZIONE L'utilizzo e la lavorazione del legno offre lavoro a molte persone , in particolare nelle regioni economicamente marginali.

RIDUZIONE CO² Ogni metro cubo di legno utilizzato nell'edilizia al posto del cemento, mattoni o acciaio, oppure impiegato al posto di fonti energetiche fossili, evita l'immissione nell'ambiente di notevoli quantità di anidride carbonica (co²)

HABITAT Almeno 20.000 specie di piante e animali, tra cui anche molte minacciate di estinzione, dipendono dal bosco come spazio vitale. Per la sua biodiversità il bosco rappresenta quindi un vero e proprio "scricigno biologico"

2.3 LEGNO MATERIA PRIMA RINNOVABILE

La superficie forestale delle Alpi sulla base degli inventari forestali è stimata in 7,5 milioni di ettari (75.000 km²), che corrispondono ad una percentuale del 43% del territorio alpino complessivo [CIPRA, 2001]. Escludendo la superficie al di sopra del limite del bosco, le Alpi sono una delle regioni più ricche di boschi d'Europa. La superficie forestale potenzialmente utilizzabile viene stimata in circa l'80-90% del territorio complessivo, anche se un grado di sfruttamento così elevato non è ragionevole né da un punto di vista ecologico, né economico. Complessivamente nei boschi è disponibile una massa legnosa di circa 1,5 miliardi di metri cubi. La massa legnosa per ettaro oscilla tra 160 m³/ha nelle Alpi francesi sudoccidentali più asciutte e 360 m³/ha nelle Alpi svizzere. L'incremento annuo si attesta mediamente intorno ai 5 m³/ha, corrispondente a circa 37 milioni di m³ per tutto il territorio alpino. Ogni secondo nelle Alpi cresce dunque poco più di un metro cubo di legno. Nelle Alpi le conifere sono presenti in rapporto di quattro a uno rispetto alle latifoglie, e l'abete rosso è senz'altro la specie arborea più importante (più della metà del patrimonio forestale e del numero di fusti). Complessivamente nelle Alpi si contano 3 miliardi di alberi, per cui a fronte di una popolazione di 13 milioni di abitanti si ha un rapporto di circa 230 alberi per abitante [CIPRA, 2001].

LE FUNZIONI DEL BOSCO

Il bosco svolge le più svariate funzioni: si possono distinguere funzioni igienico-sanitarie, di protezione e produttive. Alcune funzioni acquistano un'importanza crescente quanto più procede il cambiamento climatico. Così ad esempio i boschi austriaci, con una superficie di circa 3,9 milioni di ettari, immagazzinano quasi 800 milioni di tonnellate di anidride carbonica, corrispondenti a 40 volte le emissioni annuali di gas serra dell'Austria [proholz, 2003]. Estrapolando questi dati a tutto il territorio alpino

- PRODUZIONE DI OSSIGENO** Con le loro foglie gli alberi assorbono grandi quantità di anidride carbonica e rilasciano nell'atmosfera ossigeno, fondamentale per la vita dell'uomo e degli animali.
- REGOLAZIONE CLIMA, DEPURAZIONE ARIA DIFESA DAI RUMORI** Oltre all'ossigeno il bosco rilascia anche il vapore acqueo, favorendo così un aumento delle precipitazioni a livello locale. D'estate, durante il giorno, nel bosco ci sono circa 10° in meno che all'esterno, in particolare in vicinanza delle città, questo ha un effetto positivo sul ricambio dell'aria. Gli alberi filtrano le sostanze inquinanti dell'atmosfera e la trattengono sulle foglie. Inoltre il bosco assorbe i rumori (esempio del traffico), contribuendo così alla qualità della vita e dell'abitare.
- SPAZIO RICREATIVO E TEMPO LIBERO** Grazie all'aria pulita e ricca di ossigeno e della temperatura gradevole e più equilibrata, nel bosco è possibile rilassarsi, praticare attività sport
- SPAZIO RICREATIVO E TEMPO LIBERO** Grazie all'aria pulita e ricca di ossigeno e della temperatura gradevole e più equilibrata, nel bosco è possibile rilassarsi, praticare attività sportive ed entrare in contatto con la natura.
- RIDUZIONE CO²** Gli alberi assorbono anidride carbonica e immagazzinano carbonio nel legno, in tal modo riducono il contenuto di CO² dell'atmosfera e contrastano l'effetto serra.
- DEPURAZIONE E ACCUMULO DELL'ACQUA** La grande porosità dello strato di humus, le profonde radici degli alberi e l'attività degli animali del suolo, creano un intricato sistema di cavità nel suolo forestale che può accogliere grandi quantità d'acqua. Passando attraverso il suolo l'acqua piovana viene filtrata e così depurata raggiunge la falda freatica.
- VARIETA' DEL PAESAGGIO** La distribuzione a mosaico del bosco caratterizza il paesaggio culturale e crea spazi ben strutturati e articolati.
- VALANGHE** La neve viene intercettata dalle corone degli alberi, da cui viene restituita all'atmosfera, oppure raggiunge lentamente il suolo. Si impedisce così la formazione di ammassi di neve instabili. Inoltre l'ancoraggio costituito dai

con i suoi 7,5 milioni di ettari di bosco, risulta che qui sono immagazzinati 1,5 miliardi di tonnellate di anidride carbonica.

Dare una valutazione monetaria alle funzioni protettive del bosco di montagna è un'impresa decisamente difficoltosa, tuttavia una stima condotta in Svizzera dimostra che i benefici forniti dal bosco ai territori montani corrispondono ad un valore annuale di 2,6 miliardi di Euro: più o meno tre volte quanto è stato speso dal 1951 per interventi tecnici di difesa dalle valanghe [CIPRA, 2001].

LA CREAZIONE DI VALORE AGGIUNTO REGIONALE DEL LEGNO

Il settore forestale e l'industria del legno costituiscono un importante fattore economico per le regioni alpine. Molti dei posti di lavoro sono naturalmente localizzati in aree rurali, per cui le opportunità di creazione di valore aggiunto regionale nel settore del legno appaiono decisamente favorevoli. Attraverso una coerente lavorazione e il successivo impiego della materia prima legno nella regione, la maggior parte del flusso di denaro rimane in loco. Si possono così mantenere posti di lavoro e crearne di nuovi, evitare trasporti non necessari e si garantisce durevolmente la funzione protettiva dei boschi di montagna.

In Austria ad esempio circa 105.000 persone sono attive nel settore forestale. A livello austriaco vengono prodotti annualmente circa 19 milioni di m³ di legno, il 70% dei quali vengono lavorati dalle segherie nazionali. Solo circa il 5% del totale viene esportato come legno grezzo, cioè il legno ricavato viene in gran parte lavorato dall'industria del legno locale. I prodotti legnosi lavorati sono invece destinati all'estero per il 60%. Con 2,5 miliardi di Euro di utili derivanti dall'esportazione, il legno si colloca così al primo posto insieme al turismo nel bilancio commerciale austriaco [proholz, 2003].

tronchi, in piedi o anche giacenti al suolo, così come il microclima del bosco, più equilibrato, sono fattori che ostacolano il formarsi di valanghe.

INNONDAZIONI Grazie ad un sistema di cavità estremamente ramificate, il suolo forestale è in grado di assorbire e trattenere anche intense precipitazioni temporalesche oppure l'acqua derivante da un improvviso disgelo, riducendo così il rischio di inondazioni e attenuando i picchi delle alluvioni. Il suolo forestale e la vegetazione agiscono più o meno come una spugna.

CADUTA MASSI Le radici degli alberi consolidano e stabilizzano il suolo. Boschi stabili e sani sono in grado di fermare e trattenere direttamente le pietre.

EROSIONE DEL SUOLO Il bosco con il suo fitto intreccio di radici impedisce che il suolo venga dilavato dalle precipitazioni o portato via dal vento.

Una situazione completamente diversa si presenta invece in Svizzera: nel Canton Grigioni ad esempio crescono annualmente circa 350.000 m³ di legno, di cui più o meno 250.000 m³ è costituito da tondame da sega. Di questi tuttavia solo il 16% viene lavorato nelle segherie dei Grigioni, mentre il restante 84% viene esportato come legno grezzo. In tal modo l'economia regionale si lascia sfuggire un potenziale di crescita del valore aggiunto di 400 milioni di franchi svizzeri all'anno [UFAFP (4), 2004]. Complessivamente nel 2002 dai boschi svizzeri sono stati prelevati circa 5 milioni di m³ di legno, la maggior parte dei quali è stata esportata come tondame non lavorato [UFAFP 2003]. La catena di creazione del valore aggiunto risulta quindi estremamente breve, in quanto viene qui praticata una pura "produzione primaria" [Bieger et al., 2003]. Nel 2000 in Svizzera nel settore forestale e dell'industria del legno erano occupate 87.000 persone (compreso il trasporto e commercio del legno), cioè il 2,6% degli occupati è attivo nella filiera del legno. La percentuale del prodotto interno lordo ammonta al 2% ed è con ciò paragonabile a quella del settore tessile e dell'abbigliamento [UFAFP 2003].

La creazione di valore aggiunto del legno va dai proprietari forestali, servizi forestali, segherie, falegnamerie, carpenterie, trasportatori attraverso progettisti, comuni e committenti fino ai produttori di impianti di riscaldamento, ai venditori di materiali edili, alle cartiere e alle fabbriche di imballaggi. Dal momento che sono molteplici le varianti di lavorazione e trasformazione offerte dal legno, da tutte queste attività non risulta una catena lineare. Partendo dal singolo albero si dipartono fondamentalmente tre diversi filoni di sfruttamento: secondo ciascuno dei quali il prodotto legno viene rispettivamente utilizzato come combustibile, tondame o legname da industria. Spesso singoli anelli della catena di creazione di valore sono riuniti in una singola azienda (integrazione orizzontale). Così ad esempio, grandi segherie hanno un proprio reparto impregnazione e pialleria e provvedono direttamente a incollare il legno in elementi prefabbricati.



tabella 9 Le principali specie legnose locali e il loro utilizzo (da Stark, 2003)

specie legnose	caratteristiche	possibilità di utilizzo
Abete rosso / Abete bianco	Legno dolce, facile da lavorare, ma poco resistente alle intemperie, ai funghi e agli insetti	Legno da costruzione , struttura del tetto, rivestimenti, pavimenti, pannelli in lamellare
Pino silvestre	Legno dolce, leggermente più duro rispetto all'abete, legno durevole, in particolare il durame si lavora bene, molto ricco di resina	Legno da costruzione, pavimenti, mobili, pannellature, finestre, porte, interne ed esterne
Larice	Legno dolce, più duro del pino silvestre, molto ricco di resina, legno durevole, si lavora meno facilmente del pino silvestre, difficile da piallare, si scheggia facilmente	Legno da costruzione, pavimenti, mobili, finestre, porte interne ed esterne, mobili da giardino
Acerò	Molto resistente, relativamente elastico, facile da lavorare	Mobili, piani da lavoro per cucine, impiallaccature, pavimenti, scale
Quercia	Legno duro particolarmente pesante, elevata resistenza alle intemperie, ai funghi e agli insetti	Mobili, impiallaccature, parquet, legno da costruzione, porte, finestre
Ontano	Legno da tenero a mediamente consistente, poco elastico, facile da lavorare, non resistente alle intemperie	mobili, piani da lavoro per cucine,
Frassino	Legno duro, resistente all'umidità, elevata resistenza all'abrasione, il più pregiato legno di latifoglia locale	mobili, scale, pavimenti, attrezzi sportivi, utensili
Faggio	Legno duro, nervoso, poco adatto per l'esterno	mobili, parquet, scale

Porte, finestre, liste per parquet ecc. vengono prodotte sia in aziende specializzate che in falegnamerie generiche. Aziende totali progettano e costruiscono intere case all'interno di un'impresa. In fondo la catena di creazione del valore aggiunto è veramente conclusa solo quando il prodotto, dopo la commercializzazione, la vendita e l'utilizzo, viene smaltito.

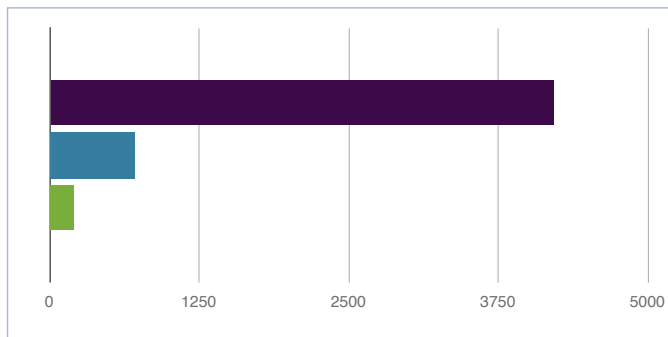
In Europa sono presenti 20-30 specie legnose adatte alle lavorazioni nell'industria e nell'artigianato. La Tabella 14 presenta una panoramica delle principali specie legnose locali e delle rispettive possibilità di impiego. Tutte queste specie sono presenti nel territorio alpino. Naturalmente ci sono notevoli differenze regionali, dovute a condizioni ambientali o gestionali, nella distribuzione e nella disponibilità delle diverse specie legnose. Dopo l'abete rosso, che è la specie forestale dominante nelle Alpi, le specie disponibili in maggiore quantità sono il faggio, il pino silvestre, l'abete bianco e il larice. Ma anche alcune latifoglie, come il frassino e l'acero si trovano in discreta quantità nei boschi alpini. Perché allora utilizzare legno di abete rosso dalla Scandinavia o dalla Siberia per la costruzione di edifici, se i boschi locali gestiti in modo sostenibile ne possono mettere a disposizione in quantità e qualità¹³ sufficiente? Il legno più compatibile con l'ambiente è sempre quello proveniente dai boschi regionali. Non deve essere trasportato attraverso lunghe distanze, aumenta la creazione di valore aggiunto regionale e sostiene i proprietari e le aziende forestali, per i quali diventa di nuovo economicamente praticabile una gestione forestale sostenibile. Una gestione del bosco collegata al suo sfruttamento spesso favorisce anche la funzione protettiva, ricreativa e igienico-sanitaria del bosco. Così ad esempio nei boschi di protezione occorre intervenire con frequenti interventi in modo da evitare le fasi di instabilità [Bachmann, 1998].

L'utilizzo di legname tropicale è ecologicamente molto discutibile per il drammatico disboscamento della foresta pluviale e per le lunghe vie di trasporto da oltreoceano. Inoltre non è neppure necessario, poiché localmente è disponibile un numero sufficiente di essenze locali che possiedono qualità e caratteristiche paragonabili al leg-

name di origine tropicale. La robinia può ad esempio sostituire il durissimo legno di azobé, mentre per la costruzione di infissi l'abete rosso e il pino silvestre sono validi sostituti del meranti. Per la fabbricazione di mobili il legno di ciliegio si propone come alternativa altrettanto valida del mogano. Se si vuole un'essenza particolarmente resistente alle intemperie per l'ambiente esterno (ad esempio mobili da giardino), la scelta potrà cadere sul larice, molto resistente all'acqua. Grazie al trattamento termico può inoltre essere notevolmente aumentata la resistenza e la stabilità di altre essenze legnose locali. Mediante questo procedimento le essenze possono anche essere "colorate": secondo la temperatura e l'essenza si possono anche raggiungere le tonalità scure che caratterizzano alcune essenze tropicali. In questo procedimento non viene utilizzato alcun additivo chimico, ma solo acqua e calore. [ökoenergie, 2003].

Un valido aiuto nella scelta del legno "giusto" è offerto dai sistemi di certificazione. Nel settore delle produzioni legnose sono presenti una serie di certificati, tra i quali nel territorio alpino sono particolarmente diffusi il marchio FSC e il PEFC. Il Forest Stewardship Council (FSC) è un'organizzazione indipendente, fondata nel 1993 da imprese e operatori dell'economia forestale e del legno e da associazioni ambientaliste. L'obiettivo dell'organizzazione è di garantire una gestione forestale corretta basata su rigorosi standard ambientali, sociali ed economici attraverso la certificazione dei boschi di origine del legno. I principi del FSC vengono valutati in tutto il mondo da enti di certificazione indipendenti e riconosciuti presso le aziende che ne fanno richiesta. Se i criteri risultano rispettati, l'impresa ottiene il marchio di qualità FSC. Il marchio FSC è una garanzia di gestione forestale responsabile e sostenibile. Il marchio Pan European Forest Certification scheme (PEFC) è un'iniziativa dell'economia forestale e del legno privata. Esso offre un quadro di riferimento a livello europeo per la creazione di sistemi di certificazione nazionali. Il PEFC si basa sul principio della gestione forestale ecologicamente, economicamente e socialmente responsabile, ma non ha una portata così ampia come il marchio FSC.

24



- cemento armato
- cornici e mattoni
- legno

Confronto dello spessore di diverse componenti edilizie necessario per raggiungere un coefficiente U di 0,50 W/m²K [fonte : Martin TReibinger, Holzforschung Austria]

2.4 LEGNO MATERIALE DA COSTRUZIONE

Il legno è uno dei più antichi e versatili materiali da costruzioni utilizzati dall'umanità. Le molteplici forme di utilizzo del materiale legno si basano sulla sua struttura e composizione chimica. Il legno è facile da lavorare, ha una conducibilità termica relativamente bassa e con esso si possono realizzare pannelli termoisolanti facilmente applicabili in più strati. Gli edifici energeticamente efficienti sono pertanto realizzabili in modo particolarmente economico mediante costruzioni in legno [Forum Vauban, 1997]. Nella Figura 12 sono rappresentati gli spessori necessari per un'immaginaria componente edilizia che deve avere un coefficiente U di $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rispetto ad altri materiali da costruzione portanti, come il cemento armato o i mattoni, il legno presenta ottime caratteristiche termico isolanti. A parità di volume esterno, una costruzione in legno offre quindi fino al 10% di superficie utile abitabile in più rispetto ad una costruzione in muratura [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Inoltre il legno è molto durevole e presenta una scarsa densità, cioè, rispetto al volume è relativamente leggero. Nello stesso tempo è però rigido e robusto e resiste a notevoli sollecitazioni senza deformarsi o spezzarsi. Rispetto al legno, l'acciaio è 85 volte più pesante, ma solo fino a 50 volte più resistente e rigido [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. In conseguenza di ciò si riducono anche i costi delle fondamenta, in quanto il peso complessivo di una costruzione in legno è notevolmente inferiore.

Gli edifici in legno possono essere costruiti secondo due diverse modalità costruttive. Fondamentalmente si possono distinguere costruzioni leggere in legno e costruzioni in legno massiccio. Nelle costruzioni leggere in legno si utilizza travame squadrato per il telaio portante e tavole disposte orizzontalmente per il tamponamento, quindi all'interno della struttura viene disposto uno strato di materiale isolante. Il rivestimento può essere costituito da una pannellatura in legno. Questi elementi vengono montati con un diverso grado di prefabbricazione, dall'assemblaggio in cantiere fino alle cabine prefabbricate. Le moderne case in legno massiccio non hanno più molto

in comune con le classiche case di montagna a blocchi massicci in stile “Blockbau”, ma vengono costruite con un sistema di pannelli prefabbricati di grande formato composti da elementi in massello o tavole di compensato, che vengono sovrapposti in modo incrociato in un numero variabile di strati.

VANTAGGI DI UNA CASA IN LEGNO

Al basso contenuto di energia, già ricordato nel Capitolo 3.3, l'utilizzo di legno locale presenta numerosi altri vantaggi, alcuni dei quali vengono ora qui presentati a titolo di esempio.

Accumulatori di CO₂

Utilizzando il legno come materiale da costruzione, l'anidride carbonica immagazzinata viene immobilizzata all'interno del legno per almeno 80 anni. Una moderna casa unifamiliare in legno del tipo “costruzione leggera a telaio” con le sue 15 tonnellate di elementi costruttivi in legno (corrispondenti più o meno a 35 m³ di legno) sottrae all'atmosfera circa 28 tonnellate di CO₂ [proholz, 2003, stime proprie]. Secondo stime del settore dell'industria del legno della Svizzera, nei materiali da costruzione in legno del patrimonio edilizio svizzero sono immagazzinati circa 85 milioni di tonnellate di CO₂ [Holzindustrie Schweiz, 2004]: una quantità corrispondente alle emissioni di CO₂ della Svizzera in due anni.

Costruzioni veloci

I singoli elementi edilizi di una casa di legno possono essere prefabbricati nelle aziende di carpenteria. L'assemblaggio può essere realizzato anche durante i mesi invernali, mentre i cantieri convenzionali spesso d'inverno sono costretti all'inattività. Poiché l'essiccazione del legno avviene in precedenza, la struttura dell'edificio non deve asciugare e si può costruire anche in caso di gelo. Il materiale da costruzione

è naturale, per cui non ci sono disturbi da odori sgradevoli. Nei moderni stabilimenti di assemblaggio vengono prefabbricate intere parti della casa – pareti o elementi dei soffitti, comprensivi di coibentazione, condutture, porte e finestre. Sul posto ci si limita a montare i vari elementi. Questo sistema costruttivo richiede una progettazione molto accurata, ma riduce notevolmente i tempi di costruzione. Una casa unifamiliare prefabbricata può essere montata in un solo giorno [UFAFP (1), 2004]!

“Se vuoi tornare in salute, vai a vivere in una casa di legno”

La saggezza indiana ha mantenuto la sua validità anche oggi – a condizione che il legno non sia trattato con sostanze nocive, come accadeva molto spesso nel passato. Se si rispetta il principio della protezione del legno in fase costruttiva (costruire con legno essiccato e mantenerlo poi asciutto), il trattamento del legno con prodotti chimici non è più necessario. Il legno come materiale da costruzione possiede tutte le qualità che garantiscono un confortevole clima dell'ambiente domestico: è un buon isolante, sottrae umidità all'aria e la restituisce in caso di necessità, è elettricamente neutrale, ha un'alta temperatura superficiale, ha un odore gradevole e non emette sostanze nocive.

“I miei nipoti si scaldano bruciando la mia casa”

Una casa di legno è molto semplice da smaltire – a condizione che non sia trattata con prodotti chimici e che dopo la demolizione dell'edificio sia possibile recuperare separatamente i materiali da costruzione in legno. Si offrono due possibilità di riciclaggio: il recupero del materiale oppure la valorizzazione termica. Con il recupero del materiale, il legno ricavato dalla demolizione può essere, ad esempio, trasformato in pannelli truciolari ed essere così reinserito nel ciclo economico. Nella valorizzazione termica, il legno recuperato viene utilizzato come combustibile per la produzione di energia. Se invece il legname è stato trattato, l'impianto di combustione deve soddisfare particolari requisiti per garantire una combustione compatibile con l'ambiente (ad esempio separazione della polvere dai gas di combustione, speciali



VANTAGGI DEL LEGNO (regionale) COME MATERIALE DA COSTRUZIONE

- 1 Il legno è di natura un buon isolante, perciò con pareti relativamente sottili si può raggiungere un elevato coefficiente U. Nonostante il suo peso modesto ha un'alta capacità di carico.
- 2 In rapporto alla sua resistenza il legno è un materiale leggero. Tale caratteristica ne favorisce il trasporto e il montaggio.
- 3 Il legno è un materiale da costruzione neutro rispetto al clima, esso immagazzina CO².
- 4 Il legno crea un gradevole clima degli spazi interni e soddisfa molti requisiti di biologia delle costruzioni.
- 5 Il legno può essere lavorato sia artigianalmente che industrialmente.
- 6 Una casa di legno si può costruire in brevissimo tempo anche d'inverno.
- 7 L'utilizzo del legno contribuisce al finanziamento dei necessari interventi di cura e diradamento del bosco.
- 8 l'utilizzo del legno rafforza la catena di creazione di valore aggiunto regionale e crea posti di lavoro decentrati sul territorio.
- 9 Attraverso l'utilizzo del legno si evitano le lunghe vie di trasporto di materiali da costruzione, e grazie a ciò si migliora il bilancio energetico.

filtri per l'abbattimento di sostanze inquinanti ecc.).

Per una casa unifamiliare realizzata come costruzione in legno del tipo "costruzione leggera a telaio" vengono utilizzati 35 m³ di legno. Quando dopo circa 80 anni questa casa viene demolita e il 50% del legno viene avviato ad una valorizzazione termica, da esso possono essere ricavati 30.000 kWh di energia [dalla combustione di 1 m³ di legna si ricavano mediamente 1.800 kWh]. Questa quantità di calore sarebbe sufficiente a coprire il fabbisogno di riscaldamento di una casa passiva con una superficie abitabile di 100 m² per 20 anni.

PREGIUDIZI CONTRO IL LEGNO COME MATERIALE DA COSTRUZIONE

udizi ancora oggi diffusi sono che le costruzioni in legno siano rumorose e piene di spifferi, sono accusate di deteriorarsi rapidamente e di bruciare "come fiammiferi". Numerosi progetti di ricerca dell'Università di Lipsia dimostrano che questi timori sono da tempo superati. Gli edifici in legno costruiti dopo il 1985 soddisfano, e in parte addirittura superano, tutti gli attuali requisiti di isolamento termico e acustico, di resistenza all'umidità e protezione antincendio [Winter e Kehl, 2002]. Le case di legno hanno lo stesso livello qualitativo delle case in muratura. Come materiale da costruzione oggi il legno offre possibilità costruttive pressoché illimitate, e quanto a capacità portante e resistenza contro gli agenti atmosferici o il fuoco non sta dietro a nessun altro materiale.

"Brucia come un fiammifero"

Molti sono dell'opinione che una casa di legno sia destinata ad andare a fuoco ancora prima che sia terminata la costruzione. I requisiti da rispettare ai sensi della normativa antincendio invece sono rigorosi così come per le case in muratura. I tecnici definiscono diverse classi di resistenza al fuoco, comprese tra F30 e F90 (il numero indica per quanti minuti la costruzione non si incendia qualora sia circondata

dalle fiamme]. Le moderne costruzioni in legno possono essere realizzate in tutte le classi di resistenza al fuoco. Il problema principale in caso di incendio è comunque rappresentato dagli arredi interni (tende e tappeti ecc.), che favoriscono una rapida diffusione delle fiamme, e dallo sviluppo di gas. In una casa convenzionale le materie sintetiche e i materiali da costruzione di origine minerale sviluppano gas molto più velenosi dei materiali da costruzione in legno [Dosch e Ranft, 1999]. Le più recenti ricerche condotte da proholz Austria dimostrano che una casa di legno, nel caso in cui dovesse incendiarsi, brucia in modo molto più controllato e sicuro delle costruzioni in muratura. Se sottoposto al fuoco il legno forma uno strato carbonizzato superficiale che ha un effetto protettivo e impedisce la completa combustione. Al di sotto di questo strato rimane – in caso di corretto dimensionamento – un nucleo con una sufficiente capacità di carico. Una putrella in acciaio invece a 550° C perde la metà della sua portata. A causa della dilatazione termica e della successiva contrazione, edifici di questo tipo potrebbero crollare all'improvviso, anche molto tempo dopo l'estinzione dell'incendio [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002].

Alcuni anni fa in Germania i premi assicurativi per il rischio di incendio delle case in legno erano superiori fino al 300% rispetto ai premi per le case in muratura. Grazie alle buone esperienze con le costruzioni in legno, i premi sono stati sensibilmente abbassati e oggi sono talvolta addirittura inferiori a quelli delle case in muratura [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002]. Una ricerca interna condotta da una compagnia di assicurazioni svizzera ha messo in evidenza che i casi di sinistro nelle case in legno sono meno frequenti di quelli delle case in muratura [Dosch e Ranft, 1999].

“In una casa di legno non si è mai soli...”

Il livello di isolamento acustico, che negli edifici in pietra si ottiene grazie alla massa, nelle costruzioni in legno può essere raggiunto combinando diversi materiali e con un'accurata progettazione ed esecuzione dei rivestimenti delle pareti, dei soffitti e del tetto. Attraverso una costruzione a più strati vengono combinati diversi materiali, in modo da ottenere gli stessi valori di isolamento acustico delle costruzioni in

Il legno è di natura un buon isolante, perciò con pareti relativamente sottili si può raggiungere un elevato coefficiente U. Nonostante il suo peso modesto ha un'alta capacità di carico.

In rapporto alla sua resistenza il legno è un materiale leggero. Tale caratteristica ne favorisce il trasporto e il montaggio.

Il legno è un materiale da costruzione neutrale rispetto al clima, esso immagazzina CO₂.

Il legno crea un gradevole clima degli spazi interni e soddisfa anche molti requisiti di biologia delle costruzioni.

Il legno può essere lavorato sia artigianalmente che industrialmente.

Una casa in legno si può costruire in brevissimo tempo, anche d'inverno.

L'utilizzo del legno contribuisce al finanziamento dei necessari interventi di cura e diradamento del bosco.

L'utilizzo di legno rafforza la catena di creazione di valore aggiunto regionale e crea posti di lavoro decentrati sul territorio.

Attraverso l'utilizzo del legno si evitano le lunghe vie di trasporto per i materiali da costruzione, e grazie a ciò si migliora il bilancio energetico.

muratura. In particolare si tratta di intercalare strati di materiali soffici o porosi (ad esempio su di un soffitto a travi in legno si può applicare uno strato di trucioli di alcuni cm e su di esso posare poi un pavimento in legno) e di disgiungere accuratamente i singoli strati, in modo da evitare la formazione di “ponti acustici”. Sono disponibili una grande varietà di collaudati rivestimenti per pareti, soffitti e pavimenti, che sono perfettamente in grado di soddisfare tutte le esigenze di isolamento acustico [Arbeitskreis Ökologischer Holzbau, 2002].

“Fanno festa i tarli!”

I peggiori nemici del legno sono i funghi e gli insetti. Attraverso la protezione del legno in fase costruttiva e di progettazione si possono impedire infestazioni senza dover ricorrere a pericolosi prodotti chimici. I funghi hanno bisogno di un'umidità del legno di circa il 30% per un lungo periodo (circa 6 mesi). Gli elementi costruttivi in legno hanno, in normali condizioni di utilizzo, un'umidità variabile dall'8% (mobili, pavimenti in legno) al 15% (armatura di un “tetto freddo”). Normalmente nessun elemento costruttivo diventa così umido da consentire la crescita di muffe. In seguito ad infiltrazioni d'acqua è importante che il legno possa asciugare di nuovo completamente. Per quanto riguarda gli insetti, si tratta di impedire la deposizione di uova nel legno. Protezione del legno in fase costruttiva significa bloccare l'accesso mediante adeguate coperture oppure, nei punti deboli e più esposti, ricorrere all'utilizzo di essenze legnose particolarmente resistenti [Dosch e Ranft, 1999]. Vantaggi del legno (regionale) come materiale da costruzione

2.5



2.5 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE IN LEGNO

Partendo dal presupposto che questa non vuole essere una tesi tecnica è bene esaminare velocemente quali sono i sistemi di costruzione in legno più utilizzati in europa. Nella letteratura tecnica si incontrano diversi modi di suddividere i vari tipi di costruzioni in legno. Una categorizzazione di base può essere fatta tra costruzioni di tipo leggero e costruzioni di tipo massiccio. Bisogna tenere presente che la denominazione di un tipo di costruzione di legno è sostanzialmente correlata alla struttura portante delle pareti.

Come risulta dalla seguente figura, la differenza fondamentale tra questi due sistemi costruttivi risiede nel fatto che, nella realizzazione di tipo massiccio, lo strato isolante è separato dalla struttura portante mentre, nelle costruzioni di legno di tipo leggero, isolamento e struttura portante si trovano nello stesso piano.

Per la realizzazione della struttura portante vengono utilizzati nei due casi prodotti completamente diversi. Contrariamente alle costruzioni di tipo leggero, nelle quali gli elementi portanti sono i prodotti di tipo lineare provvisti di una pannellatura sottile, per quelle di tipo massiccio, come ad esempio nelle strutture a base di compensato di tavole, vengono impiegati elementi di tipo piano di grandi dimensioni. Inoltre, le costruzioni di legno di tipo massiccio, di regola, non necessitano di alcuna barriera al vapore e possiedono una massa più elevata e quindi anche un'alta capacità di immagazzinamento di energia. In entrambi i sistemi costruttivi è possibile concepire liberamente le facciate ed il rivestimento interno.

SISTEMI COSTRUTTIVI LEGGERI E MASSICCI IN LEGNO

Sistema costruttivo massiccio (Blockbau)

Le costruzioni massicce sono costituite da elementi massicci (quasi esclusivamente di legno di Conifere) disposti orizzontalmente che, assemblati per comporre una parete massiccia, assolvono sia funzione portante che di irrigidimento. Il collegamento degli elementi massicci allo spigolo dell'edificio viene realizzato mediante intagli o connessioni di carpenteria classica. In tutti e tre gli esempi di collegamento allo spigolo delle Figure 2 e 3 di una parete massiccia, gli elementi massicci sono connessi per lo più con spinotti di legno. Questa tecnica, unita alla sagomatura degli elementi massicci, permette di allineare gli elementi e garantisce l'irrigidimento delle pareti. Perciò, soprattutto ai lati delle aperture per le finestre, vengono battuti spinotti a sezione quadrata in fori circolari.

Specialmente nella progettazione di costruzioni massicce, si deve tener conto, in modo adeguato, delle caratteristiche particolari del materiale. Nella trasmissione dei carichi verticali, gli elementi massicci vengono sollecitati a compressione perpendicolare alla fibratura. Poiché il valore del modulo E perpendicolare alla fibratura è molto ridotto, si instaurano assestamenti importanti causati dalle deformazioni perpendicolari alla fibratura. I problemi connessi agli assestamenti possono, tuttavia, essere ridotti o eliminati completamente mediante accorgimenti costruttivi, come per esempio:

- prevedere zone "cuscinetto" o meglio zone di deformazione a scomparsa (collocando una "trave flottante") oppure una cavità d'aria di alcuni cm in prossimità di architravi ed elementi simili, che non possono adattarsi all'assestamento;
- realizzare il giunto con una struttura muraria (p. es. una canna fumaria) o con controventi a struttura reticolare relativamente rigidi in modo che la parete massiccia possa assestarsi liberamente;
- evitare colonne portanti collegate direttamente e rigidamente con le pareti;
- considerare l'assestamento della parete massiccia nella progettazione e nella posa in opera di impianti (condotte elettriche, tubazioni per il riscaldamento e per l'acqua);
- realizzare i piastrellamenti su rivestimenti liberi e non vincolati alla parete.

Sistema costruttivo a muratura massiccia con legno compensato di tavole (Brettsperrholzbauweise)

A partire dai pacchetti di tavole si realizzano elementi costruttivi di tipo piano massicci, costituiti da tavole o lamelle disposte di costa ("in piedi") l'una affianco all'altra. Lo spessore di questi elementi, coincidente con la larghezza delle tavole, è compreso di regola tra 8 cm e 12 cm per le pareti, e tra 12 cm e 20 cm per i solai a seconda delle luci e dei carichi.

Gli elementi di pacchetti di tavole sono costituiti primariamente da tavole ricavate di spessore compreso tra 24 mm e 30 mm. Le tavole vengono prima essiccate ($15 \pm 3 \%$) e piallate, successivamente collegate di costa l'una con l'altra mediante incollaggio o una chiodatura continua (o con spinotti di legno duro). Il fissaggio serve per la trasmissione degli sforzi di taglio tra le tavole. In questo modo si ottiene un elemento di legno di larghezza a piacimento in grado di ripartire parzialmente i carichi trasversalmente. L'accoppiamento delle tavole una di fianco all'altra permette, a certe condizioni, anche giunti di testa delle tavole nel mezzo dell'elemento.

Gli elementi di pacchetti di tavole possono anche essere impiegati, in caso di luci maggiori di 6 m, in strutture miste legno-calcestruzzo. Per motivi di natura statica e/o di fisica tecnica, nelle strutture miste legno-calcestruzzo viene gettata una soletta in calcestruzzo al di sopra dell'elemento di pacchetti di tavole. La connessione deformabile tra il legno ed il calcestruzzo può essere realizzata mediante mezzi di collegamento meccanici (bulloni, connettori a piolo, piastre dentate, ecc.). Il modulo di scorrimento ed il coefficiente di scorrimento necessari sono fissati, di regola, solo nelle omologazioni o devono essere determinati sperimentalmente. Con strutture miste legno-calcestruzzo si possono coprire luci fino a 10 m circa.

Le costruzioni di tipo massiccio con legno compensato di tavole sono caratterizzate dall'impiego di elementi massicci piani multistrato con funzione portante, nei quali le dimensioni lungo entrambi gli assi principali sono di gran lunga maggiori dello spessore.

Gli elementi piani portanti di compensato di tavole assumono, in base alle condizioni di carico, funzione portante di piastre e/o lastre. La struttura della sezione trasversale del compensato di tavole (pannelli monostrato disposti di solito alternativamente ad angolo retto l'uno rispetto all'altro) permette di ottenere con un unico pannello una capacità portante nelle due direzioni principali del loro piano. A seguito della capacità di ripartizione trasversale dei carichi, che dipende dalla struttura della sezione, è possibile in ogni punto l'assorbimento di carichi concentrati. Le possibilità di impiego del compensato di tavole in edilizia residenziale sono caratterizzate dalla varietà dei prodotti e degli elementi costruttivi. Infatti non solo possono essere realizzati solai, pareti interne ed esterne ed elementi di copertura di grandi dimensioni ma anche solette per scale e balconi, nonché elementi strutturali di tipo lineare come architravi e colonne. Lo spessore di un elemento di compensato di tavole a 5 strati solitamente utilizzato per un edificio multipiano è di circa 95 mm. Lo spessore minimo di elementi portanti massicci dipende inoltre dal tipo di prodotto e produttore e dalle relative grandezze caratteristiche, tuttavia generalmente non dovrebbe essere mai inferiore a 75 mm. Con pannelli di compensato di tavole a 5 strati di spessore compreso tra 125 mm e 160 mm, a seconda della struttura del pannello e del solaio nonché dell'entità delle sollecitazioni, si possono coprire luci di 4,0-5,0 m, in modo economico. Per luci maggiori ed elementi di parete di altezza maggiore privi di sostegni intermedi sono indicati pannelli nervati con travi incollate di lamellare o sezioni a cassone con montanti di lamellare. Gli elementi massicci di parete, solaio e copertura possono essere prodotti esattamente e singolarmente in base alle indicazioni di progetto e possono essere collegati con sistemi di connessioni semplici e standardizzati. Vengono a mancare, quindi, quelle lunghe e complicate operazioni di finitura e di montaggio in cantiere. Isolamento, rivestimenti ed elementi di facciata possono essere facilmente fissati agli elementi in compensato di tavole (montaggio rapido).

Sistema costruttivo leggero ad ossatura portante di legno (Holzskelettbauweise)

Questo tipo di costruzione si è sviluppato sin dai tempi del primo neolitico. Oltre al metodo di disporre tronchi d'albero orizzontalmente l'uno sull'altro (costruzione massiccia), uno dei primi modi di costruire edifici consisteva nell'interrare pali verticalmente e collegarli l'uno con l'altro mediante traversi (costruzione di palafitte). Le pareti tra questi pali venivano completate con intrecci ed argilla. Le moderne costruzioni ad ossatura portante sono state realizzate sin dalla fine degli anni '60 per lo più in Europa, ed in Giappone dall'inizio degli anni '80. Dimensioni del reticolo in pianta grandi a piacimento, rese possibili dallo sviluppo del legno lamellare incollato, aprivano, grazie all'aumento dei possibili interassi di travi e colonne, ampi spazi per la concezione dello spazio interno ed il suo utilizzo.

Colonne e travi sono disposte a grande interasse per poter inserire facciate e pareti divisorie realizzate a piacimento. Sopra o in mezzo alla struttura portante principale sono inseriti gli elementi portanti secondari. Essi possono essere travi e puntoni (per luci ridotte anche tavoloni) o elementi di tipo piano di legno compensato di tavole (per luci ridotte anche pannelli a base legno). Facciate e pareti divisorie non assorbono di regola alcuna forza verticale nelle costruzioni ad ossatura portante di legno ma possono essere utilizzate come irrigidimento. I tamponamenti possono essere realizzati con sistemi costruttivi a piacimento come elementi intelaiati, elementi di legno compensato di tavole, costruzioni con vetro ma anche murature. Per il fatto che il sistema costruttivo ad ossatura portante permette grande flessibilità nella scelta degli elementi di tamponamento (eventualmente senza alcuna funzione portante), esso può essere definito piuttosto come tipo di struttura portante, che come tipo di costruzione.

Le caratteristiche del sistema costruttivo ad ossatura portante di legno sono:

- distribuzione in pianta delle pareti intercambiabile e pareti facilmente spostabili;
- libertà di organizzazione sulla base di reticoli e moduli variabili;
- ossatura portante e pareti non portanti indipendenti da essa;
- struttura portante per lo più immediatamente riconoscibile;
- elementi costruttivi portanti per lo più di legno lamellare incollato;

- impiego di mezzi di collegamento d'acciaio;
- elevato grado di prefabbricazione;
- possibilità di "fai da te" per gli elementi costruttivi non portanti;
- irrigamento per lo più mediante solai con comportamento a lastra, diagonali di acciaio o di legno oppure lastre di parete.

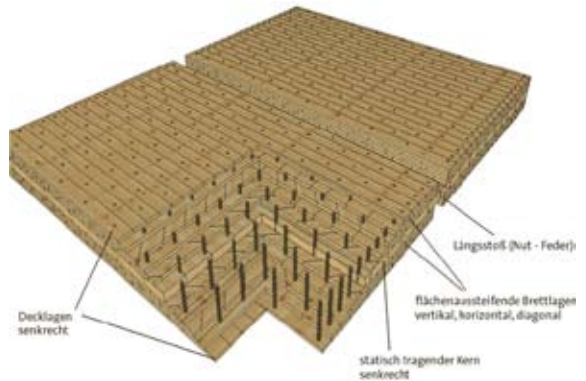
Riguardo alla distinzione tra costruzioni ad ossatura portante di legno e costruzioni intelaiate di legno si può notare che, nelle costruzioni intelaiate, vengono realizzate lastre per le quali non c'è alcuna separazione tra elementi portanti e di tamponamento. Nelle costruzioni ad ossatura portante, i carichi vengono assorbiti da elementi strutturali di tipo lineare, che possono rimanere a vista indipendentemente dagli elementi di tamponamento.

La maggior parte degli edifici ad ossatura portante sono costruiti secondo un reticolo orizzontale e spesso anche secondo uno verticale. Per le costruzioni ad ossatura portante, il reticolo utilizzato (come aiuto per il progetto e la realizzazione del fabbricato) stabilisce la disposizione degli elementi e la distribuzione degli spazi, definisce la posizione delle colonne portanti e la lunghezza delle travi, e quindi le luci libere nella direzione portante principale ed in quella secondaria. Le luci libere nelle direzioni portanti principale e secondaria sono quindi un multiplo delle dimensioni del reticolo, che possono essere regolari o anche irregolari.

A seconda del tipo di costruzione, le luci delle travi principali sono comprese tra 3,0 m e 8,0 m. Luci comprese tra 3,5 m e 4,5 m (5,0 m) si sono rivelate economicamente convenienti in relazione ai carichi che normalmente agiscono su solai di edifici adibiti a civile abitazione o ufficio.

Generalmente viene indicato come nodo il "punto" in cui convergono (almeno) due aste. Esso ha il compito di collegare le aste l'una con l'altra permettendo la trasmissione delle forze tra di esse. Nel metodo costruttivo ad ossatura portante si distinguono diverse tipologie di costruzioni, che si differenziano tra loro in base alla struttura delle colonne, delle travi e degli elementi di connessione. La scelta del sistema

Esempio dalla natura: un'albero non gela mai fino al centro del tronco, nemmeno nelle zone più fredde, dove le temperature invernali non salgono al di sopra di -40 , -30° C. Se lo tagliamo si nota che solo i primi 4-5 cm sono gelati, mentre all'interno rimane in perfetto stato e la linfa si mantiene liquida. Il picchio è un'uccello molto intelligente e sfrutta questa fantastica caratteristica del legno per costruire il suo nido: proprio al centro del tronco dell'albero, così è protetto dal freddo, dal caldo e dall'umidità.



89

90



costruttivo dipende da una parte dagli aspetti architettonici e del reticolo in pianta, dall'altra parte dai carichi: perciò si sceglie prima il reticolo in pianta e si predimensiona la struttura portante principale, per poi scegliere il tipo di costruzione ad ossatura portante opportuno.

Sistema costruttivo leggero a traliccio di legno (Fachwerkbau)

Le costruzioni a traliccio si sono sviluppate in quelle Regioni dove il legno non era disponibile nella quantità necessaria, ad esempio, per le costruzioni massicce. Senza le attuali capacità di trasporto l'impiego dei materiali da costruzione si orientava generalmente secondo la loro provenienza geografica. Perciò esistono molte costruzioni a traliccio in Europa dell'est e centrale, ma anche in Inghilterra, Germania settentrionale, Danimarca e Olanda. Le peculiarità delle costruzioni a traliccio sono:

- libertà nell'organizzazione (architettonica): l'ossatura portante viene rivestita da entrambi i lati o rimane a vista da un lato solo;
- sono possibili edifici ad un piano o multipiano;
- disposizione fissa per tutti i piani in pianta;
- avanzamento della costruzione piano per piano;
- impiego prevalente di connessioni senza elementi meccanici di collegamento (connessioni di carpenteria) con incastri e sovrapposizioni;
- gli elementi portanti hanno sezioni di grande dimensione e di forma quadratica;
- tempi di realizzazione relativamente brevi;
- strutture relativamente facili da erigere.

Moderne e precise macchine a controllo numerico, insieme alle nuove conoscenze e metodologie riguardo l'essiccazione del legno, rendono le costruzioni a traliccio economicamente competitive. Gli incastri, in questo tipo di costruzione, sono collegamenti economicamente più vantaggiosi rispetto a lamiera o elementi di forma particolare in acciaio. Questo a causa del fatto che i collegamenti vengono sollecitati poco, in quanto gli elementi di legno sono ad interasse piccolo gli uni dagli altri. Inoltre

nelle costruzioni a traliccio la trasmissione dei carichi verticali avviene direttamente mediante giunti a contatto.

Sistema costruttivo leggero ad intelaiatura di legno (Holzrahmenbau)

Mentre nelle costruzioni a traliccio e ad ossatura portante i carichi vengono assorbiti da elementi di tipo lineare, nelle costruzioni intelaiate ci si trova di fronte ad un sistema costruttivo a lastre, per il quale gli elementi portanti non sono separati da quelli di irrigidimento e tamponamento. La definizione di “costruzione intelaiata di legno” deriva dall’inglese “timber frame”, ossia telaio di legno. L’ossatura portante, con montanti disposti a distanza piuttosto ravvicinata, il telaio di legno appunto, viene rivestito con pannelli per costituire così una lastra. Vengono impiegate sezioni e ma-

91



teriali di rivestimento standard, connessi mediante semplici mezzi di collegamento come chiodi, cambrette e bulloni. Presupposto di base per tutte queste costruzioni è che il legno utilizzato sia stato essiccato artificialmente.

Gli elementi di parete, solaio e copertura realizzati in questa maniera possono essere prodotti in stabilimento a differenti livelli di prefabbricazione e montati in cantiere. Questo permette la rapida chiusura della costruzione (montaggio rapido), a patto però che i piani esecutivi siano completamente pronti prima dell'inizio dei lavori. Le peculiarità delle costruzioni intelaiate di legno sono:

- “dispendio” tecnico limitato a causa dell'utilizzo sistematico di sezioni di legno standard;
- il reticolo con la disposizione delle colonne è determinato dalle dimensioni dei pannelli a base legno (o gesso), (maglia di base di regola = 62,5 cm), il che evita lo spreco di resti di materiale
- nessuna connessione di carpenteria;
- in cantiere vengono messe in opera gli elementi di parete assemblate in stabilimento;
- la tenuta all'aria è garantita senza complicate soluzioni tecniche;
- gli elementi irrigidenti l'edificio sono le pareti stesse (tre pareti, i cui assi geometrici in pianta non convergono in un punto solo, costituiscono un sistema rigido);

Gli edifici a struttura intelaiata di legno vengono di regola costruiti piano per piano (“platform frame”). Occasionalmente (soprattutto in America) vengono impiegati anche elementi di altezza pari a più piani (“balloon frame”). Le pareti vengono realizzate come elementi composti, costituiti da un'ossatura portante con montanti verticali e telai, rivestiti da uno o da ambo i lati con materiali a base legno o gesso, che collegano montanti ai telai. I montanti assorbono generalmente i carichi verticali provenienti dalla copertura e dai solai di piano. Inoltre, quelli disposti lungo le pareti esterne assorbono anche i carichi orizzontali dovuti al vento agenti sulle pareti stesse. Essi possono essere dimensionati molto snelli, dato che il rivestimento ha anche funzi-

one stabilizzante per loro. Il rivestimento assorbe essenzialmente i carichi agenti nel piano della lastra (carichi dovuti alla funzione di irrigidimento) e viene a sua volta stabilizzato all'imbozzamento dai montanti stessi.

Poiché le giunzioni dei pannelli devono essere realizzate sempre sui montanti, essi sono disposti ad interasse ridotto, di regola di 62,5 cm. Questa misura dipende dalle dimensioni dei materiali di rivestimento comuni sul mercato (larghezza pari a 125 cm), per minimizzare il lo scarto. Anche un gran numero di fabbricanti di materiali isolanti si sono adattati a questa misura nelle dimensioni dei loro prodotti. In caso di pannelli di altre dimensioni, il reticolo può essere variato. Le aperture possono essere previste, in linea di principio, ovunque sull'elemento di parete. Un'apertura non allineata con il reticolo viene delimitata da ulteriori montanti e da un architrave disposto su di essi. Adattando la progettazione a questo reticolo è possibile collocare le aperture in modo tale da non necessitare l'impiego di montanti non strettamente necessari.

UN CASO SU TUTTI IL SISTEMA THOMA

La genesi: il legno lunare

Il segreto del legno è fondato sul tempo e sulla capacità dell'uomo di tagliarlo. Fin dai tempi primitivi l'uomo ha imparato a tagliare e stagionare il legno e a rigenerare il bosco. Ho deciso tra le moltissime aziende italiane, tedesche, svizzere che lavorano e producono pannelli in legno per l'edilizia di parlare di proporre questa piccola azienda familiare austriaca perchè rappresenta l'esempio più, a parer mio, all'avanguardia della lavorazione del legno. Il signor Erwin Thoma è stato per anni guardia boschi nelle valli austriache fin quando ha deciso di riprendere le orme dei suoi avi e rilevare una carpenteria. Attraverso uno studio sulle vecchie tipologie di lavorazione del legno ha voluto riprendere e verificare le vecchie dicerie riguardo al "legno lunare". Si è per secoli creduto che il legno dovesse essere tagliato Solo nel periodo giusto a seconda

del tipo di pianta e della specie. Oggi sappiamo grazie anche a studi condotti da alcune università svizzere che è vero. Infatti alberi di abete abbattuti in inverno, quindi nella giusta fase vegetativa, in luna calante a ridosso del Natale e lasciati a giacere sul terreno con la punta rivolta verso valle fino a marzo sviluppano proprietà fisiche e chimiche nella fibra tali da presentare un contenuto di acqua molto basso e la totale inattaccabilità da agenti atmosferici e parassiti poichè privi di zuccheri e enzimi nutritivi.

La casa Thoma dunque, viene costruita solo con i legni più pregiati. Vengono usati solo tronchi scelti e provenienti da boschi certificati dell'europa. Il legno utilizzato è cresciuto tranquillamente (e quindi con anelli sottili che denotano flessibilità e compattezza), viene lasciato essiccare lentamente in modo naturale (la giacitura sul terreno per qualche mese prima del taglio permette alla pianta di aspirare la linfa dal tronco ai rami per seguire il naturale istinto di fioritura), non viene assolutamente in contatto con sostanze chimiche nocive quali collanti e sostanze per la protezione del legno. Una materia prima priva di radioattività, naturalmente durevole, resistente e indeformabile, che deriva da un patrimonio forestale sostenibile.

La tecnica di Thoma Holz100

La casa Thoma in tutte le sue componenti: tetto, pareti e solai vengono costruiti con un unico materiale il legno. I singoli strati vengono fissati tra di loro mediante cavicchi senza utilizzare metalli e collanti. Grazie a questa soluzione possono garantire eccelsi valori in termini di isolamento dal caldo e dal freddo, resistenza al fuoco e protezione contro le radiazioni.

I montanti verticali e orizzontali vengono posati a strati in modo continuo senza intercapedini. I cavicchi penetrano completamente nella parete, assorbendo un minimo di umidità residua e amalgamandosi con il legno circostante unendo saldamente i singoli elementi. Le case ThomaHolz100 superano anche la prova sismica: in Giappone hanno resistito a terremoti di forte intensità. Con questo sistema si possono costruire strutture fino a 10 piani. Strutture a telaio nelle quali vengono impiegati i più svariati

materiali da costruzione (p.es. nelle tradizionali case prefabbricate, costruite con una struttura a montanti) aumentano il rischio di danno alla struttura: muffa, condensa e umidità, infiltrazioni, ponti termici. L'utilizzo di un materiale unico offre numerosi vantaggi: gli elementi Thoma evitano completamente la formazione di condensa, in quanto traspiranti, garantendo un ottimo isolamento termico ed acustico. Gli strati incollati impedirebbero la traspirazione naturale del legno. Queste case sono calde d'inverno (senza dover ricorrere ad ulteriori isolamenti) e fresche d'estate grazie alla loro massa termica. La struttura in legno massiccio oltre a garantire ottimi valori di isolamento termico dal freddo invernale, grazie alla elevata massa del legno (500 kg mc), riesce a mantenere costante la temperatura interna e a rallentare per molte ore l'onda termica estiva (sfasamento). Ad esempio la sola parete con spessore di 36,4 cm, riesce a ritardare il passaggio del caldo in casa per ben 22 ore.

Infatti l'uomo non reagisce bene agli sbalzi di temperatura che si creano quando l'ambiente si raffredda subito dopo aver spento il riscaldamento oppure quando l'ambiente si scalda troppo in fretta quando fuori fa caldo. In questo caso si parla di un "clima da baracca" riscontrabile nelle costruzioni leggere. Questo sistema non trattato è ideale quando si presentano sbalzi di temperatura e di umidità. Il segreto ce lo svela la natura: non esiste materiale isolante migliore che abbia capacità di accumulo termico e isolamento allo stesso momento.

Inoltre l'Università Militare di Monaco di Baviera è riuscita a dimostrare l'eccellente qualità del legno utilizzato contrariamente alla maggior parte dei tradizionali materiali da costruzione esso agisce fino al 99,9% come filtro contro le radiazioni ad alta frequenza; quindi non si deve temere ripetitori o simili fonti di radiazioni collocati nelle vicinanze. Ci sono notevoli differenze tra i vari materiali da costruzione, ma quello che ha colpito i ricercatori è il fatto che questo sistema presenti delle proprietà antincendio più elevate di altri materiali (p.es. solai di cemento armato e/o di mattoni o la struttura a montanti delle tradizionali case prefabbricate). In caso di incendio ogni minuto è prezioso: bruciando i materiali sintetici sviluppano gas mortali e mettono così a repentaglio la vita delle persone che vivono in casa.

Il legno brucia bene solo se è sottile e se viene circondato da aria. Un blocco del Sistema ThomaHolz brucia malissimo e carbonizza solo lentamente in superficie. Grazie a queste proprietà numerosi istituti indipendenti ci hanno certificato notevoli valori antincendio. Dopo circa 150 minuti di combustione (900-1000°C) viene mantenuta la piena tenuta statica e coibentazione. Nel Sistema Thoma è impossibile che si verifichi un crollo della struttura causato dall'armatura in ferro rovente, così come si manifesta spesso nei solai in cemento armato. Nel caso di muratura la parete che non brucia può surriscaldarsi. Si corre il rischio che si fondino cavi e fili elettrici e che si incendino oggetti di arredamento. La parete non rivolta al fuoco nel giro di 120 minuti si riscalda solo di al massimo 1,8°C.

Sappiamo quante tonnellate di materiali contenenti sostanze tossiche si nascondono in una casa unifamiliare costruita in modo tradizionale. Spesso si tratta di materiale "che non compromette direttamente la salute", ma collanti, solventi e propellenti usati nelle pareti e nei solai delle case evaporano lentamente, causando gravi problemi alla salute di chi ci abita. I bambini nella loro delicata fase di crescita reagiscono malissimo a questi effetti. Miscele velenose tra materiale da costruzione, mobili ed altre sostanze tossiche impediscono di risalire alle cause che determinano tali malattie. Valori come benessere e sicurezza non rientrano nei canoni tecnici e non possono essere misurati, ma proprio di questi valori bisogna tener conto nel progettare una casa, perché salute non significa solo "non essere malati".

La risposta a tutte queste domande è una sola. Utilizzare solo materiale naturale e eco sostenibile come per esempio legno di questo tipo, l'unico materiale da costruzione che non si esaurisce perché il bosco si rigenera continuamente basti pensare che le foreste austriache "producono" 1 metro cubo di legno al secondo e che la quantità di legno necessaria per costruire una casa di 120 metri quadri viene "prodotta" dalle foreste alpine in 45 secondi e ancora, uno studio ipotizzato che in 20 anni si potrebbero sostituire tutte le abitazioni residenziali austriache con i sistemi basati sul legno senza diminuire la superficie delle foreste.

2.6



KlimaHaus Agentur
Agenzia CasaClima

Autonome Provinz Bozen-Südtirol
Provincia Autonoma Bolzano-Alto Adige



KlimaHaus CasaClima

2.6 EDIFICI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

NUOVI EDIFICI SENZA RISCALDAMENTO

Nell'ambito della costruzione di nuovi edifici energeticamente efficienti si distinguono diversi standard costruttivi. Essi sono soggetti a definizioni più o meno rigorose, alcuni di essi vengono certificati, ad altri viene assegnato un marchio registrato. Verrà ora presentata una selezione delle tipologie più diffuse.

Edificio a basso consumo energetico

Vengono definiti edifici a basso consumo energetico (EBCE) gli edifici con un indice energetico di 40-70 kWh/m²a. Gli EBCE raggiungono questi valori grazie ad un involucro edilizio ben coibentato, a finestre termoisolanti e ad una ventilazione controllata, che può essere con o senza dispositivo per il recupero di calore. Un EBCE continua tuttavia ad aver bisogno di un sistema di riscaldamento convenzionale (caldaia propria o teleriscaldamento con distribuzione del calore attraverso radiatori). In Svezia all'inizio degli anni '90 è stato introdotto uno standard a basso consumo energetico vincolante per tutte le nuove costruzioni [Witzel e Seifried, 2004; Schmittknecht, 1998]. Il concetto di "edificio a basso consumo energetico" non è tuttavia legalmente protetto e la sua definizione varia da paese a paese.

In Svizzera, ad esempio, non è prescritto l'impianto di ventilazione. In Germania dal 2002 la progettazione e l'esecuzione dei lavori sono disciplinati dal RAL-Gütezeichen Niedrig-Energie-Bauweise (RAL GZ 965, Marchio di qualità per tipologie costruttive a basso consumo energetico) del Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung.

Casa passiva

L'ulteriore sviluppo della casa passiva avviene in Germania, senza l'intervento di nes-

Tabella 11 Componenti e valori limite di una casa passiva

coibentazione	coefficiente U <0,15 W/m² K
finestre	coefficiente U <0,80 W/m² K coefficiente g <0,50
impermeabilità dell'aria	parametro test di pressione n⁵⁰ <0,6h⁻¹
aspetti generali	costruzione priva di ponti termici sistema di calore e basso consumo di energia elettrica minime dispersioni termiche nella produzione e distribuzione di acqua calda sanitaria alta efficienza energetica delle apparecchiature elettriche domestiche
fabbisogno di riscaldamento	<15 kWh/m² a
carico termico	<10 W/m²
energia finale-parametro	<40 kWh/m² a
energia primaria-parametro	<120 kWh/m² a

suna “scoperta rivoluzionaria”, ma combinando in modo innovativo e verificato scientificamente i materiali e le tecnologie disponibili. All’inizio degli anni ’90 a Darmstadt venne realizzata la prima “casa passiva” con un fabbisogno termico di 15 kWh/m²a. Essa è il risultato della combinazione dei seguenti tre aspetti fondamentali:

- eccellente coibentazione dell’intero involucro edilizio compresi gli infissi;
- ottimizzazione del guadagno solare passivo mediante ampie finestre o vetrate nella facciata rivolta a sud;
- ventilazione controllata con recupero di calore.

Una casa passiva non viene riscaldata con una stufa, ma attraverso l’utilizzo “passivo” del calore irradiato dal sole attraverso le finestre, derivante dall’emissione di calore degli apparecchi (elettrodomestici, computer ecc.) e degli stessi abitanti. L’aria fresca viene preriscaldata mediante il recupero di calore, cioè il calore dell’aria in uscita viene trasferito all’aria fresca in entrata da uno scambiatore di calore. Diventa così superfluo un sistema di riscaldamento convenzionale, cioè “attivo”, motivo per cui si parla di “case passive”. Una casa passiva ha una temperatura gradevole anche durante l’estate, poiché il flusso di calore dall’esterno viene impedito dall’eccellente isolamento termico. Le finestre devono perciò, come in qualunque altra casa, essere ombreggiate da un balcone, veneziane o gelosie [Krapmeier e Drössler, 2001].

In una casa passiva deve essere ridotto al minimo anche il fabbisogno energetico di altro tipo, cioè i consumi di tutti gli attrezzi domestici, facendo in particolare ricorso all’efficienza energetica. In una casa passiva europea il fabbisogno complessivo di energia primaria per metro quadro di superficie abitabile e anno non deve superare 120 kWh/m²a (per riscaldamento, acqua calda sanitaria e consumi elettrici). In tal modo, in una casa passiva si consuma complessivamente meno energia di quanta sia mediamente necessaria in un nuovo edificio europeo solo per i consumi elettrici domestici e per l’acqua calda sanitaria.

Il termine di “casa passiva” non è legalmente protetto. Il Passivhaus-Institut (Istituto Casa Passiva) di Darmstadt (D) ha però fissato un sistema di certificazione (Passivhaus Projektierungspakt PHPP 2004) in cui vengono definiti gli standard di riferi-

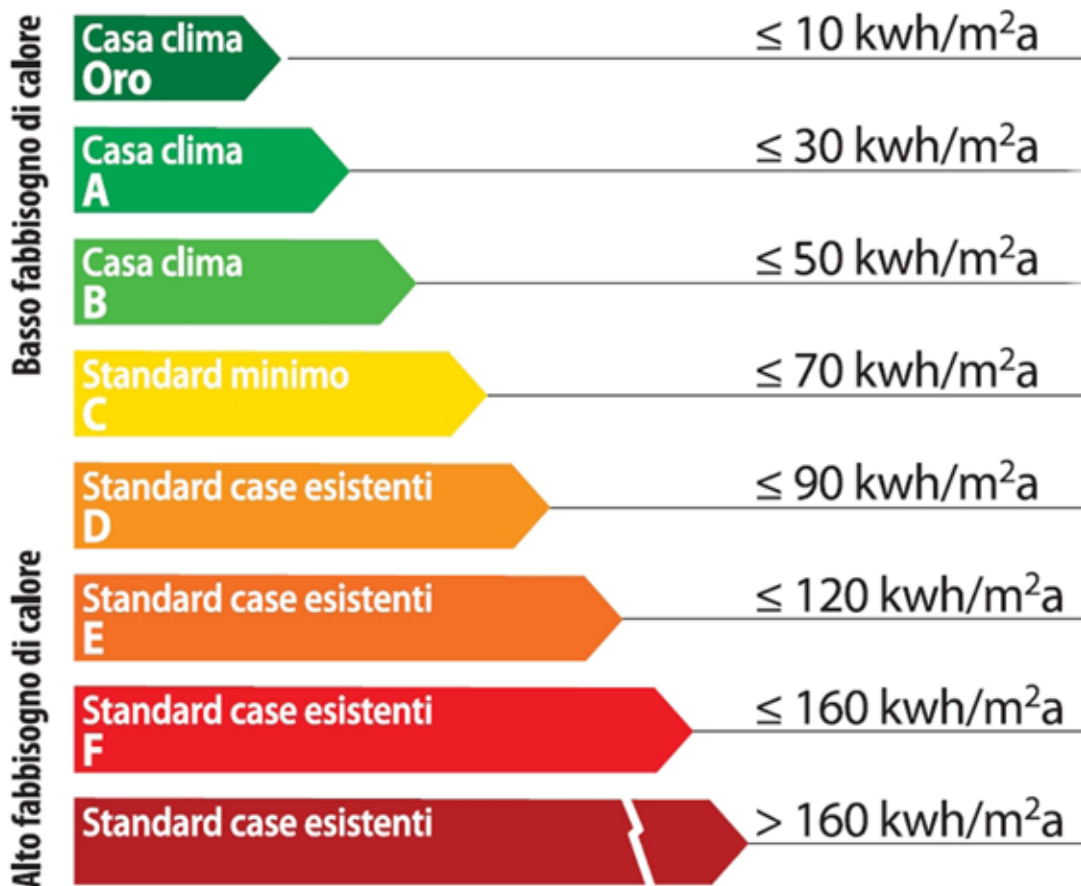


Tabella 12

mento per una casa passiva e stabiliti i controlli dell'esecuzione dei lavori.

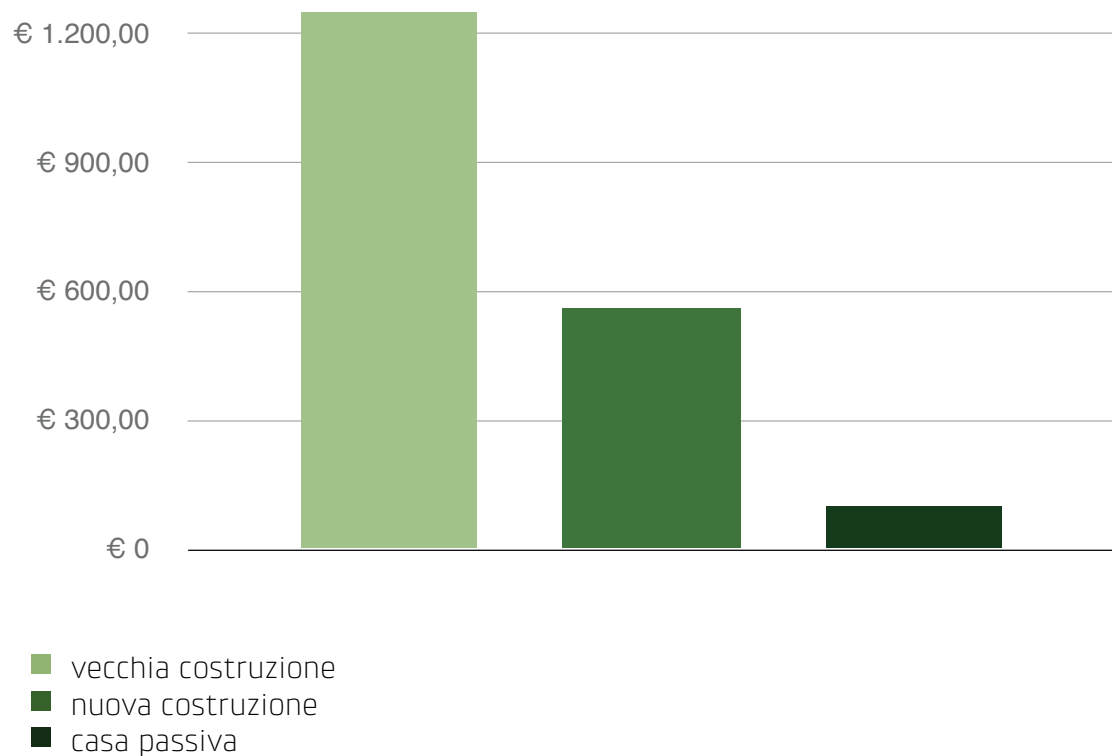
Casa a guadagno diretto (Direktgewinnhaus)

Contemporaneamente allo sviluppo della casa passiva in Germania, l'architetto svizzero A. G. Rüedi ha costruito a Trin (CH), a 900 metri di altitudine, due case unifamiliari con un tale livello di efficienza, che il fabbisogno di riscaldamento è praticamente pari a zero. Queste case vengono riscaldate esclusivamente attraverso la facciata sud coperta quasi completamente da vetrate e dagli apporti termici interni. L'energia solare irradiata viene immagazzinata nel pavimento di colore scuro, nelle pareti in conci di pietra arenaria e nel soffitto in legno, quindi rilasciata gradualmente riscaldando l'aria dei locali. Poiché la capacità di accumulo termico degli elementi costruttivi è sufficiente a riscaldare i locali, si può qui fare a meno dell'impianto di ventilazione, che è invece necessario nelle case passive. Inutile quindi cercare una stufa in queste case. L'aerazione dei locali viene effettuata in modo "convenzionale", cioè aprendo le finestre, cosa che d'inverno (novembre - febbraio) richiede un ricambio dell'aria rapido ed efficace. D'estate le grandi superfici vetrate possono essere ombreggiate, in modo da mantenere gradevoli le temperature interne. Il piacevole clima dell'ambiente interno dipende anche dal fatto che vengono utilizzati solo materiali da costruzione biologici. Grazie alla costruzione traspirante, l'umidità dell'aria può essere facilmente trasportata fuori attraverso i materiali da costruzione.

Casa MINERGIE®

A differenza dei termini "casa passiva" e "casa a guadagno diretto", nel 1998 in Svizzera venne introdotto il marchio registrato MINERGIE. Il principio si basa sugli stessi principi della casa passiva, ma l'obiettivo non consiste nel poter rinunciare ad un sistema di riscaldamento convenzionale. Anche qui la ventilazione controllata per garantire il ricambio dell'aria è un requisito prescritto, ma il grado di coibentazione e i requisiti di impermeabilità all'aria sono meno rigorosi rispetto a quelli richiesti per

Tabella 13 Costi annuali di riscaldamento per una casa unifamiliare di 120 m² costruita in base a diversi standard costruttivi (prezzo del gasolio considerato 0,45 euro al litro allo 08/2004)



la casa passiva in Germania. Secondo il tipo di costruzione (casa unifamiliare, edificio commerciale, ospedale ecc.), viene stabilito il rispetto di un determinato "indice energetico termico". Oltre al fabbisogno energetico specifico per il riscaldamento, esso comprende anche il consumo energetico per l'acqua calda sanitaria e per il funzionamento dell'impianto elettrico di ventilazione. Secondo la fonte energetica utilizzata, gli edifici residenziali di nuova costruzione devono rispettare diversi valori limite: in caso di riscaldamento a legna 70 kWh/m²a, per il riscaldamento a gasolio o metano 42 kWh/m²a e in caso di esclusivo impiego di energia elettrica come fonte energetica 21 kWh/m²a.

Nel 2003 lo standard della casa passiva tedesca è stato ripreso in Svizzera con il marchio "MINERGIE®-P". L'indice energetico termico per edifici ad uso residenziale è stato fissato in 30 kWh/m²a. mentre per gli edifici MINERGIE l'impiego di fonti energetiche alternative (ad esempio termico solare) e di elettrodomestici ad alta efficienza energetica viene solo raccomandato, per gli edifici della classe MINERGIE-P è prescritto con valore vincolante. A causa dei più esigenti requisiti posti all'isolamento termico (analogamente allo standard della casa passiva tedesca), è possibile rinunciare ad un sistema di riscaldamento convenzionale. Come per le case passive il carico termico non deve superare i 10 W/m².

Casa a bilancio energetico positivo (Plusenergiehaus)

Con gli edifici a bilancio energetico positivo (Plusenergiehaus) gli elementi della casa passiva vengono ulteriormente migliorati e combinati in maniera diversa, in particolare vengono integrati con un impianto fotovoltaico. Il fabbisogno di riscaldamento scende a soli 6-12 kWh/m²a [Witzel e Seifried, 2004]. Questo minimo fabbisogno termico residuo viene coperto con una piccola stufa a legna oppure con il teleriscaldamento. Nello stesso tempo viene installato un grande impianto fotovoltaico orientato a sud, che nell'arco dell'anno fornisce parecchia energia elettrica in più rispetto ai consumi dell'edificio. Complessivamente queste case producono quindi più ener-

VANTAGGI DELLE TECNICHE COSTRUTTIVE E DI RISANAMENTO ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

- Economicamente interessante, per la riduzione al minimo dei costi di riscaldamento per un modesto aumento dei costi di costruzione o ristrutturazione
- Maggiore confortevolezza e qualità dell'abitare grazie a temperature più equilibrate dell'ambiente abitativo
- Miglior qualità dell'aria dei locali grazie all'impianto di ventilazione controllata e all'utilizzo di materiali da costruzione naturali
- Minor incidenza di danni alla struttura edilizia dovuti all'umidità per l'accuratezza delle tecniche costruttive e alla massima cura messa in campo per evitare ponti termici. Quindi anche mantenimento del valore dell'immobile nel tempo
- Realizzabile con materiali e tecniche costruttive largamente sperimentati
- Maggior libertà nella disposizione degli spazi interni per il venir meno degli elementi di riscaldamento
- Risparmio di risorse
- Meno emissioni di CO₂, per il minor fabbisogno di energia per il riscaldamento
- Realizzabile per tutti i tipi di edifici nell'ambito delle nuove costruzioni
- In gran parte attuabile anche nel campo delle ristrutturazioni di edifici esistenti

gia, in forma di energia elettrica solare, di quanta ne assorbono in forma di energia per il riscaldamento: da questa peculiarità ha origine la denominazione di “casa a bilancio energetico positivo”.

PREGIUDIZI SUGLI EDIFICI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI

L'idea di costruire alle nostre latitudini una casa senza riscaldamento suscita spesso un grande scetticismo tra committenti e architetti. Ma non è solo la mancanza di un sistema di riscaldamento convenzionale a scontrarsi con un diffuso scetticismo...

“Lì dentro non si possono mai aprire le finestre!”

L'uomo ha bisogno – secondo il tipo di attività – di circa 30 m³ di aria fresca all'ora. Il parametro per la qualità dell'aria in un locale non è il contenuto di ossigeno, ma il contenuto di CO₂, di sostanze nocive e l'umidità relativa dell'aria. Un indicatore adeguato per l'aria di un ambiente è dunque il contenuto di CO₂. La maggior parte delle persone percepisce la qualità dell'aria come “buona” se la concentrazione di CO₂ non supera il valore dello 0,1% [Krapmeier 2004]. Per assicurare una qualità dell'aria soddisfacente, in caso di aerazione manuale, si dovrebbero aprire le finestre per un quarto d'ora ogni tre ore [Graf 2003].

Nelle case a guadagno diretto si provvede alla necessaria aerazione aprendo le finestre. In caso di bel tempo, le finestre possono essere tranquillamente lasciate aperte, ma in caso di tempo freddo la soluzione raccomandata per avere un buon ricambio d'aria riducendo al minimo le dispersioni termiche, è di aprire completamente tutte le finestre per brevi periodi. Misurazioni effettuate nella casa di Trin/CH dimostrano che la qualità dell'aria durante i due inverni osservati si è mantenuta sempre buona e gli abitanti si sono mostrati molto soddisfatti [Basler e Hofmann, 1996].

“In quelle case ci cresce la muffa!”

La muffa può crescere ovunque siano disponibili sufficienti sostanze nutritive e buone temperature. Il fattore determinante per la formazione di muffe è tuttavia l'umidità: solo con un'umidità dell'aria superiore al 75% le spore della muffa trovano condizioni di crescita favorevoli. Nelle case scarsamente coibentate l'aria calda dell'ambiente interno può condensare a contatto delle fredde pareti esterne (formazione di acqua di condensa) e favorire così la crescita di muffe. Le costruzioni del tipo casa passiva rendono invece quasi impossibile la formazione di muffa. Grazie all'uniforme distribuzione delle temperature nei diversi elementi costruttivi (derivante da una coibentazione ottimale e dalla mancanza di ponti termici) l'umidità dell'aria non può depositarsi come condensa. Nelle case a guadagno diretto la costruzione traspirante fa sì che il vapore acqueo possa attraversare senza ostacolo gli elementi costruttivi, per cui, anche in questo caso, non si deposita in forma di condensa.

“Costa troppo”

Poiché in una casa energeticamente efficiente si può fare a meno di un sistema di riscaldamento convenzionale, il denaro risparmiato può essere impiegato per un efficiente impianto di ventilazione, per finestre migliori e per un buon isolamento termico. Grazie al continuo sviluppo dell'impiantistica domestica, alla crescente richiesta di case di questo tipo e al diffondersi di aziende specializzate, attualmente una casa passiva richiede mediamente, secondo l'esecuzione dei lavori, un investimento superiore del 4-5%, massimo 10%, rispetto ad una costruzione convenzionale [Krapmeier, 2004; Spescha, 2002]. Per le case a guadagno diretto il costo si riduce ulteriormente per la mancanza dell'impianto di ventilazione.

Nella decisione riguardo il tipo di standard costruttivo, sia per una casa che per un edificio commerciale, dovrebbero però essere considerati non solo i costi dell'investimento iniziale, ma anche i successivi costi di gestione. I costi di riscaldamento per una casa passiva di 120 m² ammontano a circa 80 Euro all'anno. In

un edificio convenzionale “vecchio” i costi di riscaldamento salgono invece a circa 1.225 euro all’anno. Se nel calcolo si considerano anche i costi energetici capitalizzati (investimento comprensivo di progettazione, impianti domestici più costi di gestione per 30 anni), già oggi si possono costruire case passive in cui i costi nel ciclo vitale non sono superiori a quelli di un edificio nuovo di tipo convenzionale [Feist]. Inoltre, stime prudenziali prospettano un aumento annuo dei costi di riscaldamento del 3-5%, il che rende una casa energeticamente efficiente sempre più conveniente in prospettiva futura.

TECNOLOGIE INNOVATIVE ANCHE NELLE VECCHIE CASE

Gli interventi volti a raggiungere l’efficienza energetica non si limitano tuttavia alle nuove costruzioni, ma possono e devono essere applicati anche al patrimonio edilizio esistente. Quasi l’80% degli edifici esistenti in Austria presenta un fabbisogno energetico per il riscaldamento compreso tra 150 e 200 kWh/m²a [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer et al. 2004]. Nella maggior parte dei casi queste “vecchie case” non sono poi così vecchie, infatti l’isolamento termico massiccio nelle nuove costruzioni viene realizzato solo da circa 10 anni. A differenza dei nuovi edifici, per i quali in alcuni Länder sono già in vigore disposizioni relative a misure costruttive volte al risparmio energetico, gli edifici esistenti restano finora in gran parte esclusi dalle misure adottate per il risparmio energetico. E questo nonostante essi costituiscano la maggior parte di tutti gli edifici. Nel territorio alpino ogni anno viene costruita una percentuale di edifici nuovi pari a poco meno dell’1% del patrimonio edilizio esistente. Questo significa che tre quarti degli edifici utilizzati nel 2020 esistono già oggi. La parte più consistente del risparmio energetico potenzialmente raggiungibile nel settore “costruire e abitare” si può essere cioè raggiunto mediante accurati interventi di risanamento degli edifici esistenti [Guschlbauer-Hronek, Grabler-Bauer et al. 2004].

Poiché il ciclo degli interventi di risanamento negli edifici vecchi supera i 30 anni, è molto importante nell'occasione fare ricorso a tecniche, sistemi e componenti che promettono in prospettiva le migliori prestazioni di efficienza e risparmio energetico. Finora in caso di interventi di modernizzazione viene attuato solo uno standard minimo o vengono sostituiti solo singoli componenti (impianto di riscaldamento o finestre). Tutto ciò non basta nella maggior parte dei casi per ottenere una rilevante riduzione di consumo energetico. Un risanamento di qualità ed energeticamente efficiente prende in considerazione le esperienze e le tecniche sviluppate dalla costruzione delle case passive e cerca soluzioni per l'intero edificio. Anche se non tutti i componenti propri delle case passive sono applicabili ad ogni edificio vecchio, numerosi elementi sono tuttavia utilizzabili anche negli interventi di risanamento. L'obiettivo da perseguire non è in tal caso lo standard di una casa passiva con $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$; con un intervento di modernizzazione complessivo facendo ricorso ai componenti sviluppati per la casa passiva si possono comunque ottenere valori compresi tra 25 e 35 $\text{kWh/m}^2\text{a}$, corrispondenti ad un risparmio energetico dell'80-90% [Feist, 2003].

2.7



2.7 COSTRUIRE E RISTRUTTURARE

EDIFICI ENERGETICAMENTE EFFICIENTI DI NUOVA COSTRUZIONE

Il principio di funzionamento di un edificio energeticamente efficiente di nuova costruzione si basa su due principi:

riduzione delle dispersioni termiche;
ottimizzazione dei guadagni solari.

Nel rigido clima dell'Europa centrale l'aspetto determinante è la riduzione delle dispersioni [Lang 2002]. Se le dispersioni termiche non vengono fortemente ridotte, i guadagni solari non servono a nulla, poiché vanno rapidamente persi. Si possono distinguere fundamentalmente due tipi di dispersioni termiche: dispersioni di calore per trasmissione, cioè dispersioni termiche dovute al passaggio di calore attraverso qualche elemento costruttivo, e dispersioni dovute alla ventilazione, cioè calore che va perso per l'apertura delle finestre o per la loro chiusura non ermetica ("ventilazione attraverso le fessure").

Un altro aspetto importante è quello dell'immagazzinamento del calore acquisito all'interno dell'edificio. Ciò può avvenire attraverso materiali da costruzione naturali che abbiano un'elevata capacità di accumulo termico e siano presenti in quantità sufficiente nella struttura dell'edificio (ad esempio argilla, pietra arenaria, cemento). Essi immagazzinano il calore irradiato attraverso finestre e vetrate e lo restituiscono gradualmente all'aria dell'ambiente abitativo.

Forma e pianta dell'edificio

Già nella definizione della forma e della pianta di un edificio si pongono le basi dei futuri consumi energetici. A questo proposito il rapporto tra la superficie di rivestimento A e il volume edificato in essa racchiuso V (rapporto A/V) rappresenta un

fattore progettuale di notevole importanza, che determina in buona misura la dispersione termica di un edificio e le possibilità di intervento per ridurla (Tabella 16). Ogni sporgenza o rientranza di un edificio, ogni bovindo o oggetto crea una superficie aggiuntiva che cede calore [Pregizer 2002]. Se, ad esempio, si dispongono 120 m² di superficie abitabile a forma di ferro di cavallo, a parità di superficie abitabile utile le superfici esterne avranno un'estensione maggiore rispetto ad una costruzione compatta. Se una casa passiva non viene costruita come edificio plurifamiliare compatto [rapporto $A/V \sim 0,25$], ma come costruzione singola [$A/V \sim 1,0$], solo per questo il fabbisogno di riscaldamento aumenta di quattro volte [Feist 1999].

Nello stesso tempo, realizzare un edificio compatto risulta vantaggioso sul piano dei costi e si ha un minor consumo di superficie. La sfida architettonica consiste nel progettare un edificio esteticamente gradevole, che abbia la massima efficienza energetica, ma che non abbia un aspetto monotono e privo di fantasia [Pregizer 2002].

Pianta

Per ottimizzare i guadagni solari, la facciata sud dovrebbe essere sufficientemente ampia, mentre il lato rivolto a nord di dimensioni possibilmente limitate. Sul lato sud dovrebbero essere previste grandi finestre, evitando però vetrate di dimensioni eccessive, poiché oltre una certa dimensione le dispersioni termiche per trasmissione attraverso il vetro sono superiori ai guadagni solari. Mentre gli spazi abitativi, lo studio e la camera dei bambini, con temperature attorno ai 20° C, dovrebbero preferibilmente essere orientate a sud, i locali accessori, come la dispensa, il ripostiglio, il vano scale, per i quali sono sufficienti temperature di 14-16° C, possono anche stare nella parte nord dell'edificio.

Involucro dell'edificio

Per produrre al minimo le dispersioni termiche per trasmissione è necessario che l'involucro dell'edificio abbia un'ottima coibentazione. A tale scopo tutti gli elementi

costruttivi non trasparenti, come pareti, tetto e pavimento, devono avere un coefficiente U non inferiore a $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'isolamento termico necessario viene ottenuto con la coibentazione. Lo spessore del materiale isolante varia dai 25 ai 40 cm, secondo il tipo di materiale impiegato.

Un altro fattore determinante per ridurre al minimo la dispersione termica è ridurre quanto più possibile i ponti termici. La copertura termoisolante non si deve interrompere in nessun punto, gli inevitabili fori, necessari ad esempio per i fissaggi, devono essere ridotti al minimo e se possibile dovrebbero essere realizzati in materiali a scarsa conduttività [Graf 2003]. Evitare i ponti termici è anche importante per impedire la formazione di condensa e di muffe. I presupposti per una costruzione priva di ponti termici vengono impostati nella progettazione. In seguito un risanamento dei ponti termici è possibile solo mediante interventi molto onerosi.

Impermeabilità all'aria

Per la funzionalità di un edificio energeticamente efficiente è importante che l'involucro edilizio sia ermetico all'aria. Infatti le dispersioni termiche dovute a punti di scarsa tenuta ermetica non possono essere compensate con il riscaldamento, come avviene nelle case convenzionali. In sede progettuale si dovrà perciò prevedere uno specifico progetto di tenuta ermetica che consideri l'intero involucro edilizio, compresi tutti gli allacciamenti e le aperture. Poiché l'applicazione di ogni tassello e ogni presa di corrente interrompe l'impermeabilità dell'involucro, si è affermata la pratica di predisporre un livello interno per le installazioni, in cui vengono posati tutti i cavi e le condutture.

La qualità della tenuta stagna dell'involucro edilizio può essere verificata mediante il blower-door-test (test della permeabilità all'aria). In una porta o finestra esterna si installa uno strumento di misurazione consistente in un ventilatore e un manometro. Nell'edificio si crea una depressione di 50 Pascal rispetto alla pressione esterna,

quindi si misura l'aria che filtra dall'esterno attraverso fessure e giunture. Se, ad esempio, in una casa di 400 m³ di volume d'aria con una differenza di pressione di 50 Pascal, in un'ora entrano 400 m³, cioè si verifica un ricambio completo dell'aria dell'edificio, il tasso di ricambio dell'aria n50 sarà pari a 1 h⁻¹, se invece se ne infiltrano solo 200 m³, il tasso di ricambio dell'aria n50 sarà di 0,5 h⁻¹. Nelle case passive il valore n50 dovrebbe essere inferiore a 0,6 h⁻¹.

Finestre

Oltre ad un involucro edilizio ottimamente coibentato, le finestre sono l'elemento costruttivo fondamentale di una casa energeticamente efficiente. Esse devono far entrare nell'edificio possibilmente molta energia solare (e avere dunque un elevato coefficiente g) e nello stesso tempo ridurre al minimo le dispersioni nei periodi con poco sole o durante la notte (alto coefficiente U). Per quanto riguarda la dimensione e il numero delle finestre, occorre dunque valutare attentamente il rapporto tra apporti solari e dispersioni termiche.

Le moderne vetrate isolanti triple raggiungono coefficienti U compresi tra 0,5 e 0,8 W/m²K. Le finestre adatte ad una casa passiva richiedono tuttavia anche telai che garantiscano un buon isolamento termico, perché questi elementi costruttivi possono spesso diventare ponti

termici. I telai adatti alle case passive sono di solito realizzati in materiale sintetico e legno oppure in legno e alluminio. Le cavità all'interno dei profili del telaio sono riempite di schiuma isolante e dotati di un ininterrotto strato isolante. Più piccolo il telaio, più vantaggiosi risultano i guadagni solari. È importante anche il fissaggio del telaio: la soluzione migliore è che non siano installati sulla muratura, ma incassati all'interno dello strato isolante.

Come risulta dalla Figura 14, durante l'inverno i raggi solari a causa del loro angolo d'incidenza molto basso (posizione del sole 15-20° sull'orizzonte) penetrano negli spazi interni più profondamente che d'estate (posizione del sole circa 70°

sull'orizzonte). Un surriscaldamento estivo dei locali viene evitato, oltre dal maggiore angolo d'incidenza del periodo estivo, dalla sporgenza del tetto oppure attraverso l'ombreggiamento delle finestre mediante tende esterne.

Impianto di ventilazione con recupero di calore

Negli edifici energeticamente efficienti è necessario da un lato ridurre le dispersioni termiche dovute alla ventilazione, dall'altro l'abitazione deve essere sufficientemente ventilata. Nelle case passive l'apporto di aria fresca viene garantito da impianti di ventilazione controllata, che nello stesso tempo possono essere utilizzati come fonte di calore in sostituzione del riscaldamento convenzionale: essi sono infatti provvisti di uno scambiatore di calore che consente un recupero di calore molto efficiente. Una quantità costante di aria esterna viene aspirata e fatta passare attraverso un filtro (possono anche essere installati speciali filtri antipolline per chi soffre di allergie), quindi fatta confluire allo scambiatore di calore. Contemporaneamente allo scambiatore di calore viene condotta anche l'aria viziata aspirata dal bagno e dalla cucina: l'aria in entrata e quella in uscita vengono qui incanalate in due circuiti tangenti ma non comunicanti, in modo che il calore dell'aria in uscita venga ceduto all'aria fresca. Se ad esempio la temperatura dell'aria esterna è di 0°C e quella dell'aria in uscita di 20°C , attraverso lo scambiatore di calore l'aria fresca viene portata a circa 18°C [Graf 2003]. Poiché i due flussi d'aria sono completamente separati, non si verifica alcuna miscelazione. L'aria esterna, filtrata e riscaldata, viene quindi immessa negli spazi abitativi.

Per un ulteriore risparmio di energia, l'aria esterna prima di essere immessa all'interno dell'abitazione può essere condotta ad uno scambiatore di calore interrato. L'aria esterna aspirata prima di essere messa in circolazione viene immessa in un sistema di tubi lunghi da 20 a 50 metri interrati accanto e sotto la casa ad una profondità di circa un metro [Graf 2003]. A tale profondità la temperatura del suolo è relativamente costante e compresa tra 4 e 8°C per tutto l'anno, per cui

l'aria esterna può essere riscaldata ad una temperatura superiore a 0° C. Al contrario, d'estate, l'aria calda dall'esterno può essere rinfrescata sempre passando attraverso lo scambiatore di calore interrato. In caso di regime estivo, i tubi devono però essere posati in pendenza, in modo da scaricare la possibile acqua di condensa. L'effettiva convenienza di un regime estivo (l'impianto di ventilazione consuma energia elettrica) deve essere valutata caso per caso.

Le case a guadagno diretto possono fare a meno di impianti di ventilazione, cosa che si riflette positivamente sui costi di investimento, sull'energia grigia di un edificio e sui consumi di elettricità.

Riscaldamento residuo e produzione di acqua calda

casa passiva, con condizioni climatiche sfavorevoli, il carico termico massimo si attesta sui 10 W/m². Per un soggiorno di 30 m² sono quindi necessari 300 watt, che corrispondono alla capacità di riscaldamento di 10 candeline scaldavivande [Krapmeier 2004]. Questo basso fabbisogno di calore aggiuntivo può essere coperto riscaldando l'aria immessa nei locali. Questo riscaldamento successivo (postriscaldamento) è tuttavia necessario solo nei giorni con prolungate condizioni di clima coperto. Ma d'inverno, quando le giornate sono più fredde, il cielo è perlopiù sereno, perciò in questi periodi i guadagni solari sono sufficienti a mantenere una temperatura degli ambienti confortevole. Per questo motivo le case passive nelle regioni di montagna hanno meno bisogno di riscaldamento residuo rispetto alle case nelle valli, in pianura e nelle grandi città, dove nebbia e foschia riducono i guadagni solari [Graf 2003].

Nella scelta del sistema di riscaldamento aggiuntivo si dovrebbe considerare che contemporaneamente può essere scaldata anche l'acqua sanitaria. In considerazione degli effetti sul clima, della priorità alle fonti rinnovabili, della disponibilità e delle opportunità di crescita per l'economia regionale, il legno è da preferire rispetto alle altre fonti energetiche.

Un'altra possibilità consiste nel riscaldamento dell'acqua sanitaria attraverso i collettori solari. Un impianto solare ecologicamente ed economicamente ottimizzato, per una famiglia di quattro persone con un consumo medio di acqua calda, richiede una superficie di collettori di 6-8 m² e un serbatoio di 500-700 litri. Questo consente di riscaldare attraverso l'energia solare circa il 70% del fabbisogno annuale di acqua calda [Burtscher, Gmeiner e Schlader 2003].

Scelta di materiali da costruzione bioedili

In un edificio di nuova costruzione non ci si dovrebbe limitare a preoccuparsi che i materiali da costruzione e la tipologia costruttiva adottata siano rispettosi dell'ambiente e facciano risparmiare energia, ma si dovrebbero considerare anche gli effetti sulla salute dei materiali impiegati¹⁹.

I materiali da costruzione minerali, come la pietra naturale, i mattoni in terra cruda, i mattoni o i conci in pietra arenaria, hanno l'effetto di equilibrare la temperatura dell'ambiente abitativo. Immagazzinano infatti calore d'inverno e lo irradiano poi gradevolmente, mentre d'estate mantengono fresco l'interno dell'edificio. Anche materiali come legno, lana, argilla o gesso sono in grado di assorbire l'umidità in eccesso nell'aria interna, immagazzinarla temporaneamente e poi restituirla gradualmente. Questo effetto tampone è importante per avere un clima dell'ambiente equilibrato.

I materiali da costruzione naturali si distinguono anche per il basso contenuto di sostanze nocive, che invece possono essere contenute in altri materiali, in particolare negli additivi per la conservazione o nei prodotti chimici. Di solito i materiali naturali suscitano sensazioni gradevoli tra gli abitanti, anche percettivamente danno l'impressione di "sentirsi bene", sono belli da vedere e hanno un buon odore. Anche questo contribuisce in notevole misura a creare un'atmosfera confortevole e di benessere a casa propria o nel luogo di lavoro.

RISANAMENTO ENERGETICO

Un risanamento energetico ben progettato di un edificio esistente ripaga il proprietario o l'affittuario sotto molteplici aspetti. L'investimento effettuato viene velocemente ammortizzato dal risparmio sui costi di riscaldamento, inoltre con il risanamento la durata e il valore dell'immobile aumentano sensibilmente e gli abitanti o i fruitori dei locali si sentono sempre meglio in un edificio ben coibentato che in una "casa piena di spifferi".

Il risanamento di un edificio residenziale plurifamiliare costruito a Weimar/D 30 anni fa, composto da 50 appartamenti in affitto, ha portato ad un risparmio energetico di oltre il 60% [Tabella 17], mentre i costi aggiuntivi derivanti dal risanamento energetico hanno raggiunto solo il 15% dei costi complessivi. Solo grazie al risparmio dei costi energetici annuali pari a 17.000 € i costi per la maggior coibentazione si ammortizzeranno in 15 anni [Reiss]. A ciò si aggiunge l'aumento del valore dell'immobile e la maggior confortevolezza dovuta alla miglior coibentazione delle pareti e delle finestre. Un altro "effetto secondario" positivo consiste nella riduzione delle emissioni di CO₂ per circa 95 tonnellate all'anno.

Chi ben progetta è a metà dell'opera...

ristrutturazione di edifici residenziali occorre considerare molteplici aspetti: occorre provvedere alla riparazioni necessarie, l'edificio deve essere adeguato alle nuove forme di utilizzo e portato agli standard tecnici attuali. Si tratta di conciliare diverse esigenze e di tener conto di tutte le conseguenze. Spesso si presentano una serie di problemi specifici e non sempre è facile afferrare le relazioni e i collegamenti che ci possono essere tra i singoli interventi. In passato interventi di risanamento inappropriati o incompleti hanno talvolta danneggiato i fabbricati, compromettendo a lungo termine la reputazione degli interventi di risanamento energetico sul patrimonio edilizio esistente. Ad esempio l'installazione di nuove finestre a tenuta stagna in un

edificio esistente provoca la riduzione del ricambio dell'aria. Con un'aerazione insufficiente l'umidità dell'aria aumenta fino ad oltre l'80% nelle vicinanze dei ponti termici (stipiti delle finestre, punti di raccordo del tetto ecc.), negli angoli formati dalle pareti esterne e dietro agli armadi [Feist, 2003]. La conseguente formazione di muffe danneggia non solo gli elementi costruttivi, ma anche la salute degli abitanti. Prima di ogni intervento di risanamento è perciò opportuno elaborare un piano complessivo, in cui i singoli interventi vengono coordinati e sottoposti ad un'attenta analisi costi-benefici. Con un procedimento graduale si devono programmare i singoli interventi, in modo da non compromettere nulla per il futuro.

Identificare i punti deboli

Il primo passo consiste sempre nel determinare l'indice energetico di un edificio. Se è superiore a 80 kWh/m²a, si dovrebbe avviare una ricerca delle cause e individuare quali sono i punti deboli dell'edificio.

L'ammontare del fabbisogno di riscaldamento è in buona misura determinato dalle dispersioni di calore attraverso l'involucro dell'edificio (pareti esterne, tetto, pavimento, cantina, finestre e ponti termici). Con l'aiuto di riprese termografiche si possono identificare con precisione i punti deboli, in particolare i ponti di calore. Il coefficiente U di tetto, pareti e finestre può essere determinato da un tecnico. Con l'aiuto di appositi programmi viene quindi elaborato un bilancio energetico di tutto l'edificio e viene quantificata la percentuale di dispersione energetica di ciascuna componente edilizia. Si può così procedere ad interventi mirati volti a ridurre le dispersioni termiche individuate.

Misure di risanamento delle specifiche componenti edilizie:

Cantina e mura appoggiate al pendio

Poiché durante l'inverno la temperatura del suolo è sempre più alta della temperatura dell'aria esterna, la dispersione termica di una parte di fabbricato a contatto

del suolo risulta di solito inferiore rispetto ad una parete esterna al di sopra del terreno. Tuttavia, nelle pareti a contatto del terreno poco o per nulla isolate si formano facilmente umidità o muffe, con relativi danni. Nel caso si renda necessario eliminare l'umidità, si raccomanda comunque di intervenire con un isolamento dall'esterno. L'applicazione di un isolamento interno è molto meno onerosa, ma anche molto meno efficace, perché in tal modo non è possibile ridurre significativamente i ponti termici che si formano nei punti di raccordo tra pareti, pavimento e tetto [Burtscher, Gmeiner e Schlader 2003].

Involucro edilizio

In generale si può affermare che solo con una coibentazione delle pareti dall'esterno è possibile raggiungere lo standard di risanamento di una casa passiva. Questo perché singoli ponti termici scarsamente coibentati, come ad esempio i bordi di solette e soffitti, possono essere completamente eliminati con l'applicazione di uno strato isolante dall'esterno, mentre questo non è possibile con un isolamento termico interno. Un altro svantaggio dell'isolamento interno è una certa riduzione degli spazi interni. Una coibentazione dall'interno di 25 cm provoca ad esempio mediamente una diminuzione dell'area abitabile di circa 10 m² [Pregizer, 2002]. Se tuttavia non fosse possibile intervenire con un isolamento dall'esterno, per motivi di tutela dei beni architettonici o per mancanza di spazio (le case costruite molto vicine ai confini, con l'applicazione di un isolamento esterno possono talvolta superare la distanza minima dal confine), anche con una coibentazione dall'interno il fabbisogno di riscaldamento può comunque essere ridotto fino a 60 kWh/m²a [Feist, 2003].

Tetto

Poiché l'aria calda sale verso l'alto, l'insufficiente coibentazione di soffitte e sottotetti è responsabile della maggior parte della dispersione termica di un edificio. Il metodo più semplice per un risanamento termotecnico di un tetto è l'inserimento di uno strato isolante tra la struttura portante esistente (correntini), utilizzando tutto lo

spazio disponibile tra i correntini. Tuttavia, poiché i correntini stessi hanno un'elevata conduttività termica, e sono quindi dei ponti termici, dovrebbero essere anch'essi isolati. Se i correntini non sono troppo alti, si può collocare un secondo strato isolante al di sotto di essi. In tal modo si ottiene un isolamento termico senza ponti termici, anche se questo comporta una certa perdita di spazio.

Negli edifici con sottotetto freddo, il pavimento dell'ultimo soffitto al di sotto del tetto rappresenta la chiusura superiore dell'involucro edilizio e deve perciò essere isolato. La soluzione migliore è qui l'isolamento del pavimento della soffitta, valutando prima se si vuole avere un isolamento calpestabile, per poter eventualmente utilizzare la soffitta.

Pavimento

Di solito d'inverno la temperatura in cantina è da 10 a 15° C inferiore rispetto ai locali abitati. Perciò la cantina sottrae calore agli ambienti riscaldati. Un isolamento termico della parte superiore del soffitto della cantina (cioè del pavimento del pian terreno) è da considerare opportuno solo se si procede ad un rifacimento complessivo del pavimento. Occorre però considerare che viene così modificata l'altezza dei locali, in particolare delle porte e delle alzate dei gradini. Normalmente l'isolamento termico viene applicato sulla parte inferiore del soffitto della cantina. A parte una riduzione dell'altezza dei locali della cantina, non si presentano particolari svantaggi. Con questa soluzione tuttavia le pareti esterne della cantina vengono a formare ponti termici a cui si può ovviare solo parzialmente con la coibentazione delle pareti esterne.

Finestre

Le finestre dovrebbero avere un coefficiente U compreso tra 0,7 e 0,8 W/m²K e, se possibile, non essere divise in parti più piccole da traverse, perché gli infissi e il telaio diminuiscono l'efficacia della coibentazione. Si dovrebbe sempre verificare se è possibile un ampliamento della superficie delle finestre rivolte a sud, in modo

da incrementare l'apporto solare. Gli infissi dovrebbero essere installati in modo da essere compresi all'interno della superficie isolante. La coibentazione dei telai delle finestre riduce le dispersioni termiche nei punti di raccordo tra telaio e parete.

Misure di risanamento dell'impiantistica domestica:

Riscaldamento

Dopo 15-20 anni di attività è quasi sempre ragionevole la sostituzione della caldaia. Nell'occasione, se possibile, si dovrebbe considerare l'opportunità di passare ad un riscaldamento a legna. Nella maggior parte dei casi, a condizione che la canna fumaria sia sufficientemente ampia, una vecchia caldaia a gasolio può essere sostituita senza problemi con una caldaia a pellet. Ma negli ultimi anni ha compiuto enormi progressi anche la tecnica di combustione delle caldaie a legna. Con una caldaia di nuova generazione si ottiene un risparmio energetico fino al 40% e una riduzione dell'emissione di sostanze inquinanti fino al 90% [Burtscher, Gmeiner e Schlader 2003].

Hanno un rapporto particolarmente svantaggioso le caldaie policombustibili: esse non sono in realtà in grado di bruciare in modo efficiente e rispettoso dell'ambiente né l'uno né l'altro combustibile. Di solito le vecchie caldaie sono sovradimensionate, cosa che ne peggiora il rendimento e ne riduce la durata [Burtscher, Gmeiner e Schlader 2003]. Dal momento che con gli interventi di risanamento il fabbisogno termico di un edificio si riduce sensibilmente, la nuova caldaia deve essere attentamente calibrata sulle reali necessità della casa.

Produzione di acqua calda

Se viene sostituito l'impianto di riscaldamento, sarebbe opportuno adottare una caldaia con accumulo incorporato, cioè che produca anche l'acqua calda sanitaria e, a differenza delle caldaie istantanee, la immagazzini in un serbatoio. La soluzione ideale sarebbe collegare il serbatoio ad un collettore solare, in modo da scaldare l'acqua d'estate e preriscaldarla nelle mezze stagioni, così da ricorrere alla caldaia solo

d'inverno. La produzione di acqua calda mediante collettori solari è tecnicamente matura e i collettori possono essere posizionati in diversi punti. Eventuali divergenze rispetto all'esposizione ideale a sud e dall'ideale angolo di inclinazione di 40° non hanno un'influenza particolarmente rilevante, come spesso si ritiene. Fino ad un 10% di divergenza dall'angolo di inclinazione ottimale si ha una riduzione del rendimento di circa il 3-4%. Anche un orientamento a ovest o ad est riduce il rendimento annuale del collettore solare solo di un 20-25% [Burtscher, Gmeiner e Schlader 2003].

Se l'installazione di un impianto termico solare non è possibile, d'estate l'acqua calda potrà essere prodotta elettricamente, con un normale boiler elettrico, oppure, nel modo energeticamente più efficiente, mediante una pompa di calore. Un serbatoio per l'accumulo di acqua calda ben coibentato ha una perdita di calore di solo 1-2° C al giorno. Deve perciò essere riscaldato solo per un massimo di due volte al giorno. A questo punto è ragionevole collegare al serbatoio dell'acqua calda anche lavatrice e lavastoviglie, riducendo così i costi energetici complessivi, come anche i depositi di calcare.

In un intervento di risanamento si dovrebbe dare la priorità a materiali da costruzione regionali prodotti con materie prime rinnovabili, rispetto a materiali meno favorevoli per quanto riguarda il contenuto di energia grigia. In caso di sostituzione dell'impianto di riscaldamento sarebbe opportuno orientarsi a combustibili rinnovabili.

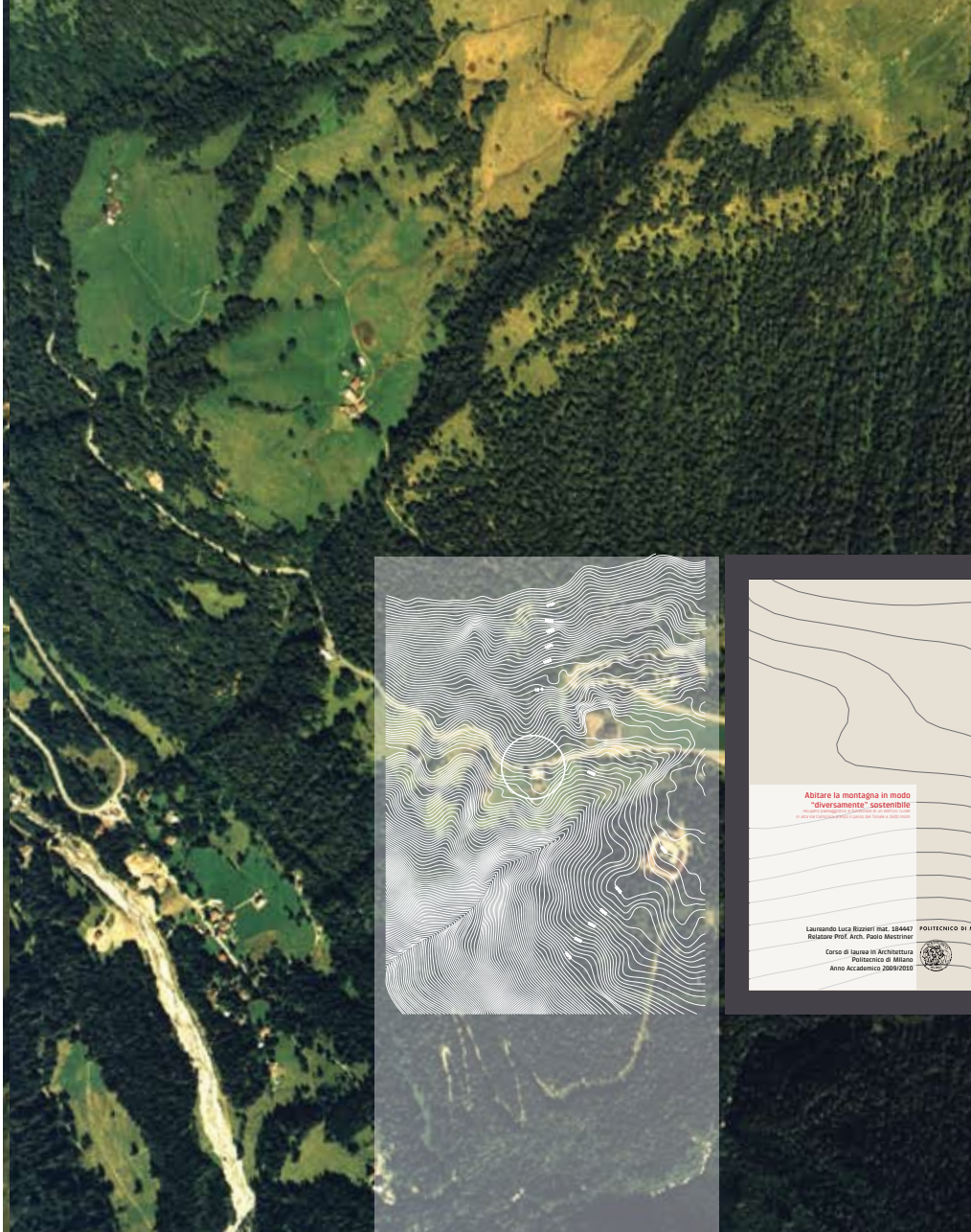
Impianto di ventilazione

Dopo la sostituzione delle finestre con una chiusura difettosa e scarsamente permeabile e la realizzazione di un involucro edilizio ben coibentato e impermeabile, è necessario arieggiare manualmente i locali più spesso per eliminare l'umidità dell'aria. Poiché ciò richiederebbe un cambiamento delle abitudini degli abitanti, è quasi sempre indispensabile l'installazione di un impianto di ventilazione. Mediante un impianto di ventilazione con recupero di calore si può ridurre ulteriormente il fabbisogno termico dell'abitazione. In particolare lungo strade molto trafficate, l'afflusso di aria fresca attraverso un impianto di ventilazione può migliorare notevolmente il comfort

dell'ambiente domestico o del luogo di lavoro.



ALLEGATI -GLOSSARIO BIBLIOGRAFIA -RISORSE



**Abitare la montagna in modo
"diversamente" sostenibile**

in dialogo con l'architettura e il paesaggio del territorio

Laureando Luca Rozzi (mat. 184447)
Relatore Prof. Arch. Paolo Mastromeo
Corso di laurea in Architettura
Politecnico di Milano
Anno Accademico 2009/2010

POLITECNICO DI
MILANO





CÀ PRETOR di Edo Curni

Era isolata fuori dal paese, sulla strada verso l'ovile dove gli stabi e i fienili segnavano il confine ai pascoli. I suoi fratelli la architettono l'archi che, da quando era morto il vecchio padre, l'avevano lasciata in comodato al "Mandi" un malghiese, famoso per la sua sporcizia. Macchia, cacchia, mala stalla, fienile e camera senza soluzione di continuità.

Danza onirica del fieno e del latte.

Per questo aveva costruito una casa con un balcone, solo una volta, quando il suo "Mandi" gli aveva parlato del ritorno in paese, rivedendola la casa, rivedendo il paese.

L'avevo incontrata la banda degli altri piccoli pastorelli suoi amici. Sforzi di gioco, un'aria sardonica con il naso e il pelo fatisco di pascolo. La bolla esportava alla famiglia dai tempi del ritorno dal fieno del suo biadone.

Sua padre possiede le stalle della sua vecchiaia in quel posto.

Ma c'era il fascio di qualcosa a venire, che inconsapevolmente ancora non aspettava a desiderare il possesso.

Era il figlio più giovane e il suo vecchio, nelle scarse conversazioni, quelle così sempre all'inevitabile promessa.

Per averne finalmente in eredità, rinunciò ai fratelli la sua parte, gli nel centro abitato.

Il paese stava ormai diventando sempre più ostaggio dei villeggianti pendendo la propria identità culturale.

Il paese era un luogo, un'esperienza per i suoi due protagonisti. La desidero per pezzi.

Lei non si scompone. Tatta un'istata, con l'aiuto della sua insuperabile compagnia, fece pulita.

Danzava e cantava di stacco di musica. Fattura furtiva per Forte che disegna dietro la laghina.

Per tutto lo stile era invece fatto il pastore o, se la verità, non era un granchio nei lavori artigianali.

Neppure coltiva. Ricordo che porta degli emmentaleri amici che si improvvisano mucconi, stralisci, imbottitura.

Chi non poteva andare materialmente mondo materico.

Un mucchio di venditori pezzi che fanno lavoro del "fazzoletto" dalla bolla. Il compratore di ceramiche varesine trova posto nel pavimento delle prime due camere sempre sopra la stalla.

Pazzi di "Marmo Classico di Biottoni" piaccionerono la ex stalla. A impazzire ricordo, i lavori d'ornati, mentre la signa ENO. L'ora sta anche per

Porte e infissi scurati, nella ristrutturazione di cose signori di villeggianti (perché quella di famiglia dal futuro passa braccucci) saranno recuperati.

È un'istata.

Carte alcuni accostamenti erano un po' stridenti, ma sicuramente funzionali. Che stiva, la linea di cretola, davanti a un buon bicchiere di "Biottoni", una da tanto sono ebbe un'illuminazione.

Mancherà la camera materica?

Detti fatti, il 21 ed un mese (con i 16 solari e con il permesso stragugato ai dirigenti ENO) di costruzione in paese.

Molti furono le trasformazioni negli anni successivi.

Ma ancora più interessante erano le persone che passavano e trovavano casa in pianta.

Un pezzo di pane, formaggio salame e una ciotola di vino c'era per tutti. Anche per gli sconosciuti. Ed ognuno lasciava qualcosa di suo.

Una sera di tempesta si formò un vicinato che trovava un bicchiere con la maniglia, imbroccata di fieno ed acqua.

Scendeva un vicinato.

Ci fu dato un pezzo di minestra calda e rifugio per la notte.

Ritornò per due giorni soltanto nella funzione domestica.

Alla partenza avevo la sua identità, era un direttore d'orchestra di Prege in vacanze (conoscendo per l'Europa. Conoscendo per quell'identità esportativa).

Un'altra volta verso un giorno faticoso che aveva lasciato la vettura in panne.

Si fermò solo la notte esultando del fatto essere nel camino.

Tardi e tardi sarebbero gli spacci da raccontare.

Detti dire che è bello, dal 21 passato, si rimbombò ai margini della strada per far tornare il primo passante e rimbombò in compagnia.

Quando passava qualcuno di ripiglio, lui e il moglie, gli lasciavano la "manera bella" e andavano a dormire sul fieno.

Alcuni furono ne approfittarono e gli amici e altre gliele lasciavano presente.

Presi gli importanti, anzi rimbombò con una delle sue "frasi celebri": "Tu ho dato. Poi ho ricevuto".

Nel terzo pomeriggio notte, dopo il lavoro, siamo consumare stesso nella sua parte di nuovo nel prato adattare la casa.

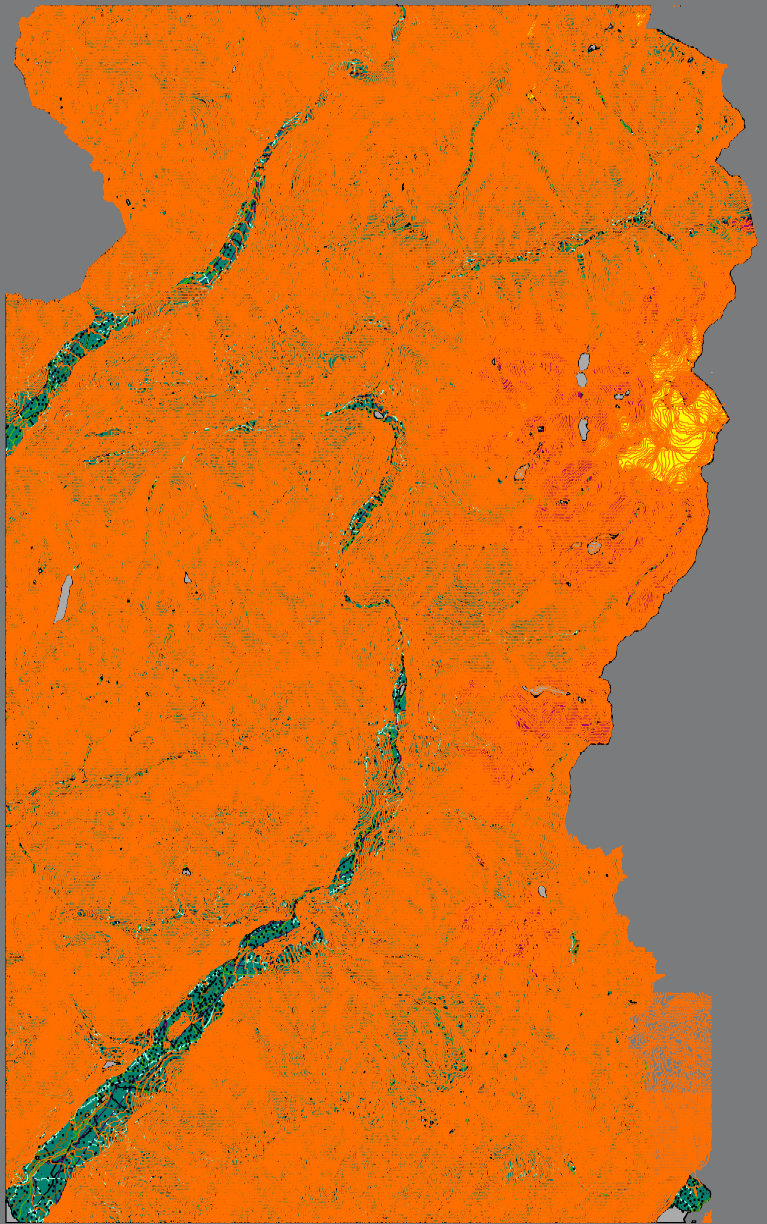
Con i soldi che gli illuminava il volto prima di tramontare sulla vallata.

Lo fu in quel prato, nella sua stessa estate, che sentì la ultima pioggia di quel luogo tanto caro prima del lungo viaggio verso la pianura. Visto l'azienda. Visto il paese.

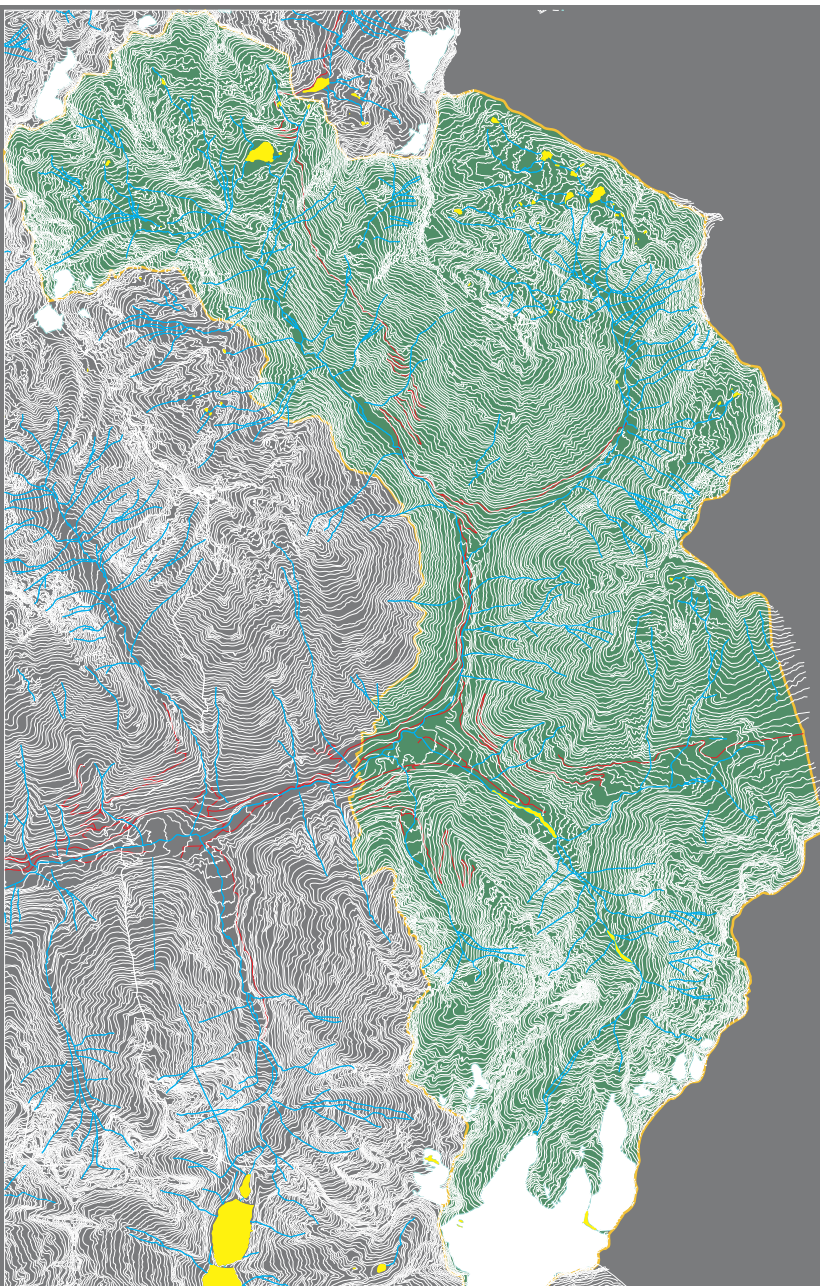
Ritorno alla moglie ed ai figli disse: "Non dimenticarti il fieno!".

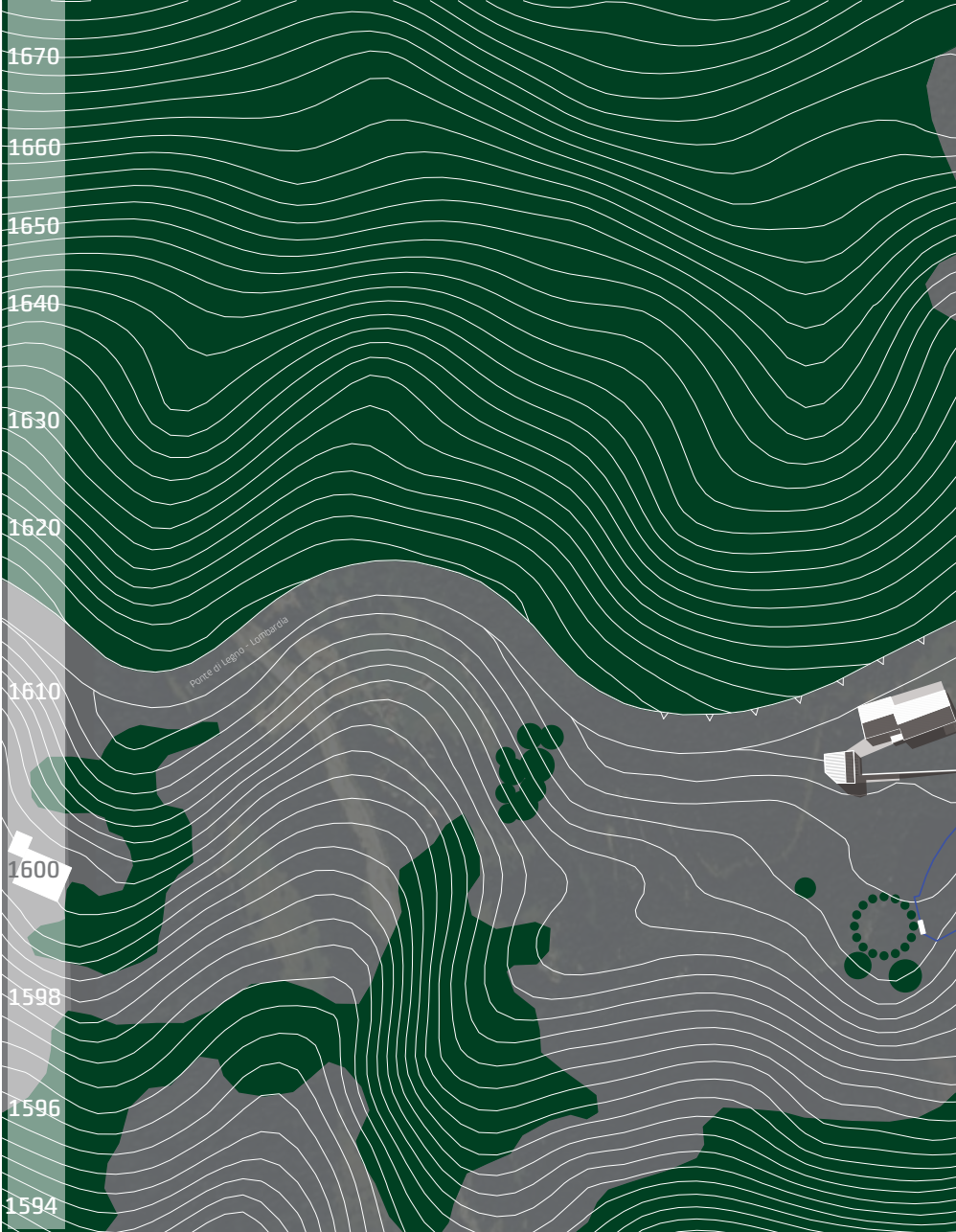
Si chiamava Edo.

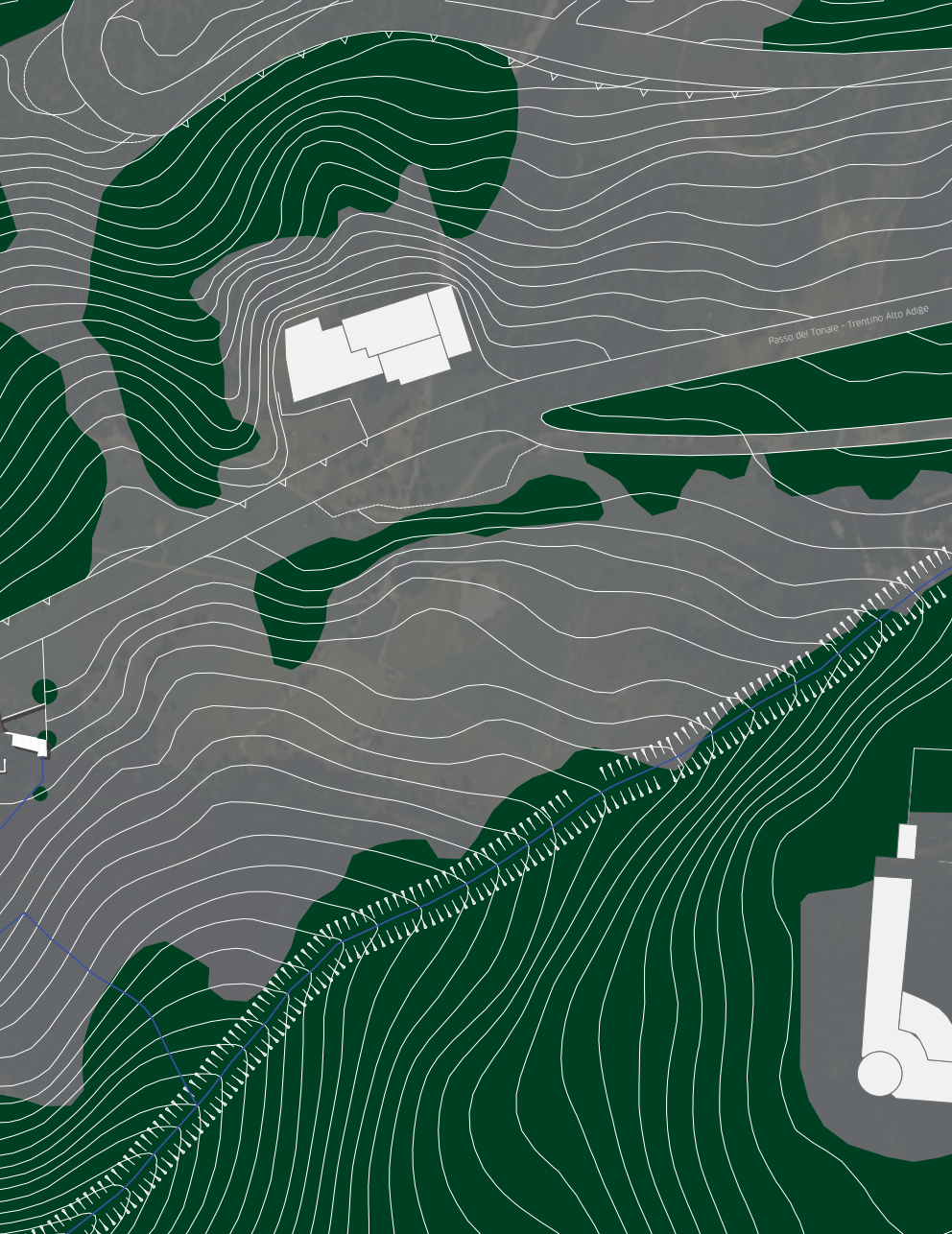
Era suo padre.

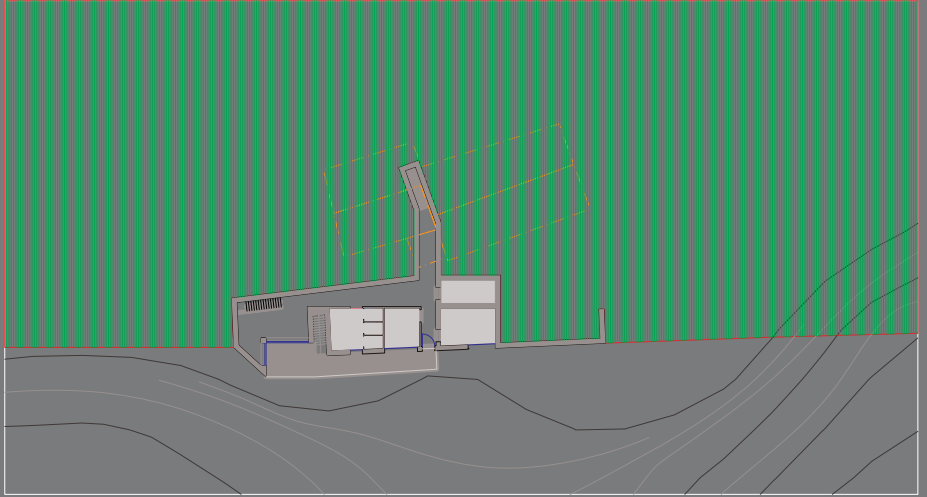


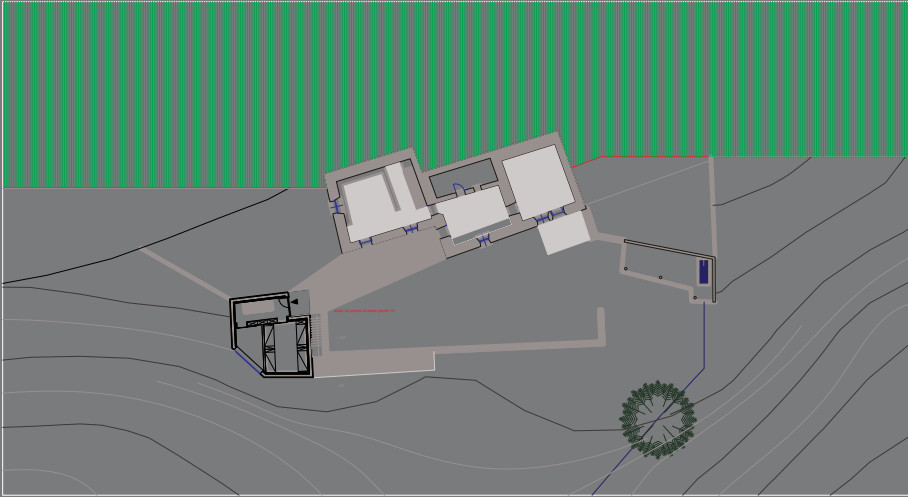
AA
09
10



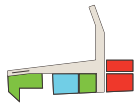




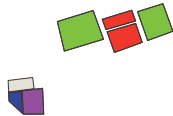




Piano Terra quota 000

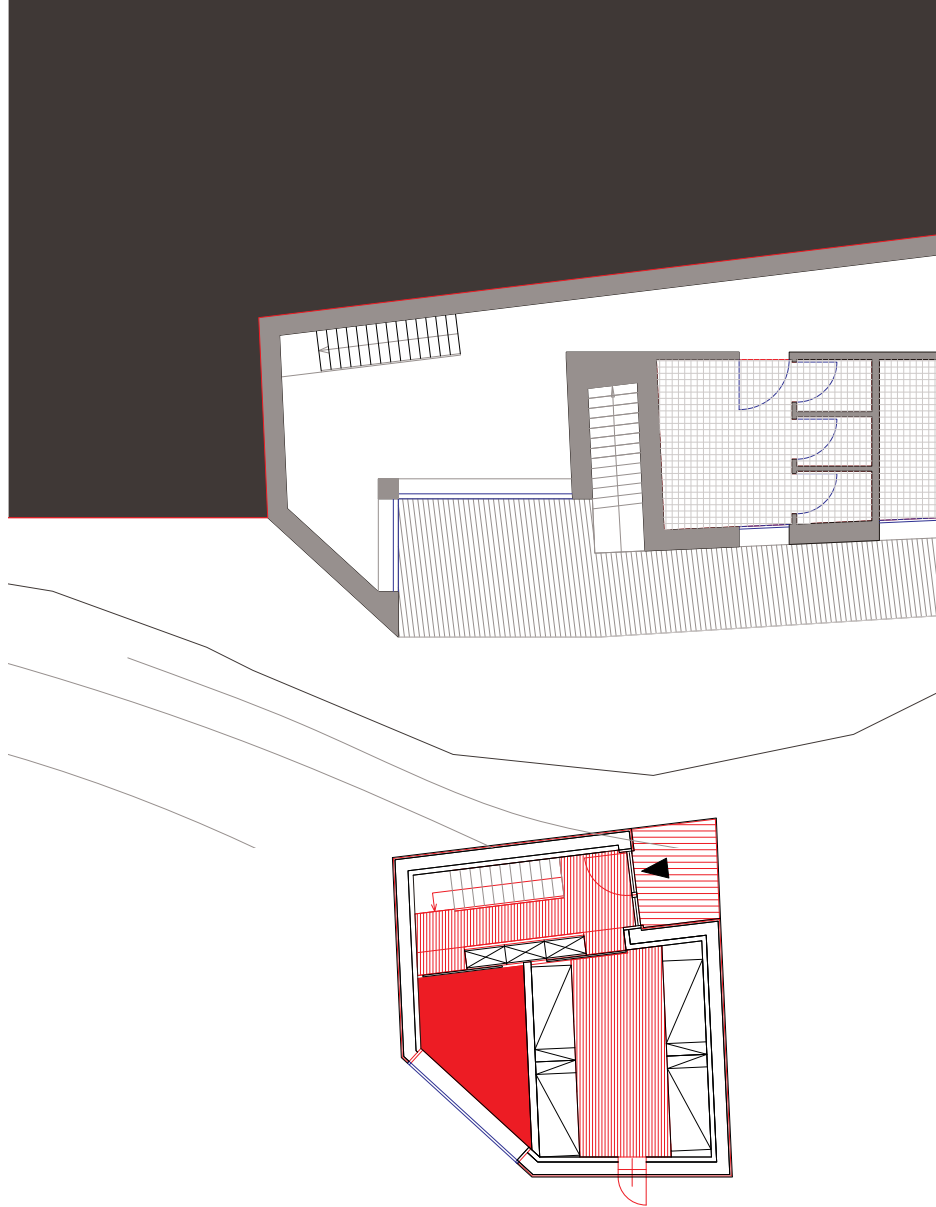


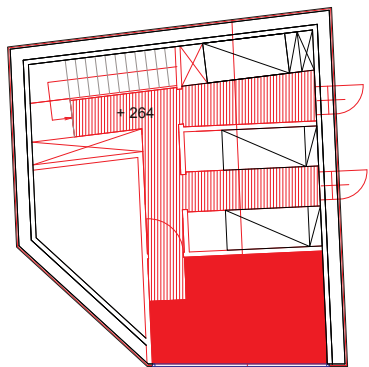
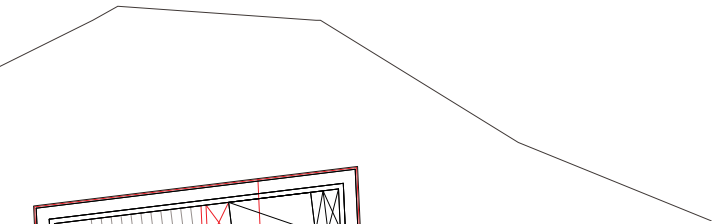
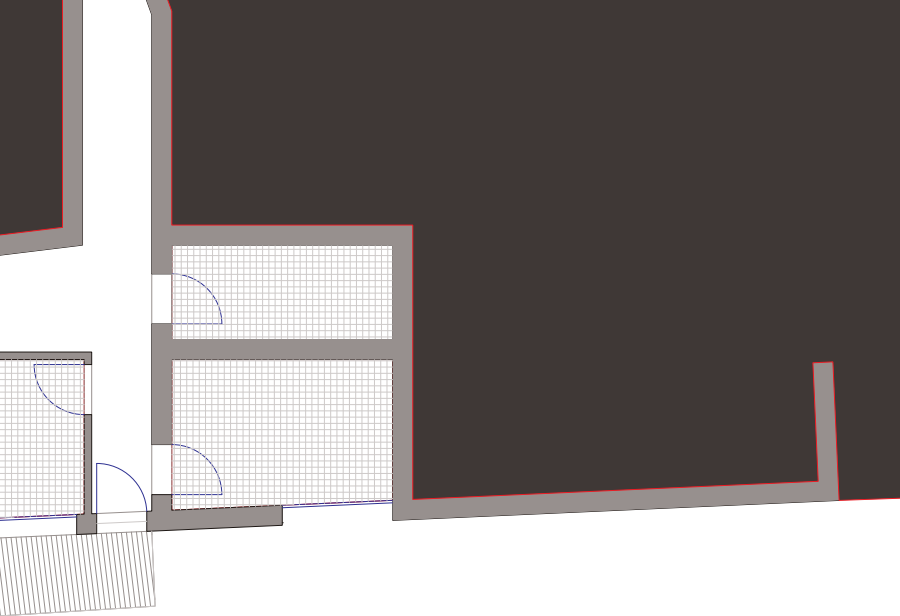
Piano Terra quota 000



Piano Terra quota 000









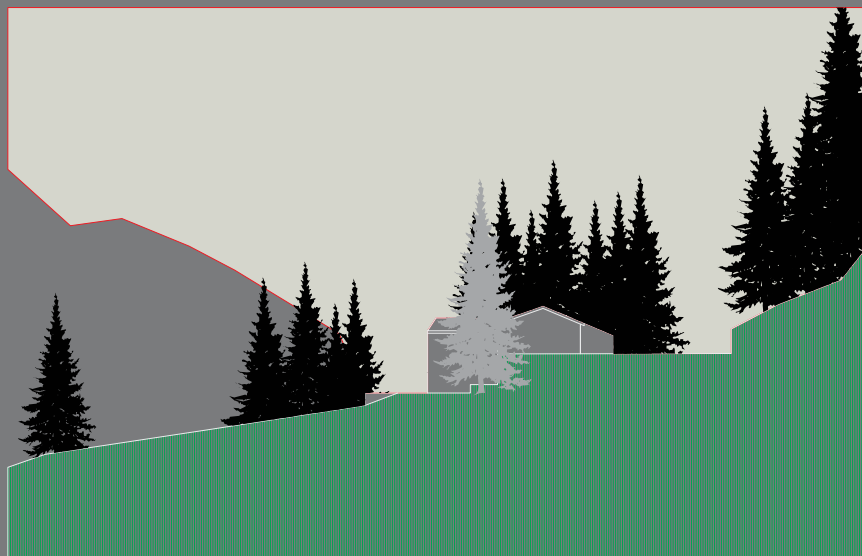
Prospetto Sud - Gruppo Adamello



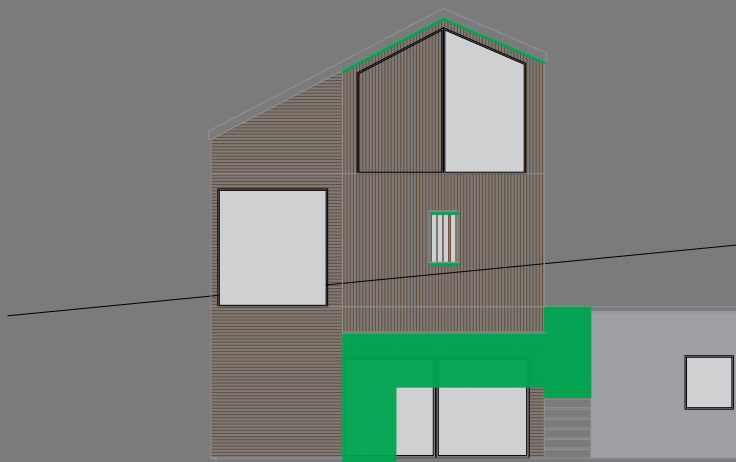
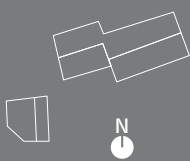
Prospetto Nord



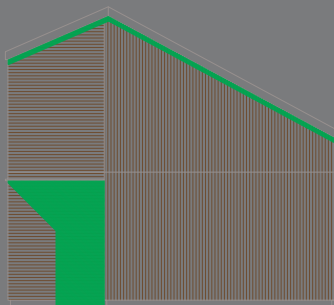
Prospetto Est - Passo del Tonale



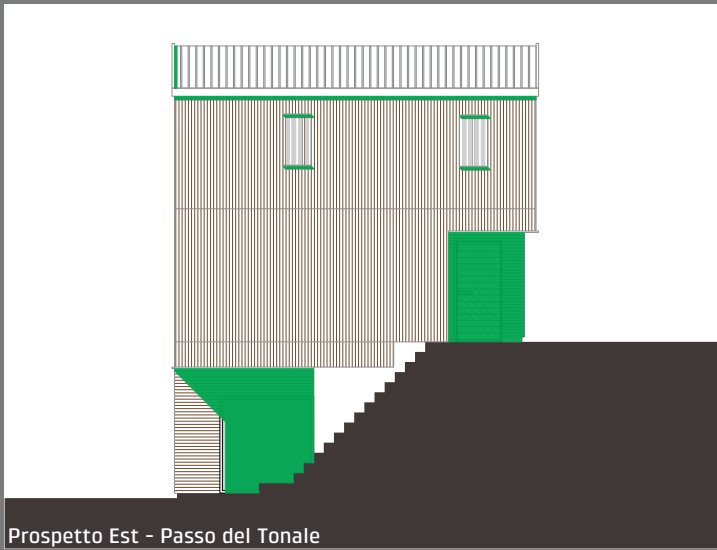
Prospetto Ovest - Ponte di Legno



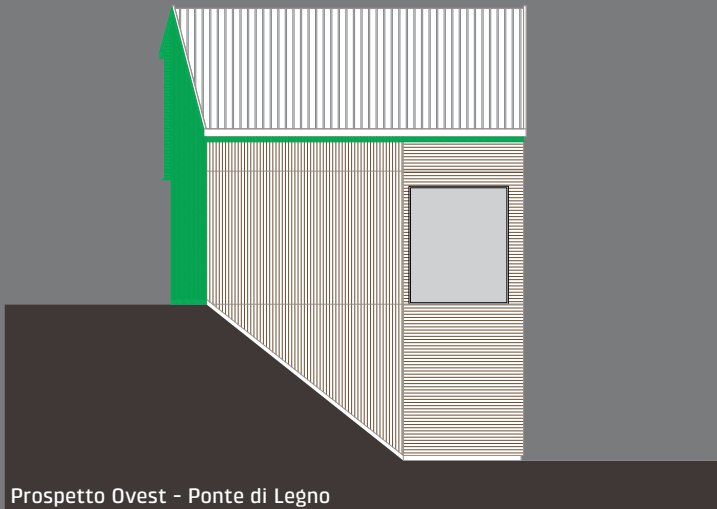
Prospetto Sud - Gruppo Adamello



Prospetto Nord



Prospetto Est - Passo del Tonale



Prospetto Ovest - Ponte di Legno

GLOSSARIO TECNICO

Barriera al vapore

Consiste in uno strato di materiale impermeabile ai liquidi che impedisce che il vapore acqueo proveniente dagli ambienti interni penetri fino allo strato di isolante termico, perché qui condensando lo bagnerebbe danneggiandolo gravemente. Come barriera al vapore, o antivapore, vengono utilizzati speciali fogli di materiale sintetico o cartone catramato, ma anche pannelli legnosi, che vanno applicati sulla coibentazione verso l'interno dell'edificio. È indispensabile un'applicazione completa e senza lacune. Nello stesso tempo una barriera al vapore può anche essere impiegata per ottenere una tenuta ermetica all'aria.

Bioarchitettura

È una disciplina che si occupa a livello interdisciplinare del rapporto tra uomo e ambiente costruito e in particolare dell'influenza dell'ambiente costruito sulla vita in generale.

Cavicchio

Il cavicchio o spina è un cilindro in legno duro, normalmente di faggio, di diametro variabile tra 6-8-10-12 o più millimetri e di lunghezza dai 20 ai 40 o più millimetri. Viene utilizzato nei manufatti in legno.

Carico termico

Il carico termico quantifica la quantità di energia necessaria per riscaldare a sufficienza un locale nel giorno più freddo dell'anno. L'indicazione viene espressa in Watt al metro quadro [W/m²].

CO₂

Il biossido di carbonio (o anidride carbonica) è un gas che viene generato da ogni processo di combustione. Ogni tipo di combustione consuma ossigeno e produce CO₂ liberando energia. La CO₂ è una componente naturale dell'atmosfera e, insieme ad altri gas serra, impedisce che venga respinta nello spazio una quantità ec-

cessiva di calore, garantendo così il mantenimento sulla terra delle temperature necessarie alla vita. Negli ultimi decenni attraverso le attività umane la concentrazione di CO₂ è aumentata fortemente, raggiungendo livelli che fanno temere un riscaldamento globale del clima. Le piante nella fase di accrescimento assorbono CO₂ dall'atmosfera e la immagazzinano in forma di legami di carbonio. Gli alberi, per la loro longevità, sono degli eccellenti assorbitori di CO₂.

Coefficiente di conduttività termica U

Il coefficiente U (in passato coefficiente K) indica la quantità di calore che attraversa una superficie pari a 1 metro quadro, quando tra i due ambienti si ha una differenza di temperatura di 1° C o Kelvin [K]. Tale coefficiente si esprime in Watt per metro quadrato e Kelvin [W/m² K]. Quanto più basso si mantiene tale valore, tanto migliore risulta la coibentazione e tanto meno calore viene quindi disperso.

Coefficiente di trasmittanza termica

Misura della capacità di una struttura (ad esempio di una componente edilizia, una parete in mattoni, intercapedini, tetto in legno, tegole, coibentazione ecc.), di trasmettere calore; indica la quantità di calore che passa attraverso un metro quadrato di superficie quando tra i due ambienti si ha una differenza di temperatura di 1 K. Unità di misura: Watt per metro quadro e Kelvin [W/m² K]

Coefficiente g

Il coefficiente G definisce la permeabilità energetica complessiva di vetrate o finestre e indica la percentuale di luce solare che penetra attraverso una superficie trasparente. Quanto maggiore il coefficiente G, tanto maggiore risulta l'apporto luminoso e il guadagno termico. Con una moderna vetratura con lastra a tre pareti questo valore è dello 0,8. Questo significa che l'80% dell'energia solare incidente penetra all'interno dell'edificio.

Costruzione traspirante

Viene definita traspirante una costruzione che lascia fuoriuscire vapore acqueo e gas, è cioè il contrario di una barriera al vapore. Nelle costruzioni traspiranti

di solito non si forma acqua di condensa, in quanto sono dotate di un'elevata capacità di evaporazione, garantendo così condizioni di sicurezza a tutto l'edificio. Maggiori quantità di vapore, prodotto ad esempio cucinando o facendosi la doccia, possono tuttavia essere eliminate più efficacemente mediante la ventilazione dei locali. Regola generale: finché uno specchio situato nello stesso locale in cui si trova la fonte del vapore si appanna, anche solo leggermente, l'umidità dell'aria è troppo elevata e occorre aerare i locali.

Effetto serra

L'anidride carbonica e altri gas presenti nell'atmosfera sono quasi totalmente trasparenti per la luce visibile (radiazioni a onde corte), essi assorbono però le radiazioni infrarosse. Il loro effetto è come quello di un filtro permeabile in una sola direzione, poiché lasciano filtrare la luce visibile fino alla superficie terrestre, ma assorbono le radiazioni infrarosse emesse dalla terra dopo la trasformazione delle radiazioni a onde corte in radiazioni infrarosse.

Emissione

Espulsione di sostanze nell'atmosfera. Il punto in cui si verifica la fuoriuscita di sostanze viene definito sorgente dell'emissione. Il concetto di emissione definisce sia la sostanza che fuoriesce sia la sua quantità. Può anche essere utilizzato in relazione a rumore, calore ecc.

Energie rinnovabili

Energie ottenute da fonti che in una prospettiva umana non rischiano di esaurirsi, cioè si rigenerano costantemente, ad esempio l'energia solare, idroelettrica, eolica, l'energia ottenuta da vegetali (legno, biogas), l'energia geotermica.

Energie fossili

Energia che si è formata milioni di anni fa da sostanze organiche nel sottosuolo e giace immagazzinata al di sotto della crosta terrestre sotto forma di idrocarburi di diverso tipo (petrolio, gas naturale, carbone). Questa energia non è rinnovabile e non può essere riprodotta. La combustione di tali sostanze provoca un aumento

di CO₂ nell'atmosfera.

Fabbisogno energetico di riscaldamento / Fabbisogno termico

È il fabbisogno di calore di un edificio calcolato durante la stagione fredda. Non è compresa l'energia necessaria per la produzione di acqua calda. L'indicazione viene espressa in kilowattora all'anno [kWh/m²a].

Forme di consumo energetico

Si distinguono fondamentalmente tre forme di consumo energetico: viene definita "energia primaria" l'energia nella forma in cui è disponibile in natura, ad esempio il petrolio greggio. Dall'energia primaria attraverso un processo di trasformazione si ottiene la cosiddetta "energia finale". Così, ad esempio, nelle raffinerie dal petrolio greggio si ricava il gasolio, dalla segatura pressata i pellets e l'energia idraulica viene trasformata in energia elettrica. La trasformazione in energia finale comporta una perdita di energia di diversa entità in base alle fonti energetiche impiegate. Ad esempio nella trasformazione di energia primaria in energia elettrica e nella sua distribuzione vanno persi circa due terzi del contenuto energetico originario. La forma in cui l'energia viene effettivamente utilizzata dai consumatori come calore o luce viene definita "energia utile". Essa viene ricavata dall'energia finale sul posto dal consumatore, cioè ad esempio dal gasolio. Nel caso del riscaldamento questo significa la conversione del gasolio in calore mediante una caldaia. Anche in questo caso una parte del contenuto energetico non viene utilizzata e va persa come dispersione termica.

Impermeabilità all'aria

Per la funzionalità di un edificio energeticamente efficiente è importante che l'involucro edilizio sia ermetico all'aria, cioè che non si verifichino infiltrazioni d'aria tra l'interno ed l'esterno dell'edificio. In sede progettuale si dovrà perciò prevedere uno specifico progetto per la tenuta ermetica che consideri l'intero involucro edilizio, compresi tutti gli allacciamenti per gli impianti e i fori che si renderanno necessari. Poiché l'applicazione di ogni tassello e ogni presa di corrente interrompe l'impermeabilità dell'involucro, si è affermata la pratica di predisporre un livello

interno per le installazioni, in cui vengono posati tutti i cavi e le condutture.

Indice energetico (Ien)

Così come per le automobili viene indicato il consumo di carburante necessario per percorrere 100 km, il fabbisogno energetico di riscaldamento di un edificio può essere espresso in kilowattora per metro quadrato di superficie energetica di riferimento all'anno [kWh/m²a].

Indice energetico termico

Secondo lo standard edilizio MINERGIE, diffuso in Svizzera, l'“indice energetico termico” oltre al consumo energetico per il riscaldamento dei locali comprende anche il consumo di energia necessario per produrre acqua calda e per azionare l'impianto elettrico di ventilazione. Un confronto diretto tra indice energetico termico e indice energetico non è quindi possibile.

Pellet

I pellet di legno vengono prodotti pressando scaglie di legno sminuzzate e segatura senza aggiunta di collanti in piccoli cilindri. Sono più o meno della dimensione di un filtro di sigaretta e per il loro scarso contenuto d'acqua hanno un elevato potere calorifico. I pellet possono essere confezionati in sacchi oppure essere trasportati sciolti su camion fino al consumatore. Le caldaie (o stufe) si accendono automaticamente e la capacità di riscaldamento si può regolare comodamente attraverso un termostato. Grazie all'utilizzo dei pellet, viene aperto uno sbocco di mercato completamente nuovo per scarti di legno. In particolare nelle aree residenziali urbane, dove lo stoccaggio della legna da ardere è problematico, i pellet rappresentano una valida alternativa.

Ponti termici / Ponti di calore

I ponti termici sono settori dell'involucro dell'edificio in cui, rispetto alle componenti edilizie circostanti, si verifica una dispersione di calore particolarmente elevata. Di solito questo accade nei punti di raccordo tra diversi elementi costruttivi o in posizioni d'angolo, punti in cui il rivestimento termoisolante dell'edificio si interrom-

pe o si indebolisce, per cui si ha una maggiore dispersione termica. Un classico ponte termico è rappresentato dalla soletta in calcestruzzo dei balconi oppure dall'architrave delle finestre in cemento armato.

Superficie energetica di riferimento (SER) / Superficie di riferimento energetica (SRE, in Svizzera)

Per superficie energetica di riferimento si intende la superficie di tutti i locali riscaldati; in Austria, Svizzera e in Italia sono compresi anche i muri perimetrali ("superficie utile lorda"), mentre in Germania solo l'area calpestabile senza considerare lo spessore delle pareti perimetrali ("superficie utile netta"). Nel confronto tra indici energetici svizzeri e tedeschi, ad esempio, occorre perciò calcolare un aumento del 15% dei dati di provenienza svizzera.

Tasso di ricambio dell'aria

Il tasso di ricambio dell'aria indica il tempo necessario per la totale sostituzione del volume d'aria contenuto in un locale e si esprime in termini di percentuale all'ora. Un tasso di ricambio dell'aria pari a 0,5 significa che l'aria di un edificio o di un locale viene completamente rinnovata ogni 2 ore.

Traspirazione

Attitudine dei materiali ad essere attraversati da vapore acqueo o gas.

BIBLIOGRAFIA TEMATICA

Architettura alpina

- AA.VV. ETH Studio Basel, Switzerland - An Urban Portrait, Birkhauser
- Spier with Tschanz, Swiss Made, Thames&Hudson
- Kunst Merano Arte, Simboli in divenire -Werdende wahrzeichen, SpringerWienNewYork
- Architecture materiales, Evergreen 2008
- Luciano Bolzoni, Abitare Molto in alto Le alpi e l'architettura, Priuli e Verlucca Editori 2009
- Colombo Garbuglio Gianazza, Villaggi delle Alpi, Idea libri 2003
- Giovanni Simonis, Costruire sulle Alpi, Tararà Edizioni 2005
- CH Architecture in Switzerland, Taschen
- Historic Houses in the Engadine - Architectural Interventions by Hans-Jorg Ruch, Steidl
- Architettura contemporanea alpina - Neues Bauen in den Alpen Premio 1999, Birkhauser Basel CH
- Architettura contemporanea alpina - Neues Bauen in den Alpen Premio 2006, Birkhauser Basel CH
- Wohn Raum Alpen/Abitare le alpi/Living in the Alps, 2010, Birkhauser Basel CH
- 2000 2006. Neue Architektur in Südtirol | Architetture recenti in Alto Adige | New Architecture in South Tyrol, SpringerWienNewYork
- Dematteis, Case contadine nelle Valli Bresciane e Bergamasche, Priuli e Verlucca Editori 1992

Paesaggio_Cammino

- Giuseppe Langella, Ascensioni Umane, Grafo Brescia
- Thoreau, Camminare, Oscar Mondadori 2010
- Matteo Meschiani, Sistemi Selvaggi, Sellerio Palermo 2008
- Mario Rigoni Stern, Uomini, boschi e alpi, Einaudi Torino 1980

- a cura di Gianfranco Bini, Lassù gli ultimi, Edizioni Virginia Pero Milano
- Jorio, Il magico, il divino, il favoloso nella religiosità alpina, Priuli e Verlucca Editori 2006

Tecnologia del legno_Risparmio energetico

- a cura di N. Lantschner, La mia casa clima, Raetia edizioni Bolzano 2009
- N. Lantschner, Casa clima, Raetia edizioni Bolzano 2008
- Biodiversità nelle Alpi Relazione annuale 2009, Cipra Internazionale
- Erwin Thoma, La natura del Legno, EdicomEdizioni 2009
- Edifici energeticamente efficienti costruiti con legno regionale nello spazio alpino, Cipra Climalp
- Materiale tecnico illustrativo della Progetto Ecosistema.
- Materiale tecnico illustrativo della Rubner.
- Materiale tecnico illustrativo della Celenit.
- Materiale tecnico illustrativo della GriffherHaus AG
- Materiale tecnico illustrativo della Monelli S.p.A.
- Materiale tecnico illustrativo della Bellotti.
- Materiale tecnico illustrativo della Gostner.
- Materiale tecnico illustrativo della Ligna construct.
- Materiale tecnico illustrativo della Haas-Hoco Italia.
- Materiale tecnico illustrativo della Zimmerhofer.
- Materiale tecnico illustrativo della Belwood.
- Materiale tecnico illustrativo della Riwega.
- Materiale tecnico illustrativo della Balken.
- Materiale tecnico illustrativo della Honka
- Materiale tecnico illustrativo della Boraschi.
- Materiale tecnico illustrativo della Binderholz.
- Materiale tecnico illustrativo della Eurorholz.
- Materiale tecnico illustrativo della Interholz.
- Materiale tecnico illustrativo della Rasom.
- Materiale tecnico illustrativo della Thomahaus.

Fotografia_Arte_Design_Scultura

- Franco Solina, Adamello, Editoriale Bresciana 2007
- Nadine Barth (hg.), Verschwindende Landschaften, DuMont Koln 2008
- Studio Olafur Eliasson, an encyclopedia Taschen 2009
- AA.VV. , Arcadia Cross-Country Style, Architecture and Design, Gestalten Berlin 2009
- Pino Veclani, 90 anni di paesaggio in cartolina. Ponte di legno e dintorni
- Pino Veclani, Terre Alte,
- Pino Veclani, Sentieri di Luce,
- Reinhold Messner, La montagna incantata, Tappeiner

Territorio Camuno

- Mario Berruti e Giancarlo Maculotti, Pastori di Valcamonica, Grafo 2001
- Walter Belotti, I segni dell'uomo, alla scoperta dell'architettura rurale nelle valli Camune del Parco Nazionale dello Stelvio, ed. Parco dello Stelvio Breno BS
- Walter Belotti, La dimora storica nel settore lombardo del Parco Nazionale dello Stelvio, ed. Parco dello Stelvio Breno BS
- Walter Belotti, Le testimonianze della Grande Guerra nel settore lombardo del Parco Nazionale dello Stelvio, ed. Museo della Guerra Bianca in Adamello Temù BS
- Gabriella Motta, Le incisioni rupestri camune, Grafo Brescia 1994
- Giuseppe Berutti, Clima e comunità alpine, Grafo Brescia 1998
- Priuli, Incisioni rupestri della val Camonica, Priuli e Verlucca Editori 2006

Adamello_Parchi Lombardi

- AA.VV. , Guida del parco dell'Adamello, ed. direzione Parco Adamello
- A cura di A.Galluccio e G.Catasta Servizio Glaciologico Lombardo, Comitato Scientifico Centrale del CAI, Ghiacciai in Lombardia, Edizioni Bolis Milano 1992
- Francesco Lonati, Alta via dell'Adamello, Editoriale Ramperto

- Walter Frigo, Parco Nazionale dello Stelvio, Editoria Trento 1985
- Carlo Artoni, Adamello Presanella, Edizioni Manfrini

RISORSE WEB

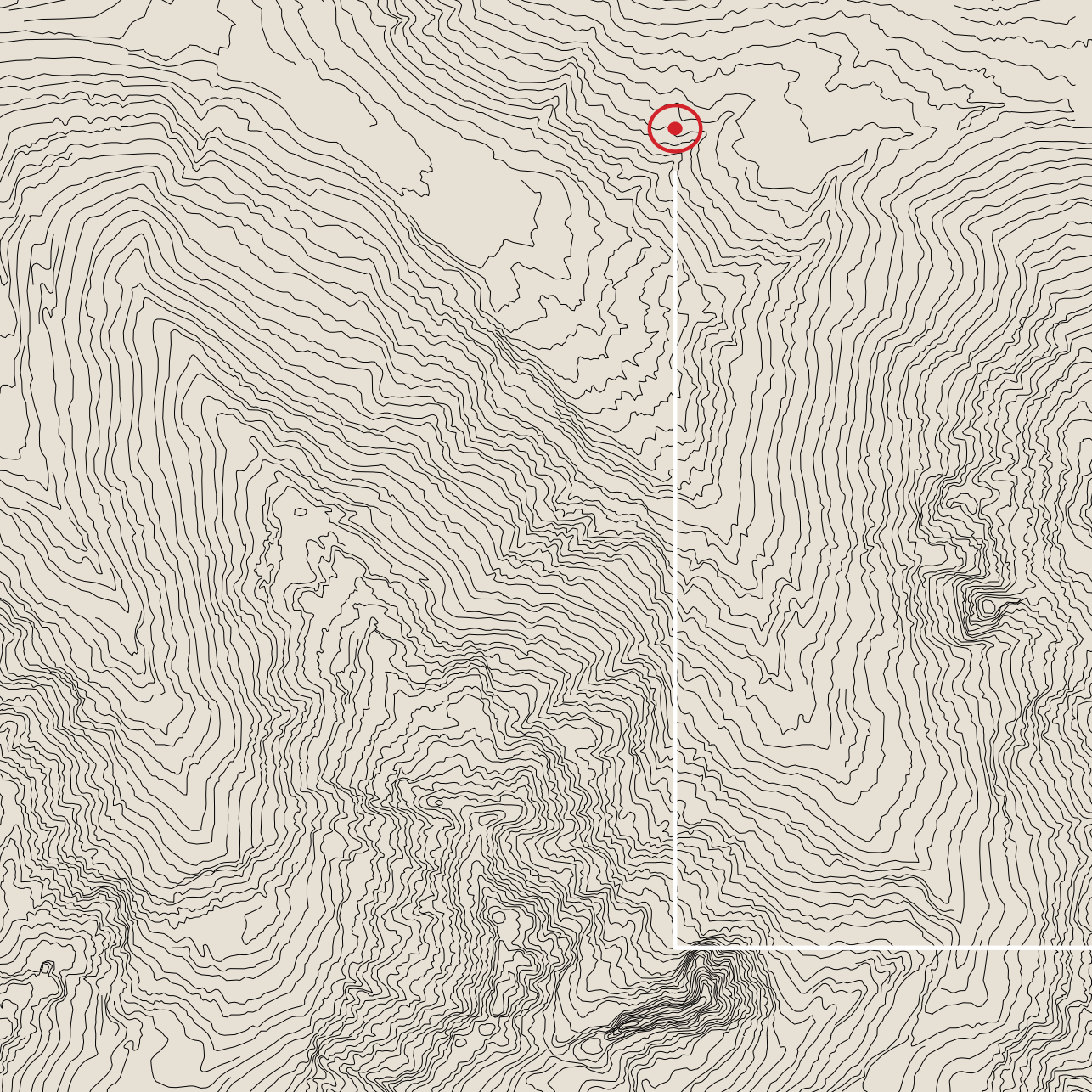
- www.holzbau.com
- www.abitatlegno.it
- www.bonelli.it
- www.ecosithema.it
- www.solarch.it
- www.edilportale.com
- www.arcawood.com
- www.il-legno.it
- www.ipe-wood.com
- www.laborlegno.it
- www.bellotti.it
- www.euroholz.it
- www.gostner.it
- www.legnolamellare.it
- www.massivholzgmbh.it
- www.rubner.it
- www.balken.it
- www.belwood.it
- www.lacasabio.it
- www.haas.com
- www.promolegno.it
- www.ivalsa.cnr.it
- www.creationbois.fr
- www.passivhaus-plattform.de
- www.lifegate.it
- www.cohousing.it Costruzioni ecologiche
- <http://www.ibo.at> (de)

- <http://www.umweltberatung.org> [de]
- <http://www.baubiologie.at> [de]
- <http://batirsain.free.fr> [fr]
- <http://www.tiez-breiz.org> [fr]
- <http://ecologie-pratique.org> [fr]
- <http://www.anab.it> [it]
- <http://www.passivehouse.com> [de]
- <http://www.passivhaus-info.de> [de]
- <http://www.ig-passivhaus.de> [de]
- <http://www.esv.or.at> [de]
- <http://www.passivhaustagung.de> [de]
- <http://www.hausderzukunft.at> [de]
- <http://www.europassivhaus.de> [de]
- <http://www.energiesparhaus.at> [de]
- <http://www.artikel-online.de> [de]
- <http://www.agsn.de> [de]
- <http://www.baumarkt.de> [de]
- <http://wohnen.pege.org> [de]
- <http://www.passivplushaus.de> [de]
- <http://www.thema-energie.de> [de]
- <http://www.lemmundoverberg.de> [de]
- <http://www.bauwert-haus.de> [de]
- <http://www.natpro.be> [fr]
- <http://www.maisonpassive.be> [fr]
- <http://www.neh-im-bestand.de> [de]
- <http://www.hausbauer.at> [de]
- <http://www.energie-plus.com> [fr]
- <http://www.plein-soleil.info> [fr]
- <http://www.21esiecle.qc.ca> [fr]
- <http://www.futur-e-maison.com> [fr]
- <http://www.habitatnaturel.fr> [fr]
- <http://www.la-maison-ecologique.com> [fr]

- <http://www.energieinstitut.at> [de]
- <http://www.empa-ren.ch> [de]
- <http://www.iwu.de> [de]
- <http://www.oekoeffizienz.de> [de]
- <http://www.zae-bayern.de> [de]
- <http://www.negawatt.org> [fr]
- <http://www.ageden.org> [fr]
- <http://www.atee.fr> [fr]
- <http://www.asder.asso.fr> [fr]

ENTI PUBBLICI, ISTITUZIONI, FONDAZIONI

- Comune di Ponte di Legno
- Adamello Sky spa
- Parco Nazionale dello Stelvio
- Parco dell'Adamello
- Museo della Guerra Bianca Temù
- Comunità Montana valle Camonica
- Ufficio di Promozione turistica valle Camonica
- Provincia di Brescia
- Regione Lombardia
- Provincia di Trento
- AlpiSpace
- CIPRA Internazionale
- Agenzia CasaClima



Grazie a Paolo, Stefano, Simona, Elena e ai miei Zii





