

CULTURA E FONDAMENTI DI TECNOLOGIA

Cultura: «L'insieme delle cognizioni intellettuali che, acquisite attraverso lo studio, la lettura, l'esperienza (...) e rielaborate in modo soggettivo e autonomo diventano elemento costitutivo della personalità, contribuendo (...) a sviluppare e migliorare le facoltà individuali, specialmente la capacità di giudizio» (enciclopedia Treccani)

Tecnologia: logos technè, ragionamento, discorso critico e sistematico sulle tecniche

La Tecnica è ogni insieme di regole in grado di fondare la pratica di una qualsiasi attività (manuale, intellettuale). Nell'antichità intesa come «arte, mestiere, capacità»: è la capacità pratica di operare per raggiungere un certo fine, ed è basata sulla conoscenza ed esperienza.

Tecnica

In epoca contemporanea la tecnica viene sempre più intesa quale ricaduta pratica di un sapere scientifico, tendendo a trasformarsi in uno strumento di controllo dell'ambiente naturale. La tecnica, da questo punto di vista, è amorale: ad essa non è pertinente alcun giudizio se non di efficienza (Galimberti, Psiche e techne. L'uomo nell'età della tecnica, Feltrinelli, Milano 1999). È maturata oggi la consapevolezza delle conseguenze anche negative che la sua evoluzione può produrre sulla libertà e la salute dell'uomo.

Tecnologia

Tecnologia come «logos téchne», ragionamento, discorso critico e sistematico sulle tecniche. Con gli studi di Giuseppe Ciribini (1913-1990), la tecnologia viene intesa come la «dottrina dei processi di trasformazione, assunti sia nel loro costruirsi materialmente (cioè lo studio dei processi tecnici), sia, e soprattutto, nel loro costruirsi cognitivamente». La tecnologia diviene l'ambito entro il quale occuparsi dei processi di trasformazione studiandoli dal punto di vista materiale («nel loro costruirsi materialmente»), ma anche dal punto di visto cognitivo («nel loro costruirsi cognitivamente»), discutendo le motivazioni e la legittimità delle scelte, valutandone consapevolmente e responsabilmente l'impatto.

Tecnologia dell'architettura

- Discorso critico e sistematico sulle tecniche per l'architettura (come disciplina nasce in Italia negli anni '60 del '900).
- Che cosa studia: i materiali, gli elementi e i sistemi costruttivi; le tecniche operative, di gestione del progetto e del cantiere; le tecniche per conseguire la qualità attesa dell'ambiente costruito; l'evoluzione delle tecniche dal punto di vista storico e culturale in senso lato.
- L'attenzione alla sostenibilità ambientale.
- Nella tecnologia dell'architettura, il costante riferimento alla soddisfazione delle esigenze dell'uomo fa sì che essa si occupi non solo di cosa si fa e di come lo si fa, ma anche del perché

Ogni scelta tecnologica, e di conseguenza ogni costruzione, è sempre un atto culturale complesso. Si tratta ogni volta di una risposta, unica e irripetibile, a specifici bisogni, a partire da precisi vincoli e circostanze (come la disponibilità di materiali e di forza lavoro, il clima, i sistemi di valore propri di ciascuna società, le culture dei diversi attori che partecipano al processo di progettazione e realizzazione).

PROGETTO, COSTRUZIONE, QUALITÀ - REGOLA DELL'ARTE

Nell'edilizia premoderna il rispetto delle «regole dell'arte», cioè di modi di costruire consolidati dall'esperienza (ma adattabili), si pone a garanzia della qualità delle opere. La tecnologia è una tecnologia «convenzionale».

Le «regole dell'arte» contenevano implicitamente un riferimento a tipologie edilizie e a condizioni di fruizione anch'esse ben definite e caratterizzate da una scarsa evoluzione.

Tra Otto e Novecento l'innovazione tecnologica investe il settore delle costruzioni. Le opzioni tecniche (e quindi formali) si moltiplicano. Nuovi materiali e tecniche si affiancano a quelli tradizionali e i loro produttori tendono a stabilire le proprie regole. Il riferimento alle «regole dell'arte» come sistema consolidato posto a garanzia della qualità delle opere entra quindi in crisi.

Negli anni '60 e '70 del Novecento si individua un criterio nuovo: la qualità non discende dal rispetto di regole dell'arte (soluzioni preconstituite), ma dalla capacità di soddisfare le esigenze degli utenti. La qualità si determina non specificando come si vuole un determinato oggetto edilizio, ma cosa si vuole da quell'oggetto. Alle regole dell'arte si sostituiscono le cosiddette regole di qualità: quelle che puntano a verificare la capacità di un edificio (e delle sue parti) di soddisfare le esigenze per le quali esso è stato costruito. Le «regole di qualità» costituiscono la base per le normative tecniche, che stabiliscono soglie minime di accettabilità per prodotti ed elementi costruttivi. Questo principio viene sancito dagli organismi che si occupano di normativa tecnica, come l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) e l'ISO (International Standard Organization):

«Ogni azione di normazione in campo edilizio deve tener conto che un edificio viene costruito per rispondere innanzi tutto alle esigenze dell'utenza, in particolare per quanto concerne la salute, il benessere e la sicurezza del fruttore».

L'EDIFICIO COME SISTEMA

Gli studi di Blachère, Ciribini, Maggi, Spadolini e altri, puntano a definire un approccio al progetto e alla gestione del processo edilizio in grado di assicurare un controllo non empirico, ma fondato su dati scientifici, della qualità. Si tratta di un approccio, detto «sistematico», che matura a partire dall'obiettivo di una industrializzazione del settore edilizio. Gli studi citati fanno riferimento al concetto di sistema e alla «Teoria generale dei sistemi» (fondata da von Bertalanffy). Sistema | un insieme di entità, astratte o concrete, connesse fra loro da una rete di relazioni. Gli oggetti, in questa prospettiva, non vengono più studiati come elementi chiusi e autosufficienti, ma come sistemi, «formati da» e «parte di» altri sistemi.

Si spezza l'idea di oggetto chiuso e autosufficiente e si aprono nuove prospettive d'indagine.

Anche l'edificio può essere studiato adottando un approccio «sistematico»

Ogni edificio è un sistema strutturato di:

- elementi spaziali (sistema ambientale)
- elementi tecnici che li circoscrivono (sistema tecnologico) caratterizzati dalle loro funzioni e dalle loro relazioni, il cui compito principale è quello di soddisfare specifiche esigenze.

Un sistema aperto. L'approccio sistematico consiste nell'individuare le parti e nello studiare le relazioni.

SISTEMA AMBIENTALE

È un insieme di «volumi vuoti» (le stanze) in grado di ospitare le persone, mettendo loro a disposizione le caratteristiche ambientali più adatte (temperatura, illuminazione, acustica, ecc.), le attrezzature adeguate, gli spazi necessari.

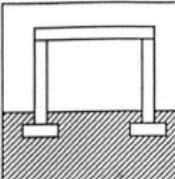
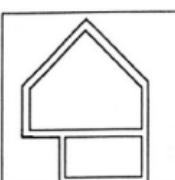
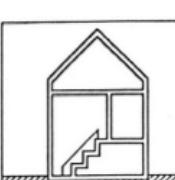
Più precisamente, viene definito come un insieme di unità ambientali e di elementi spaziali:

- «unità ambientali», cioè «raggruppamenti di attività degli utenti, derivanti da una determinata destinazione d'uso, compatibili spazialmente e temporalmente». Sono entità astratte. Esempi: spazi per dormire, di servizio, di circolazione.
- «elementi spaziali», cioè gli spazi destinati allo svolgimento delle attività comprese in un'unità ambientale. Sono spazi concreti. Esempi: l'ufficio, il corridoio, il soggiorno

Un insieme di «parti piene», di elementi fisici in grado di delimitare gli spazi e di assicurare protezione, sicurezza, comfort alle persone che abitano l'edificio.

La norma UNI 8290-1:1981 «Edilizia residenziale. Sistema tecnologico. Classificazione e terminologia», scomponete il sistema tecnologico in un insieme strutturato di unità tecnologiche e di elementi tecnici.

- «Unità tecnologiche» sono le unità che si identificano con raggruppamenti di funzioni, compatibili tecnologicamente, necessari per l'ottenimento di prestazioni. Vengono raggruppate in «classi di unità tecnologiche», identificate per il ruolo funzionale prevalente che svolgono all'interno dell'edificio.
- «Elementi tecnici» o elementi edili, sono le parti di un organismo edilizio, in grado di fornire prestazioni autonome, cioè di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche (un muro, un pilastro in c.a., ecc.)

L'edificio come sistema. Sistema tecnologico		
	Classi di unità tecnologiche	Unità tecnologiche
	Struttura portante Insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici del sistema edilizio <u>aventi funzione di sostenere i carichi</u> del sistema edilizio e di collegare staticamente le sue parti.	Struttura di fondazione Strutture di fondazione dirette Strutture di fondazione indirette
	Struttura di elevazione	Strutture di elevazione verticali Strutture di elevazione orizzontali Strutture di elevazione inclinate Strutture di elevazione spaziali
	Struttura di contenimento	Strutture di contenimento verticali Strutture di contenimento orizzontali
	Chiusura Insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici del sistema edilizio <u>aventi funzione di separare e conformare gli spazi interni del sistema edilizio rispetto all'esterno</u> .	Chiusura verticale Infissi esterni verticali Chiusura orizzontale inferiore Solai a terra Infissi orizzontali Chiusura orizzontale su spazi esterni Solai su spazi aperti Chiusura superiore Coperture Infissi esterni orizzontali
	Partizione interna Insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici del sistema edilizio <u>aventi funzione di dividere e conformare gli spazi interni del sistema edilizio stesso</u> .	Partizione interna verticale Pareti interne verticali Infissi interni verticali Elementi di protezione Partizione interna orizzontale Solai Soppalchi Infissi interni orizzontali Partizione interna inclinata Scale interne Rampe interne

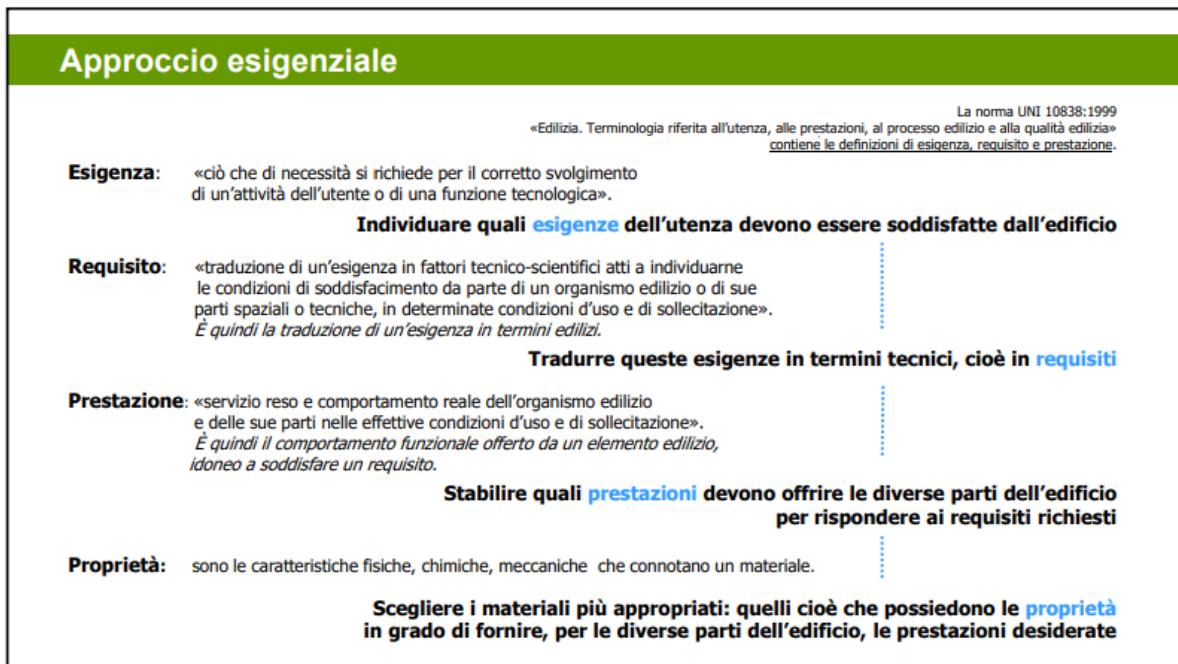
APPROCCIO ESIGENZIALE

Matura quale declinazione dell'approccio sistematico, e si pone l'obiettivo di controllare la qualità del costruito verificando il grado di soddisfacimento delle esigenze degli utenti.

Le esigenze degli utenti si esprimono in richieste:

- al sistema ambientale (caratteristiche geometriche e morfologiche | caratteristiche fisico-tecniche)
- al sistema tecnologico (caratteristiche dimensionali e morfologiche delle parti | loro caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche)

Il processo progettuale, in quest'ottica, appare soprattutto come un sistema di decisioni motivate, nell'ambito del quale le esigenze individuate devono informare ogni fase del processo. Si tratta di un approccio che riconosce la centralità innanzitutto etica, nei processi di trasformazione della realtà, del soddisfacimento delle esigenze degli utenti. Approccio esigenziale (a partire dalle esigenze) | approccio tipologico (a partire dalle soluzioni)



INDIVIDUARE LE ESIGENZE (bisogni e desideri)

Utenti

- Sono innanzitutto i fruitori dell'intervento edilizio (singoli soggetti o intera collettività)
- sono anche, secondo l'approccio esigenziale, tutti gli operatori del processo edilizio (progettazione, realizzazione, manutenzione).

La costruzione del «quadro esigenziale»

- Le esigenze variano in relazione al contesto storico, geografico e culturale;
- variano in relazione al tipo di edificio (cambiando le attività che in esso si svolgono);
- possono essere in contraddizione fra loro, e contraddizioni possono essere rilevate anche fra gli obiettivi dei diversi attori del processo (committenti, abitanti, costruttori): è necessario stabilire le priorità, definendo un quadro accettabile per tutti;
- possono essere richieste esplicite, ma spesso – se il committente non coincide con l'utente finale – questo può non accadere. Come fare?

- Ad un'utenza anonima non si riesce spesso a far di meglio che attribuire esigenze - tipo, stabilite sulla base di ricerche scientifiche: in questa direzione è utile la classificazione delle esigenze proposta dalla norma UNI 8269:1981.

- E' possibile, per far fronte alla difficoltà di definire le esigenze vere delle persone e specie nel caso di interventi pubblici, innescare dinamiche di partecipazione;

• se l'esigenza prioritaria che il committente pone è l'economicità dei costi di costruzione, il rispetto di soglie minime di qualità, capaci di rispondere alle esigenze dei singoli individui e della collettività nel suo insieme, viene garantito dalle leggi.

Approccio esigenziale: classificazione delle esigenze	
Norma UNI 8269:1981 «Edilizia – Esigenze dell'utenza finale – Classificazione».	Sicurezza Insieme delle condizioni relative all' incolumità degli utenti nonché alla difesa e alla prevenzione di danni dipendenti da fattori accidentali nell'uso del sistema edilizio.
<i>Obiettivo</i> Definire il quadro di riferimento di quelle esigenze dell'utenza finale che, opportunamente trasposte, identificano requisiti o insiemi di requisiti.	Benessere Insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute e allo svolgimento della vita degli utenti .
	Fruibilità Insieme delle condizioni relative all' attitudine di un sistema edilizio a essere adeguatamente usato dagli utenti nello svolgimento delle attività.
	Aspetto Insieme delle condizioni relative alla fruizione percettiva del sistema edilizio da parte degli utenti.
	Gestione Insieme delle condizioni relative all' economia di esercizio del sistema edilizio.
	Integrabilità Insieme delle condizioni relative all'attitudine delle unità e degli elementi del sistema edilizio a connettersi funzionalmente fra di loro.
	Salvaguardia dell'ambiente Insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovrasicemi di cui il sistema edilizio è parte .

TRADURRE LE ESIGENZE IN REQUISITI DI PROGETTO

Per ogni esigenza si tratterà di individuare quei requisiti che le diverse parti dell'edificio – spazi ed elementi tecnici – dovranno possedere per soddisfarla.

I requisiti capaci di tradurre determinate esigenze in termini edilizi potranno essere, a seconda dei casi, sia requisiti ambientali (s. ambientale), sia requisiti tecnologici (s. tecnologico).

I requisiti ambientali riguarderanno la concezione degli spazi, e quindi ad esempio:

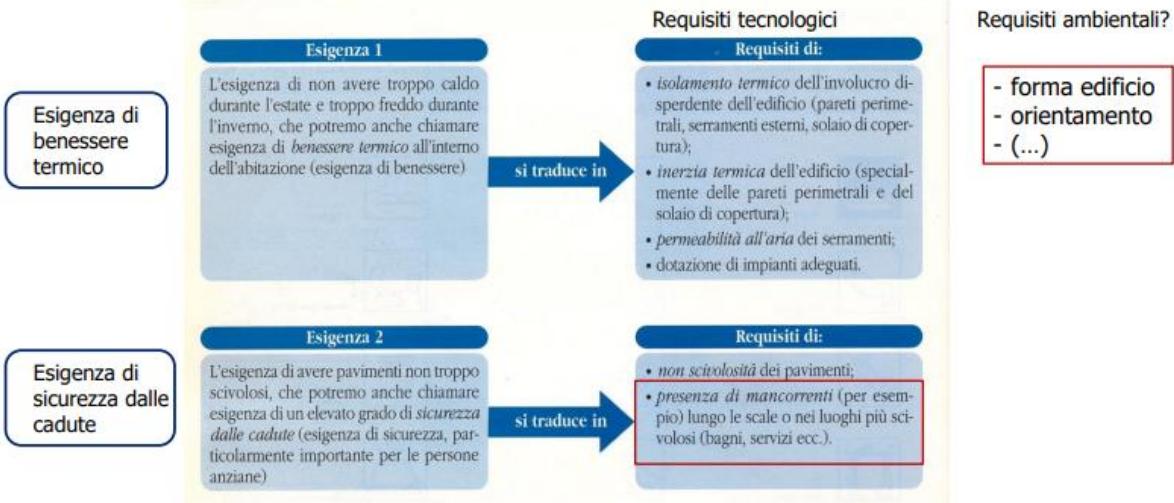
- le loro caratteristiche fisico-tecniche
- le loro caratteristiche geometriche e dimensionali
- le loro attrezzature

I requisiti tecnologici riguarderanno la concezione tecnologica degli elementi edilizi che delimitano quegli spazi.

Alcuni esempi 1) Voglio rispondere all'esigenza della sicurezza in caso d'incendio.

- Requisiti ambientali
- Requisiti tecnologici

Approccio esigenziale: tradurre le esigenze in requisiti di progetto



Di solito, quindi, ogni esigenza viene soddisfatta tramite il soddisfacimento di più requisiti (che possono essere sia r. ambientali, sia r. tecnologici), da relazionare gli uni agli altri in modo efficace e secondo una gerarchia che il progetto dovrà definire di volta in volta. Non è possibile delegare il soddisfacimento delle esigenze solo agli elementi tecnici e alle soluzioni di dettaglio.

Approccio esigenziale: requisiti vs prestazioni

stabilire quali prestazioni devono offrire le diverse parti dell'edificio per rispondere ai requisiti richiesti

La **prestazione** è il comportamento funzionale offerto dall'edificio o da sue parti, idoneo a soddisfare un requisito, ed è (almeno in alcuni casi) un **parametro misurabile** e quindi verificabile.

In fase progettuale il progettista può comparare le prestazioni offerte da diverse soluzioni e attuare consapevolmente una scelta.



Approccio esigenziale: prestazioni vs materiali

scegliere i materiali più appropriati: quelli che possiedono le proprietà capaci di fornire, per le diverse parti dell'edificio, le prestazioni desiderate

Attenzione alle differenze fra:

- **materiali** possiedono proprietà
- **elementi tecnici (o elementi edilizi)** forniscono prestazioni

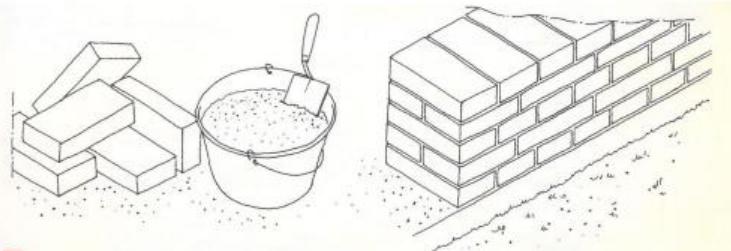


Fig. 1.4 I mattoni e la malta sono materiali dotati di proprietà specifiche, mentre un muro è un elemento edilizio in grado di fornire determinate prestazioni.

I materiali:

- Possiedono proprietà che possono contribuire a offrire risposte sul piano delle prestazioni
- Sono fonte d'ispirazione sin dal principio del processo progettuale (sono fatti culturali, hanno una storia, caratterizzano epoche e stili)

Approccio esigenziale alla progettazione: punta a impostare un metodo scientifico in grado di indirizzare la progettazione verso la soddisfazione delle esigenze delle persone.

È un approccio che matura a partire da un obiettivo di industrializzazione del settore edilizio: parte dal presupposto che la realizzazione di un edificio sia assimilabile a quella di un oggetto industriale, con schematizzazioni logiche non sempre in grado di riflettere la complessità delle cose.

La possibilità di un controllo effettivo della qualità edilizia, avvalendosi di questo approccio, è quindi qualche cosa verso cui tendere...

Questo approccio costituisce in ogni caso il riferimento intorno al quale il settore delle costruzioni ha ridefinito i propri linguaggi, i propri saperi e la propria organizzazione.

E ci ricorda la continua necessità di verificare e confrontare soluzioni differenti, e che le cose vanno esaminate «sotto tutti gli aspetti possibili» (Bruno Munari, 1981). L'approccio esigenziale appare soprattutto la pratica di pensare in termini di obiettivi piuttosto che di soluzioni.

LA NORMATIVA ESIGENZIALE/PRESTAZIONALE

Le norme descrittive, suggerendo o imponendo dimensioni, materiali o tecniche, stabiliscono a priori come l'edificio debba essere realizzato. Le norme esigenziali si esprimono in termini di requisiti, lasciando al progetto e alla produzione edilizia il compito di definire le soluzioni costruttive. Definiscono cioè il comportamento, cioè cosa si vuole da un prodotto o da un oggetto edilizio, e non come lo si vuole.

Approccio esigenziale e informazioni tecniche

L'informazione tecnica prodotta dalle aziende, corredata da dati quantitativi verificabili e confrontabili

Mattoni a fori orizzontali per tamponamenti e divisorii

(*) a causa delle continue ricerche in innovazione di prodotto l'azienda si riserva di varicare in qualsiasi momento le caratteristiche dei propri prodotti



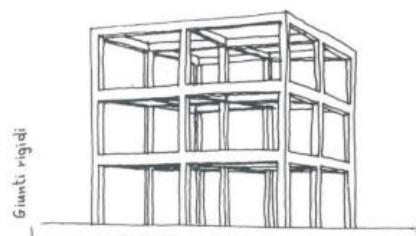
denominazione		Forato 6 fori semipieno piemontese	Forato 9 fori blocchetto	Forato 12 fori doppio semipieno
codice		FO6	FO9	FO12
CARATTERISTICHE TECNICHE				
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	68x110x230	110 x 110 x 230	135 x 110 x 230
peso indicativo	Kg	1,6	2,4	2,8
percentuale di foratura	%	48	53	55
massa volumica linda	Kg/m ³	983	894	881
resistenza a compressione f_{cm}	N/mm ²	7,1	6,2	5,03
condutt. termica equival. λ_{equ}	W/(m·k)	0,239	0,247	0,236
DATI DELLA PARETE INTONACATA				
trasmittanza termica U	W/(m ² ·k)	2,425	1,855	1,615
potere fonoisolante Rw	db	39,5	42,5	43
resistenza al fuoco EI	minuti	60	120	120
quantità per m ² di parete	n°	35	35	35
DATI DEL PACCO IMBALLATO				
pezzi per pacco	n°	468	288	252
peso indicativo	Kg	780	710	730
dimensioni (lun x lar x h)	cm	94x94x106	94x94x106	94x94x106

ESIGENZA: SICUREZZA, REQUISITO: STABILITÀ'

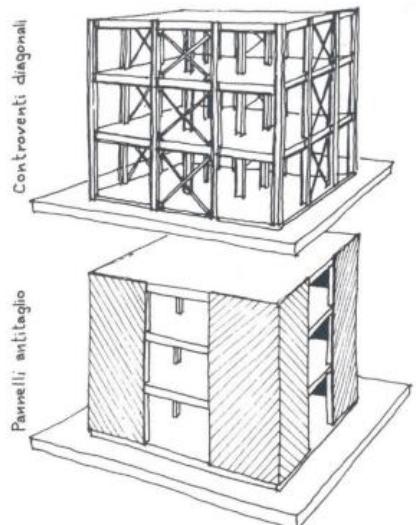
Reagire ai carichi garantendo la stabilità, cioè l'equilibrio, e limitando al massimo le deformazioni

Sicurezza = garantire la stabilità di un edificio e limitare al massimo le deformazioni che possono portare al collasso dell'edificio

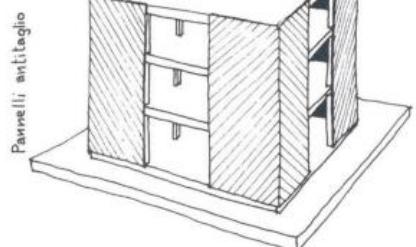
Strutture di controvento:



Strutture principalmente in cemento armato



Controventi diagonali



Muri rigidi con la funzione di controventamento della struttura

Reagire ai carichi garantendo la stabilità, cioè l'equilibrio, e limitando al massimo le deformazioni

All'azione dei carichi si determinano nella struttura diversi tipi di sollecitazioni:

- di **COMPRESSE**IONE
- di **TRAZIONE**
- di **FLESSIONE**
- di **TAGLIO**
- di **TORSIONE**

Proprietà meccaniche dei materiali

Bisogna scegliere opportunamente il tipo di materiale da utilizzare perché ognuno reagisce ai carichi in modo diverso. Reagire ai carichi garantendo la stabilità, cioè l'equilibrio, e limitando al massimo le deformazioni. Ogni materiale possiede valori propri di resistenza meccanica a ciascuna delle diverse sollecitazioni. È stato possibile cioè definire il carico di rottura al quale, per ognuna delle sollecitazioni, ogni materiale si rompe, esprimendo tale carico in valori unitari: qual è il carico, e quindi la tensione unitaria, al quale il materiale si rompe. Questi valori si possono esprimere kg/cm² o, utilizzando le unità di misura del Sistema Internazionale, in Pa, dove 1 MPa (o N/mm²) corrisponde a ca. 10 kg/cm².

Resistenza meccanica dei materiali

- Materiali propri della tradizione: pietra, mattone di argilla cruda o cotta, legno (buone capacità di resistere sia alla compressione che alla trazione)
- Materiali introdotti nella modernità: acciaio, cemento armato (resistono bene sia a trazione che a compressione e hanno maggiori capacità di resistenza meccanica rispetto ad altri materiali), legno lamellare...

Modulo di elasticità (E)

$$E = \frac{\text{tensione}}{\text{deformazione}}$$

Elasticità: attitudine a tornare alla forma e alle dimensioni iniziali al cessare dell'azione deformante. Modulo di elasticità: è il rapporto fra tensione e deformazione. Misura la maggiore o minore deformabilità di un materiale

Se il modulo di elasticità E è elevato significa che la deformazione, a una determinata tensione (e quindi sollecitazione) è piccola: il materiale si deforma poco (es. acciaio)

Se il modulo di elasticità E è basso significa che la deformazione, alla stessa tensione (e quindi sollecitazione), è grande: il materiale si deforma di più (es. legno)

Sono due i parametri da considerare:

1. Reazione al fuoco del materiale (una proprietà del materiale) è l'attitudine di un materiale a partecipare a un fuoco con il quale viene a contatto; sono 6 le classi di reazione al fuoco: 0, 1, 2, 3, 4, 5
2. resistenza al fuoco dell'elemento edilizio o della struttura (una prestazione) è l'attitudine di un elemento edilizio o di una struttura a mantenere per un determinato periodo di tempo, espresso in minuti, alcune caratteristiche:

- R [Resistenza] = resistenza meccanica
- E [Ermeticità] = attitudine a non lasciar passare né produrre fuoco o fumo al lato opposto a quello di sviluppo dell'incendio (tenuta alla fiamma e ai gas);
- I [Isolamento] = isolamento termico atto a ridurre la trasmissione del calore da un lato all'altro dell'elemento edilizio ed a mantenere quindi entro limiti prefissati (circa 150°C) la temperatura della superficie investita. Un esempio: porta REI 60

Reazione e resistenza al fuoco: strutture in legno | in acciaio

Esigenza: benessere | Requisito: isolamento termico

Il requisito di isolamento termico si valuta tramite il riferimento alla **prestazione di resistenza termica R** (o più spesso del suo inverso, la **trasmittanza termica K o U**), e questa è funzione di due parametri.

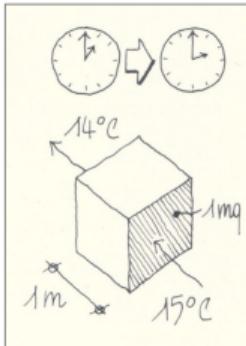
$$R = s / \lambda$$

s = spessore dell'elemento edilizio considerato

λ = **coefficiente di conducibilità termica** del **materiale** impiegato = W / m K
[W è il simbolo del Watt | m del metro | K del Kelvin]

Che cos'è λ ?

λ misura la quantità di calore che (per una superficie considerata di 1 mq) attraversa lo spessore di 1 m di quel materiale, in 1 ora, quando la differenza di temperatura fra le due facce vale 1 °C.



	Conducibilità termica [W/mK]
Aria (in quiete)	0,025
Acqua	0,6
Acciaio	51,9
Acciaio inossidabile	16,2-27
Ghisa	36-46
Leghe di alluminio	130-222
Calcestruzzo	1,25-1,75
Gesso	0,3
Granito	3,2
Intonaco	0,75
Legno	0,12-0,22
Laterizio (mattoni pieni)	0,55-0,65
Vetro	1
Polistirene	0,1

... considerazioni sui valori di λ dei diversi materiali da costruzione ...

ESIGENZA: BENESSERE, RQUISITO: INERZIA TERMICA

L'inerzia termica di un elemento definisce la sua capacità di smorzare, cioè di attenuare, l'effetto prodotto all'interno dell'edificio dalle escursioni termiche esterne e di ritardare nel tempo questo effetto.

Il requisito di inerzia termica si valuta tramite il riferimento alla prestazione di capacità termica dell'elemento edilizio considerato: è la capacità di un corpo di immagazzinare calore.

La capacità termica è funzione di due proprietà del materiale, il calore specifico e la densità (detta anche massa volumica, cioè massa per unità di volume).

$$\text{Capacità termica} = \text{calore specifico} \times \text{densità}$$

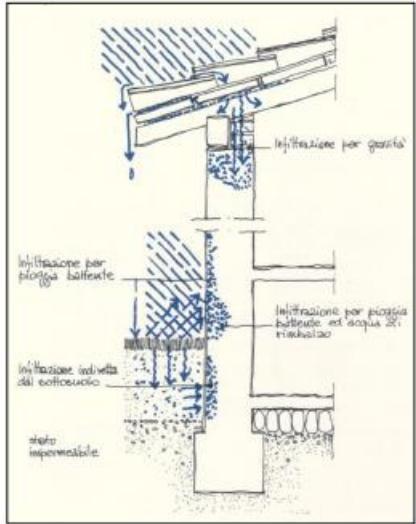
$$\text{J / kg K} \quad \text{kg / mc}$$

Calore specifico: Quantità di calore necessaria per elevare di 1 grado la temperatura dell'unità di massa di un corpo.

Per la maggior parte dei materiali da costruzione varia poco (uniche eccezioni il legno e soprattutto l'acqua, il cui calore specifico è molto più elevato di quello degli altri materiali).

Densità: Varia in modo significativo per i diversi materiali: isolanti termici: 15-100 kg/mc; legno (abete): 450 kg/mc; pietrame (in media) 2600 kg/mc; cls: 2000 a 2400 kg/mc; acciaio 7850 kg/mc). E' quindi soprattutto da questo parametro che dipende la capacità termica di un materiale e quindi, considerandone la massa complessiva, di un elemento edilizio.

ESIGENZA: BENESSERE, REQUISITO: TENUTA ALL'ACQUA



Acqua ascendente dal terreno

Acqua proveniente dalle precipitazioni meteoriche

L'ingresso dell'acqua può determinare:

- cicli di gelo/disgelo (disgregano i materiali)
- formazione di muffe, insediamento di microrganismi
- effetti corrosivi o di marcescenza sui materiali (specialmente metallici)
- diminuzione delle capacità di isolamento termico

0.2 FORME E SISTEMI COSTRUTTIVI IN OPERA MURARIA

TECNICA DELLA MURATURA

È caratterizzata dalla sovrapposizione e dall'assemblaggio ordinato («apparecchiatura») di elementi.

Materiali

- Pietra
- Terra cruda
- Mattoni cotti
- Blocchi laterizi
- Blocchi di calcestruzzo
- Malte (di gesso, di calce aerea, di calce idraulica, di cemento)

Storicamente, le costruzioni in muratura portante sono state realizzate:

- con orizzontamenti voltati (elemento che separa i diversi piani dell'edificio)
- con orizzontamenti piani (solai) realizzati con materiali diversi.

Processo continuo di sperimentazione, nei secoli, che ha coinvolto: - l'«apparecchiatura» di mattoni e blocchi - la forma dell'organismo costruttivo (negli esempi contemporanei le tecniche della muratura portante sono talvolta utilizzate in combinazione con altre tecniche costruttive).

Es. Wright, palazzo delle colonne, palazzo Carignano

LATERIZI PER MURATURE

I laterizi per murature sono prodotti ceramici realizzati tramite impasti di argille, acqua e eventuali additivi, impasti sottoposti a processi di prelavazione, formatura, di essiccazione e infine di cottura.

- Che cos'è l'argilla? Caolino (silicato idrato di alluminio) Percentuale ridotta di altri componenti (ossidi di ferro, ossidi di calce, sabbie) La plasticità ne costituisce la proprietà principale. Si distinguono argille ad alta, media e bassa plasticità

Gli ossidi di ferro determinano la colorazione dei laterizi una volta cotti. L'argilla può assorbire fluidi fino a una percentuale del 28%. Continuano a essere modellabili e plasmabili anche con queste elevate presenze di liquidi. Quando vengono cotti, può succedere che gli elementi si ritirino molto.

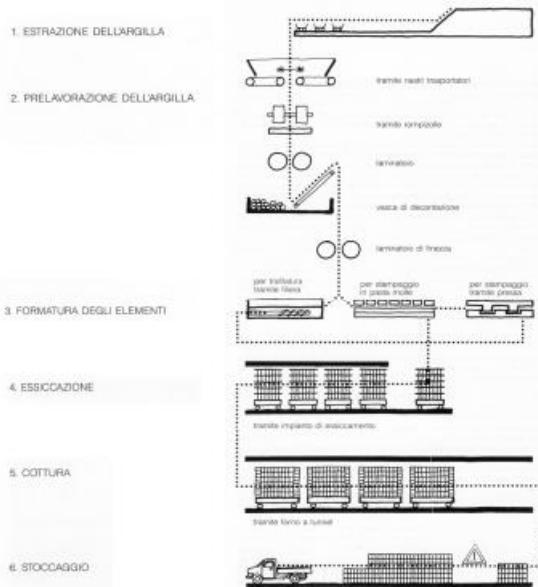
Gli additivi come la sabbia sono detti smagranti. L'argilla è detta magra se ha più elementi come la sabbia ed invece è detta grassa se è composta più d'argilla.

Prodotti ceramici	
Ceramici a pasta porosa	
LATERIZI	
<ul style="list-style-type: none">- Laterizi per murature: mattoni, blocchi- Tegole- Elementi per solai: pignatte, tavelle e tavelloni	
COTTO	
MAIOLICHE	
TERRAGLIE	
COTTOFORTE	
Ceramici a pasta compatta	
<ul style="list-style-type: none">- GRÈS- CLINKER- PORCELLANE- MONOCOTTURE	
<small>Molti prodotti ceramici sono sottoposti a trattamento superficiale mediante rivestimento vetroso trasparente (<i>vetrina</i>), oppure opaco e colorato (<i>smalto</i>), che conferisce specifiche caratteristiche decorative e, nel caso dei prodotti a pasta porosa, rende le superfici impermeabili.</small>	

MATTONI

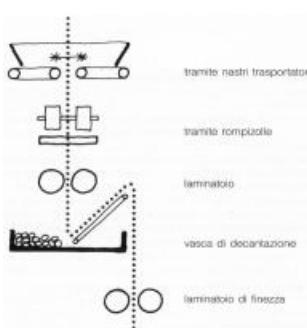
- Maneggevolezza
- Duttilità d'impiego
- Permanenza d'impiego nel tempo
- Legame con il luogo (es. rossi in Piemonte, rosati in centro Italia)

PROCESSO PRODUTTIVO DEI LATERIZI



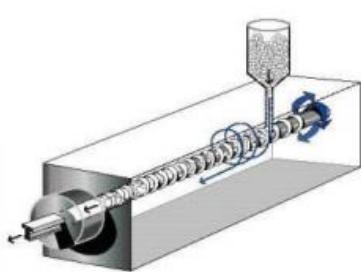
1. ESTRAZIONE DELL'ARGILLA

2. PRELAVORAZIONE DELL'ARGILLA: Il materiale, attraverso nastri trasportatori, viene via via trasferito a macchinari - come rompizolle, laminatoi, macchinario mescolatore-bagnatore - così da scartare gli elementi estranei (es. attraverso una calamita che raccoglie eventuali elementi metallici) e trasformare il materiale grezzo di partenza in un impasto omogeneo e dosato in modo opportuno (aggiunta di acqua e di eventuali additivi).



3. FORMATURA DEGLI ELEMENTI

- stampaggio con impasto molle (20-30% di acqua) per prodotti:
 - a mano:stampi ... compressione dell'argilla ... asportazione dell'argilla in eccedenza ... ribaltamento dello stampo ...
 - a macchina: ... le stesse operazioni sono automatizzate ...
- Stampaggio e pressatura con impasto a basso contenuto di acqua (5-7%)
- Estrusione/trafilatura: (impasto umido: 15-20% di acqua). Le macchine procedono a formare il mattone. L'impasto viene spinto contro un diaframma forato detto «filiera»: ne esce un «filone» di argilla, che viene poi tagliato in pezzi da una «taglierina». Si possono produrre così elementi pieni, ma anche forati.



Un video del processo di produzione con formatura tramite estrusione:
https://www.youtube.com/watch?v=Y_T7otd7wxc&t=15s

Tipi di filiere utilizzati per la produzione di pignatte laterizie (fornace Carena)

4. ESSICCAZIONE

Consiste nella progressiva eliminazione di acqua e vapore dal laterizio facendolo passare attraverso grandi tunnel detti “Essiccati artificiali”, alimentati con aria calda, prevalentemente recuperata dal raffreddamento del materiale cotto.

Per millenni la produzione di laterizi si è servita di un essiccatore naturale: il sole, ma attualmente la fase di essiccazione avviene in essiccati artificiali, alimentati con aria calda recuperata dal forno di cottura o prodotta da una sorgente di calore.

5. COTTURA

I mattoni essiccati vengono cotti in forni, come il forno a tunnel o il forno a camera. La temperatura di cottura varia tra i 900 e i 1200 gradi Celsius. La cottura avviene in diverse fasi: riscaldamento iniziale, mantenimento alla temperatura massima e raffreddamento graduale. La durata della cottura può variare da diverse ore a diversi giorni, a seconda del tipo di forno e del prodotto finale.

6. STOCCAGGIO

Dopo la cottura, i mattoni devono essere lasciati raffreddare gradualmente per evitare shock termici che potrebbero causarli fratture. I mattoni cotti vengono stoccati in magazzini o all'aperto, pronti per essere trasportati e utilizzati. I mattoni vengono ispezionati per garantire che rispettino gli standard di qualità in termini di dimensioni, forma, resistenza e colore.

NUOVE IDENTITA' PER IL CALCESTRUZZO

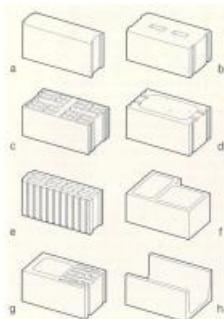
Nel calcestruzzo translucido vengono integrate nell'impasto delle fibre ottiche (vetro o plastica) in modo da far assumere a materiale una consistenza translucida

BLOCCHI DI CLS NORMALE, ALLEGGERITO E CELLULARE

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE	CLASSI DI PRODOTTI	CARATTERISTICHE
Forma e volume (cm ³)	blocchetto blocco	≤ 5.500 > 5.500
Percentuale di foratura	blocchetto-blocco pieno blocco semipieno blocco forato tipo A blocco forato tipo B	φ ≤ 15% 15% < φ ≤ 45% 45% < φ ≤ 65% φ > 65%
Massa volumica o densità del calcestruzzo (kg/m ³)	normale alleggerito cellulare	2400-1700 1700-800 800-400
Tipo di impiego	solo elementi di cls normale e alleggerito tutti gli elementi solo elementi di cls normale e alleggerito	faccia vista da intonaco cassero

Morfologia dei blocchi

- a, b) pieni
- c) semipieno
- d) cavo
- e) faccia a vista (sagomato)
- f, g) speciali per intelaiatura in c.a.
- h) speciale per architravi



Diminuisce la loro densità, i kg su metro cubo diminuiscono

ALLEGGERITO: rendere i blocchi più leggere e più isolanti, viene utilizzata l'argilla espansa, ottenuta da argilla mescolata con additivi, si espande sottoforma di granuli leggeri e porosi.

Produzione



cls alleggerito

Densità: 800-1700 Kg/mc



Argilla espansa per la produzione di blocchi di cls alleggerito
(blocchi LECA - Light Expanded Clay Aggregate)

CELLULARE: massa molto porosa e leggera, con scarse qualità di resistenza meccanica ma con elevate capacità di resistenza termica (densità: 400-800 kg/mc)

Miscelazione impasto Cemento, calce, sabbia, acqua + un additivo (schiume o polvere di alluminio) che porta a un materiale dotato di elevata porosità.
Colatura in vasche (espansione)
Taglio in blocchi (dopo la presa)
Maturazione



LE MALTE

Classificazione in funzione dell'impiego previsto

Malte per murature, per intonaci, per sottofondi, speciali

Composizione

Leganti, inerti o aggregati (sabbia), acqua, eventuali additivi

Leganti

Sono gessi, calci, cementi, che si ottengono cuocendo particolari rocce.

Legante + acqua = «pasta»

Legante + sabbia + acqua = malta (sabbia: d = 0-5 mm)

Legante + sabbia e ghiaia + acqua = calcestruzzo (ghiaia: d = 5-50 mm)

Processo di consolidamento dell'impasto dei leganti: presa | indurimento

Leganti
 aerei --- gesso | calce aerea
 idraulici ---- calce idraulica | cemento

Inerti (o aggregati)

Nel caso delle malte, sabbie di diversa granulometria:
 naturali | artificiali (circa il 60-70% della massa complessiva)

Acqua

Additivi --- plastificanti, espandenti, acceleranti e ritardanti, antigelo, alleggerenti, rinforzanti, impermeabilizzanti, coloranti

Presa e indurimento: l'indurimento è la fase successiva alla resa, è un processo lento che dura diverse settimane. Durante questa fase si completano le reazioni chimiche tra il legante e l'acqua e l'impasto diventa una massa dura e monolitica che ha raggiunto le sue prestazioni meccaniche definitive.

I legati sono suddivisi in due classi: aerei perché i loro impasti fanno presa soltanto in presenza dell'aria mentre per quelli idraulici l'indurimento avviene se l'impasto viene immerso sia nell'acqua che a contatto con l'aria

Gli inerti: sabbie di diversa granometria mescolate fra loro, le sabbi possono essere sia naturali che artificiali. Per la sabbia estratta dal mare bisogna prima estrarre il sale, oppure può essere ottenuta dalla frantumazione delle rocce

L'acqua deve essere priva di sostanze terrose

Tutte le malte tranne quella di gesso, si ritirano durante il processo di presa e indurimento



Pietra da gesso

solfato di calcio biidrato – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Cottura (ca. 150 °C)

Il materiale di partenza perde una parte o tutta l'acqua che contiene, e una volta macinato si presenta sotto forma di polvere bianca e untuosa.



Proprietà delle «paste» e delle malte di gesso

- presa rapida con aumento di volume
- forte igroscopicità
- scarsa resistenza meccanica
- incompatibilità con metalli ferrosi
- bassa conduttività termica
- buon comportamento al fuoco (il gesso si disidrata, assorbendo calore e liberando acqua)



Impieghi

- stucchi
- malte per murature interne leggere (blocchi o pannelli di gesso)
- malte per intonaci (strato di finitura)
- realizzazione di manufatti (blocchi e pannelli per pareti, pannelli per controsoffitti)

La calce aerea è un legante aereo, perché...

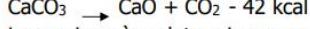
Materia prima: pietra calcarea

$\text{CaCO}_3 > 95\%$

Estrazione



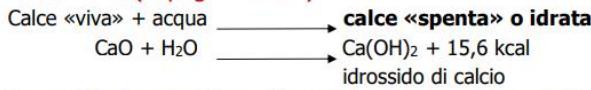
Cottura (900 °C)



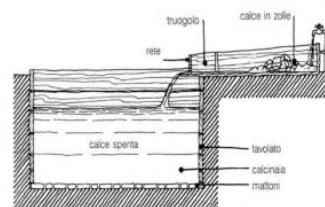
La reazione è endotermica, necessita di calore, e comporta la fuoriuscita di anidride carbonica
 CaO – ossido di calcio (calce in zolle) detto **calce «viva»**



Idratazione («spegimento»)



La reazione è esotermica, sviluppa calore, e provoca un aumento di volume pari a 2 o 3 volte quello iniziale.



Tradizionale
«calcinaria» per
l'idratazione della
calce «viva»

N.B. All'atto dell'impiego, tramite il processo detto di carbonatazione, il materiale si trasforma nuovamente in CaCO_3



... L'anidride carbonica presente nell'aria (legante aereo)

Tramite tecniche di spegimento di tipo industriale, a vapore, si ottiene, in seguito anche a processi di macinazione e conservazione del prodotto asciutto, calce idrata in polvere, commercializzata in sacchi. Tramite spegimento in eccesso di acqua (rispetto a quella necessaria a trasformare tutta la calce viva in calce idrata) e successiva «maturazione» in apposite vasche di stagionatura – si ottiene «grassello di calce», commercializzato sfuso o in sacchi.

Caratteristiche delle malte di calci aeree

- Limitata resistenza meccanica
- Indurimento lento
- Elevata lavorabilità
- Traspirazione

Calci idrauliche, malte di calci idrauliche

La calce idraulica è un legante idraulico, perché esiste una specie di polvere che per natura possiede qualità straordinarie: si trova a Baia e nelle terre circostanti al Vesuvio. Questa polvere, mischiata con calce e pietre frantumate, rende la muratura talmente stabile che si indurisce non solo negli edifici normali, ma anche sotto l'acqua.

Le materie prime per ottenere calci idrauliche sono calcare e argilla (% 6-20%)

Ancora oggi, la calce idraulica può essere ottenuta: - additivando la calce aerea con sostanze formate in percentuale consistente da argilla, come la pozzolana o il cotto macinato. ... oppure tramite la cottura (ca. 1000 °C) di:

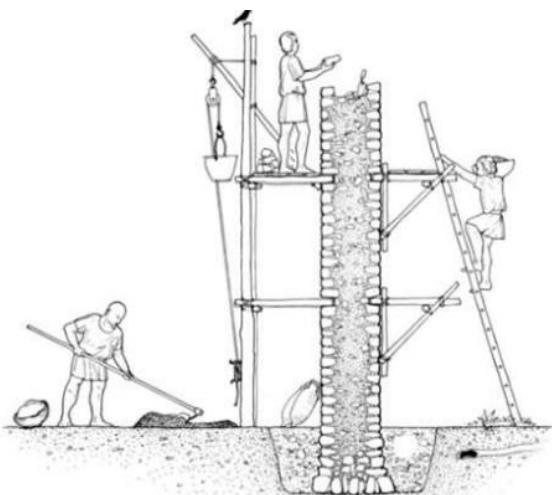
- marne, cioè pietre calcaree contenenti argilla (in percentuali superiori al 6%);

- pietre calcaree e argilla, opportunamente dosate.

All'aumentare della percentuale di argilla diminuisce il tempo di presa.

Caratteristiche delle malte di calci idrauliche

Tramite complesse reazioni chimiche si forma un prodotto con resistenze meccaniche a compressione più elevate di quelle delle malte di calce aerea. Impieghi: intonaci esterni e interni, malte per murare, specie in climi umidi.



È possibile passare da una calce aerea ad una calce idraulica aggiungendo la pozzolana

Strati disposti con regolarità in cui si alternano strati di pietre a strati di calce idraulica

Muri in *opus caementicium*, costituiti da due paramenti esterni in elementi lapidei o laterizi, e un nucleo interno formato da strati di malta idraulica (calce aerea e pozzolana) alternati a strati di pietrisco (*caementa*).

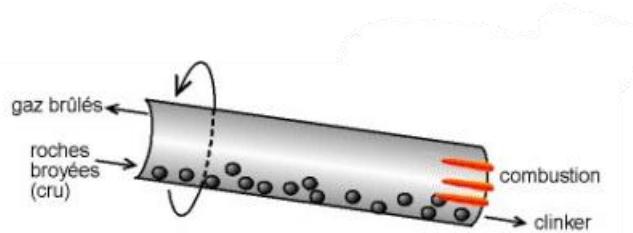
Cemento, malte cementizie

Il cemento è un legante idraulico perché impastato con l'acqua è capace di far presa ed indurire anche sott'acqua. Il cemento è un legante idraulico, perché mescolando il cemento con l'acqua (nel processo di produzione di malte e calcestruzzi di cemento) ha luogo il processo di idratazione del cemento e l'impasto durante le fasi di presa e indurimento raggiunge le sue caratteristiche di resistenza finali.

Materia prima

Una miscela di calcare e argilla (20-24%), più altri componenti, definita «miscela cruda».

Cottura



Avviene in forni rotanti a temperature progressivamente crescenti, sino a 1400-1500 °C, che produce una parziale fusione della miscela definita clinkerizzazione. Si ottiene il clinker, composto chimico formato in prevalenza da silicati di calcio.

Macinazione del clinker, aggiunta di additivi

5 tipi di cementi comuni

Il principale (tipo I) è il cemento Portland.

Classi di resistenza e denominazione normalizzate dei cementi comuni

I cementi sono suddivisi in classi di resistenza (a compressione).

- **La resistenza normalizzata** – a 28 gg di maturazione 3 classi di resistenza normalizzata: 32,5 N/mm² | 42,5 N/mm² | 52,5 N/mm²

- **La resistenza iniziale** – a 2 gg di maturazione

2 classi di resistenza iniziale:

- resistenza iniziale ordinaria
- resistenza iniziale elevata R (cementi a rapida presa)

La sigla che denuncia i cementi contiene:

- Simbolo CEM
 - Riferimento al tipo
 - Classe di resistenza normalizzata
 - Lettera R, quando si tratta di cementi a rapida presa
- Es.: CEM I 32,5 R

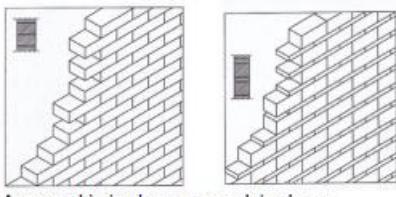
MODALITA DI APPARECCHIATURA DELLE MURATURE

La costruzione delle murature è fondata sul principio dell'assemblaggio.

1. Per consentire una corretta diffusione dei carichi e un comportamento strutturale unitario della muratura: corsi orizzontali, giunti verticali sfalsati
2. Collegamento fra gli elementi: la stabilità di una muratura può essere migliorata dai sistemi di connessione dei giunti:
 - attrito (giunti a secco)
 - ancoraggio meccanico (nelle costruzioni in conci lapidei regolari)
 - aderenza della malta: La muratura ordinaria oggi deve essere realizzata come specificato in sede normativa: «assemblaggio di elementi da muratura posti secondo uno specifico assetto e giuntati insieme con malta»

TIPI DI MURATURE

- Murature in opera quadrata: i conci hanno lo spessore della muratura, tutti dello stesso tipo

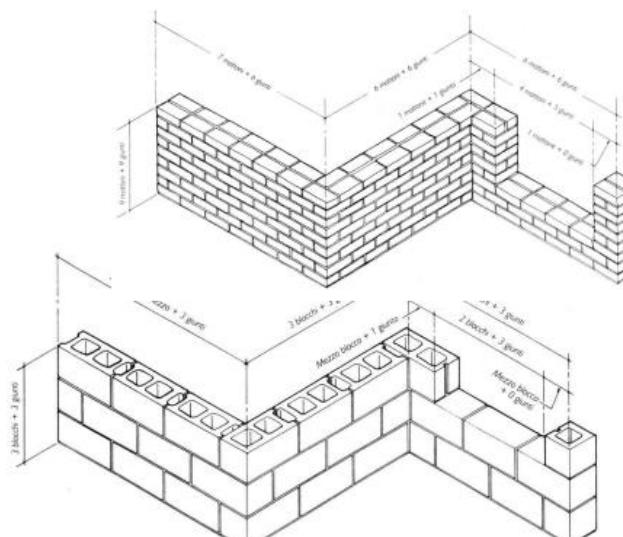


Apparecchio isodomo e pseudoisodomo

- Murature in opus caementicium: La resistenza era legata alla qualità delle malte (con proprietà idrauliche). Paramenti lapidei o laterizi (opus incertum, opus reticulatum, opus mixtum, ecc.) Opus mixtum: corsi di laterizio attraversano l'intero spessore della muratura, regolarizzano la costruzione e collegano i paramenti esterni.
- Murature di pietre grossolanamente squadrate
- Murature di pietrame
- Murature miste Murature: «specializzate»: formate da materiali diversi che vanno a comporre parti ben connesse ma con compiti specifici
- Murature di mattoni

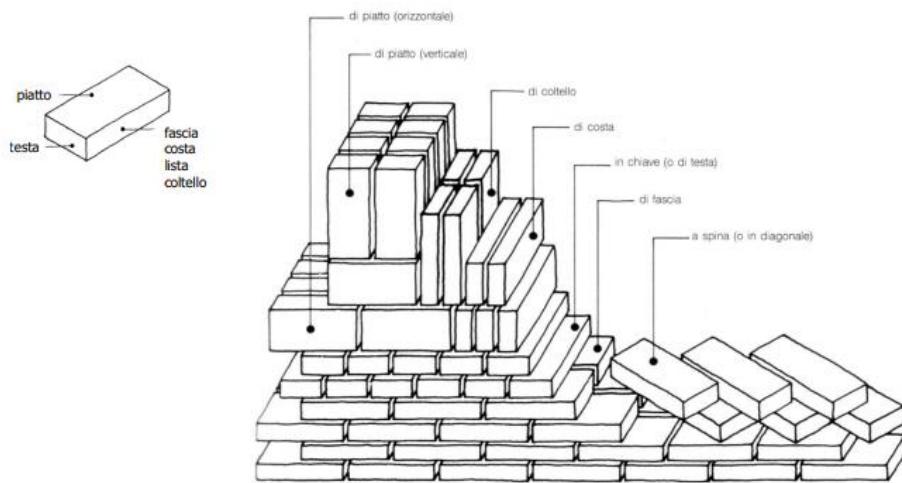
IL PROGETTO DI UNA MURATURA

- Tipo di elementi
- Giacitura
- Spessore
- Tipo di aggregazione degli elementi: il concatenamento o apparecchio murario.
Il modo in cui gli elementi vengono concatenati tra di loro
- Tipo di malta
- Spessore e tipo di giunto



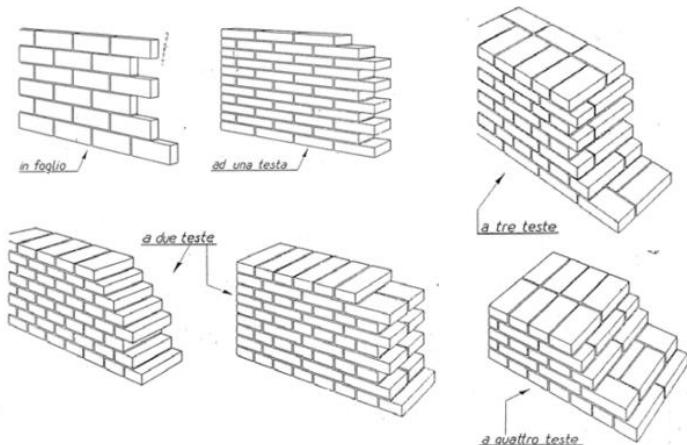
GIACITURA DEI MATTONI

Gli elementi vengono disposti per corsi o filari orizzontali, con diversi tipi di giacitura: di fascia, di testa, di costa, di coltello, ecc.



LO SPESSORE

Sono visti come multipli delle teste. Il loro spessore si valuta in teste

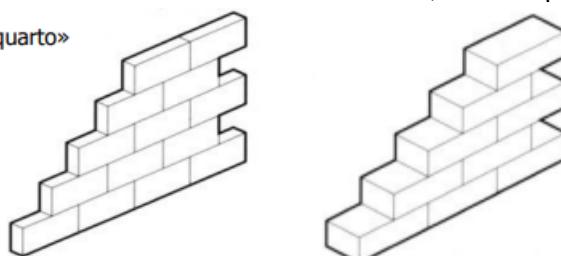


MODALITA DI CONCATENAMENTO O DI APPARECCHIATURA

- Concatenamento a cortina: Lo sfalsamento equivale alla metà della lunghezza del mattone

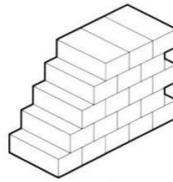
I mattoni sono disposti in modo che la loro dimensione minore rappresenti lo spessore del muro. Dato lo scarso spessore non sono idonee a resistere ai carichi, sono impiegate per la distribuzione interna.

murature «in foglio» o «di quarto»



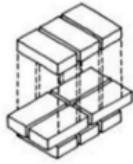
Murature a una testa

- Concatenamento di testa o in chiave,
muratura a due o più teste

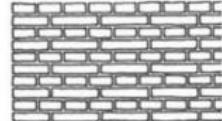
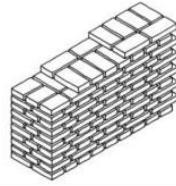


- Concatenamento a blocco

Muratura a
due teste



Muratura a tre teste

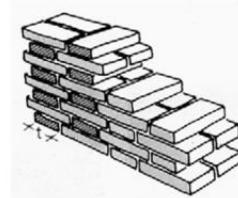


Viene realizzata nel caso di murature a due o più teste, in modo da alternare corsi di mattoni che lasciano a vista la testa a corsi che lasciano a vista la lista, mantenendo allineati i rispettivi giunti verticali

- Concatenamento gotico

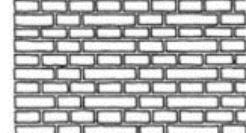
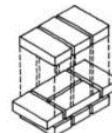
In questa disposizione ciascun corso di mattoni è disposto alternativamente di testa e di lista, oppure due elementi di lista alternati a uno di testa

concatenamento gotico



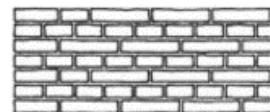
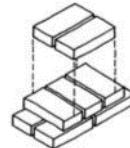
- Concatenamento fiammingo o olandese

Un corso solo di mattoni di testa è alternato a un corso di mattoni di testa e di lista.



- Concatenamento a croce

Del tutto simile a quella a blocco, tuttavia i mattoni mostrano la lista disposti con i giunti verticali sfalsati di mezzo mattone.



Soluzioni ad angolo

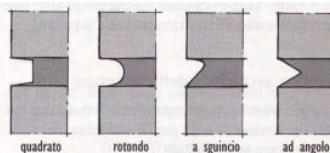
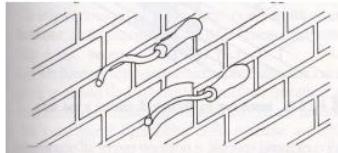
Normalmente gli angoli delle murature sono disposti ad angolo retto. Tuttavia, possono verificarsi casi in cui serve realizzare angoli differenti, e in tali casi vengono adoperati dei pezzi speciali o l'adozione di specifiche tecniche di disposizione dei mattoni

GIUNTI DI MALTA

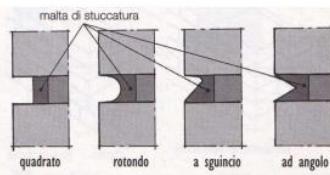
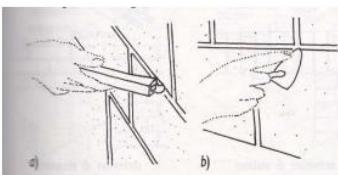
I giunti di malta e la sequenza costruttiva nella realizzazione di una muratura

Il caso delle murature faccia a vista:

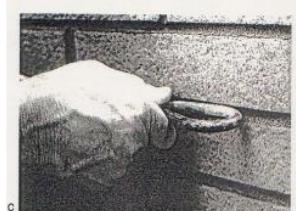
- mattoni paramano (pieni, semipieni)
- listelli di spessore
- stilatura dei giunti
 - tramite costipazione
 - tramite rigiuntaggio



Costipazione dei giunti con ferro sagomato e profili dei giunti costipati



Asportazione della malta con ferro a unghia e stuccatura con malta di stuccatura

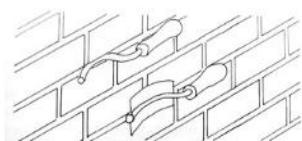


Finitura dei giunti di malta: a) costipati con ferro sagomato e costipati con ferro tondo.

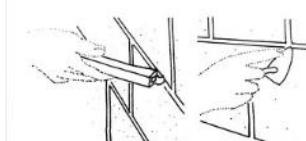
I giunti, anche detti commessura, nelle murature sono il sottile interstizio (cioè lo spazio che divide) tra un mattone e l'altro. Nelle murature faccia a vista la finitura dei giunti può avere un ruolo fondamentale in termini di aspetto e impermeabilità all'infiltrazione dell'acqua. La finitura può essere eseguita con due tecniche differenti:

1) costipazione, eseguita lasciando più volte con un ferro sagomato la malta, che deve essere ancora fresca all'interno sia dei giunti orizzontali che verticali;

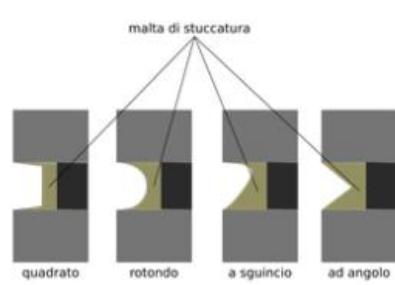
2) rigiuntaggio, eseguito con l'ausilio di un ferro ad unghia con cui si asporta la malta non ancora indurita, fino a giungere a circa 1,5/2 cm, riempiendo e sagomando nuovamente il giunto con malta grassa di stuccatura (colorata se richiesto) di cemento e sabbia fine. Una volta che la malta secca si effettua la spazzolatura, o sfregamento con una spugna, per allontanare i residui rimasti sulla superficie.



costipazione dei giunti con ferro sagomato



a) asportazione della malta con ferro a unghia e b) stuccatura con malta grassa



profilo dei giunti rigiuntati (o stuccati)

TIPOLOGIE DI MURATURE

In relazione alla morfologia:

MURATURE MONOLITICHE: sezione piena continua

- muro monolitico semplice

- muro monolitico misto, mattoni pieni e mattoni forati

- murature a doppio strato, muri non portanti

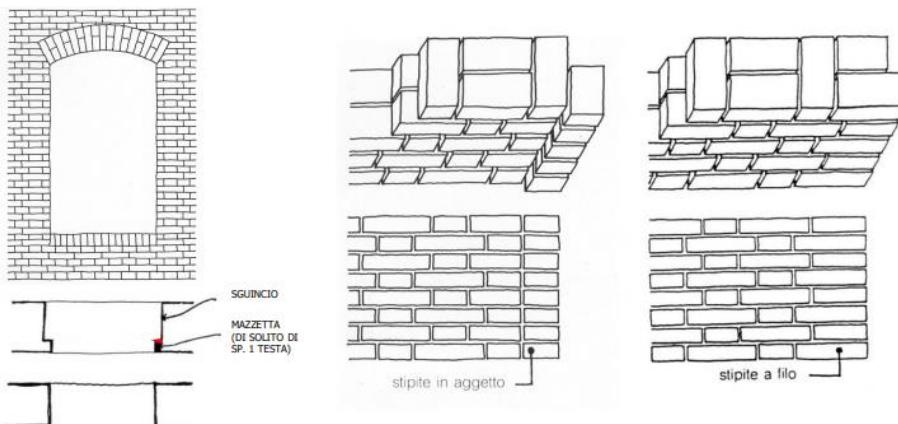
In relazione al ruolo funzionale:

- murature portanti: compito di resistere alle spinte orizzontali e alle spinte del terreno

- murature di tamponamento: sono murature di chiusura, confort dell'ambiente interno, isolamento termico, protezione dagli agenti atmosferici

- murature di partizione interna: muri di separazione tra spazi interni, isolamento acustico, difesa dal fuoco

APERTURE NELLE MURATURE



- Davanzale (in basso)

- stipiti o spalle (ai lati)

- elemento tecnico che deve sorreggere la porzione di muratura sovrastante (in alto)

Quali soluzioni adottare?

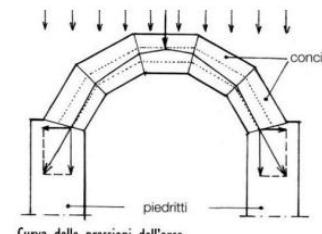
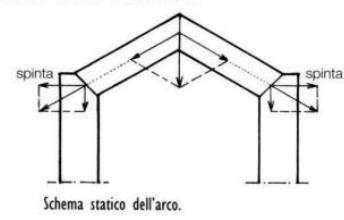
tre soluzioni alternative: arco, piattabanda, architrave

ARCO

Che cos'è un arco? Come funziona?

Formato dai conci che si reggono per mutuo contrasto. Scaricano sulle spalle una forza che ha una retta d'azione inclinata scomposta in due componenti. La componente verticale spinge verso il basso e viene assorbita dalla muratura. La componente orizzontale viene chiamata spinta.

I conci tendono a comprimersi l'uno contro l'altro. Viene utilizzato spesso il materiale della muratura e il mattone per la sua capacità di resistere alle forze di compressione. Perché l'arco risulti stabile è necessari che la linea di pressione risulti all'interno della zona centrale dell'Arco

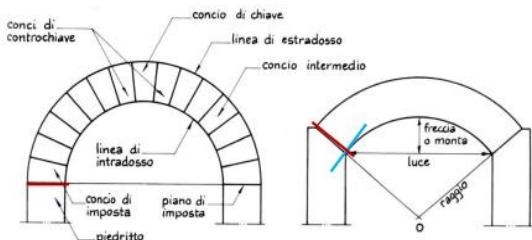


La spinta orizzontale: L'entità della spinta orizzontale varia al variare della geometria dell'arco: cresce al diminuire della monta

Come si può assorbire la spinta orizzontale?

1. Murature o piedritti sufficientemente massicci e pesanti
2. Controspinte (strutture arcuate, o voltate, affiancate)
3. Tiranti («catene»)

NOMENCLATURA

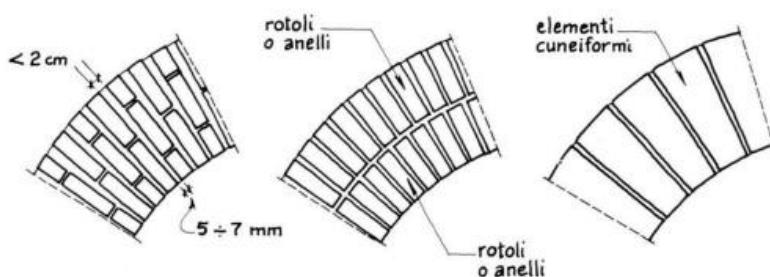


Il testo sembra trattare dell'organizzazione e della struttura degli archi, enfatizzando i conci come elementi fondamentali nella loro costruzione. Si menzionano anche i giunti, che sono le connessioni tra i conci, e si discute della possibilità di utilizzare malta o giunti a secco. Viene evidenziata l'importanza di alcuni conci specifici, come il concio d'imposta e il concio di chiave, che sono cruciali per la stabilità e il funzionamento dell'arco. Si accenna anche ai conci di controchiave, che sono vicini al concio di chiave. Infine, si fa riferimento alla linea di intradosso e alla linea di estradosso, che sono altri aspetti significativi nella costruzione degli archi.

L'imposta dell'arco

L'imposta dell'arco deve risultare perpendicolare alla tangente in quel punto alla superficie di intradosso (sarà orizzontale per archi a tutto sesto, inclinata per archi a sesto ribassato). Quando due archi si impostano sullo stesso piedritto si preferisce adottare per la loro imposta una sporgenza del piedritto, formante «peduccio» dell'arco

Al crescere della luce deve crescere anche lo spessore (o altezza) dell'arco: lo spessore dei giunti di malta può diventare eccessivo. Per evitare che questo accada, l'arco può essere: - suddiviso in più «rotoli» o «anelli» - realizzato con elementi cuneiformi.



Il problema discusso riguarda l'eventuale aumento dello spessore dell'arco in relazione all'ampiezza della luce, come nel caso di un grande arco progettato per il museo di Merida in Spagna da Moneo. Si considera se sia opportuno utilizzare mattoni parallelepipedici o adottare altre soluzioni per gestire l'aumento di spessore verso l'estremità dell'arco e limitare l'ingrossamento dei giunti di Malta a non più di 2 cm. Tra le soluzioni proposte vi sono l'utilizzo di elementi cuneiformi per mantenere costante lo spessore del giunto di Malta o la realizzazione dell'arco come una successione di rotoli o anelli, come nel caso dell'architettura di Rafael Moneo, che offre un'alternativa meno comune ma efficace.

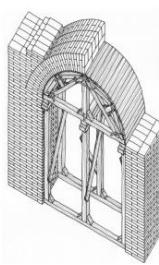
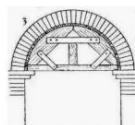
Come si realizzano gli archi?

Si costruiscono attraverso le **CENTINE**

Formate da:

- sistemi di aste o tavole
- manto

Centine a sbalzo (sostenute direttamente dalle murature)



Centine fisse (appoggiate a terra tramite piedritti)



Centine miste (in parte sostenute dalle murature e in parte da piedritti verticali).



La complessità delle centine aumenta all'aumentare della luce.

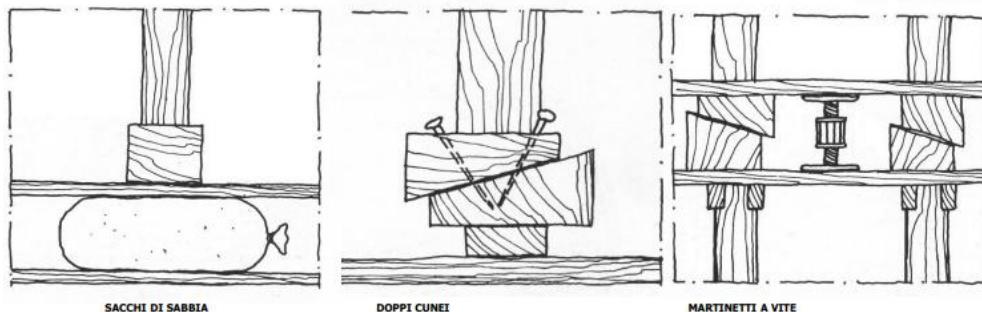
centina metallica ad assetto variabile.

DISARMO DELLE CENTINE

Durante il disarmo l'arco passa da struttura portata a struttura portante (assestamenti)

Disarmare l'arco a malta completamente indurita:

- in fase di disarmo si producono piccoli movimenti che possono dar luogo a fessure che introducono nella struttura delle soluzioni di continuità;
- maggior lentezza delle operazioni di costruzione. Disarmare l'arco prima che la malta sia completamente indurita;
- durante il disarmo si producono dei movimenti maggiori che danno luogo a un nuovo assetto che è fatto proprio dalla malta, il cui indurimento definitivo avviene nella configurazione finale dell'arco.



SACCHI DI SABBIA

DOPPI CUNEI

MARTINETTI A VITE

L'uso dei sacchi di sabbia, sebbene possa offrire un'installazione rapida e semplice, manca di reversibilità, poiché una volta aperto il sacco, non può essere ripristinato. Al contrario, l'impiego dei doppi cunei permette una rimozione più controllata e reversibile, consentendo di correggere eventuali problemi durante il disarmo. Infine, l'uso dei martinetti a vite offre una graduale dismissione e la possibilità di sospendere le operazioni, consentendo un intervento più preciso e reversibile.

Si considerano queste soluzioni come alternative moderne e più efficaci rispetto ai metodi tradizionali, garantendo una transizione sicura dalla fase di costruzione alla fase operativa dell'arco.

Costruire volte senza centine

VOLTE NUBIANE

Hassan Fathy ha ripreso, in numerose costruzioni, l'antichissima tecnica di eruzione delle volte che ancora oggi si usa in Nubia, nell'Alto Egitto, dove il legname per casserature è scarso e caro. Le volte vengono erette senza centine grazie al fatto che i corsi non sono verticali ma inclinati (ogni corso si appoggia al precedente).



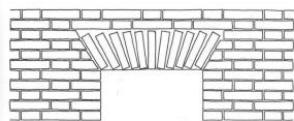
SEQUENZA DELLA COSTRUZIONE DI UNA VOLTA A CORSI INCLINATI CHE SI APPOGGIANO A UN MURO DI FONDO

PIATTABANDA

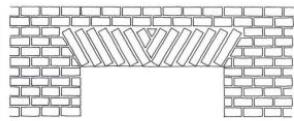
La piattabanda è una struttura che funziona secondo il principio dell'arco, anche se la sua forma può essere confusa con quella di una semplice trave o architrave. È composta da una serie di conci e ha la particolarità di avere un'altezza (monta) che tende a zero, contrariamente all'arco classico. Questo significa che la spinta orizzontale della piattabanda è massima per una certa luce, poiché la riduzione della monta aumenta la spinta. La piattabanda è solitamente utilizzata per carichi non troppo pesanti e aperture di dimensioni moderate, poiché la spinta orizzontale può diventare significativa con luci di apertura più ampie. Questa spinta orizzontale è rappresentata dall'azione del carico sulla muratura, e può essere particolarmente elevata in caso di piattebande. Questa struttura è stata utilizzata storicamente in vari contesti architettonici, come evidenziato in un esempio di edificio del XX secolo.

La piattabanda può essere realizzata in modi diversi

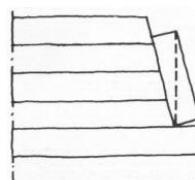
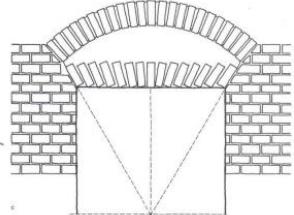
Piattabanda alla romana



Piattabanda alla francese

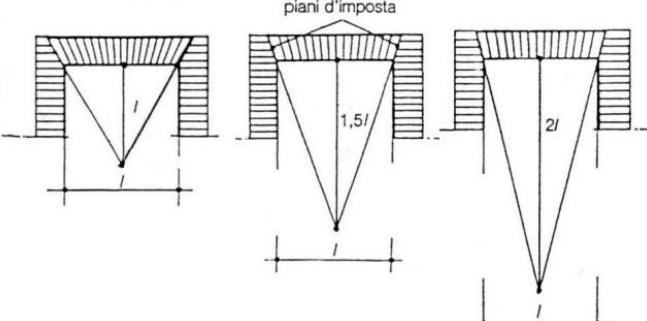


Piattabanda con arco di scarico soprastante («sordino»)



I mattoni d'imposta, se ammortati nelle spalle, offrono una resistenza migliore alla notevole spinta determinata dalla piattabanda

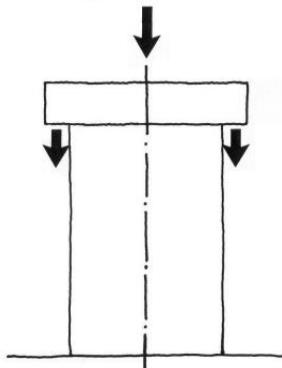
Inclinazione dei piani d'imposta



Nella prima soluzione i giunti convergono verso il centro. Nella soluzione alla francese i giunti restano paralleli all'una e all'altra linea d'imposta. Nel terzo caso ci sono archi sovrastanti (detti sordini)

L'ARCHITRAVE

Che cos'è l'architrave? Come funziona?

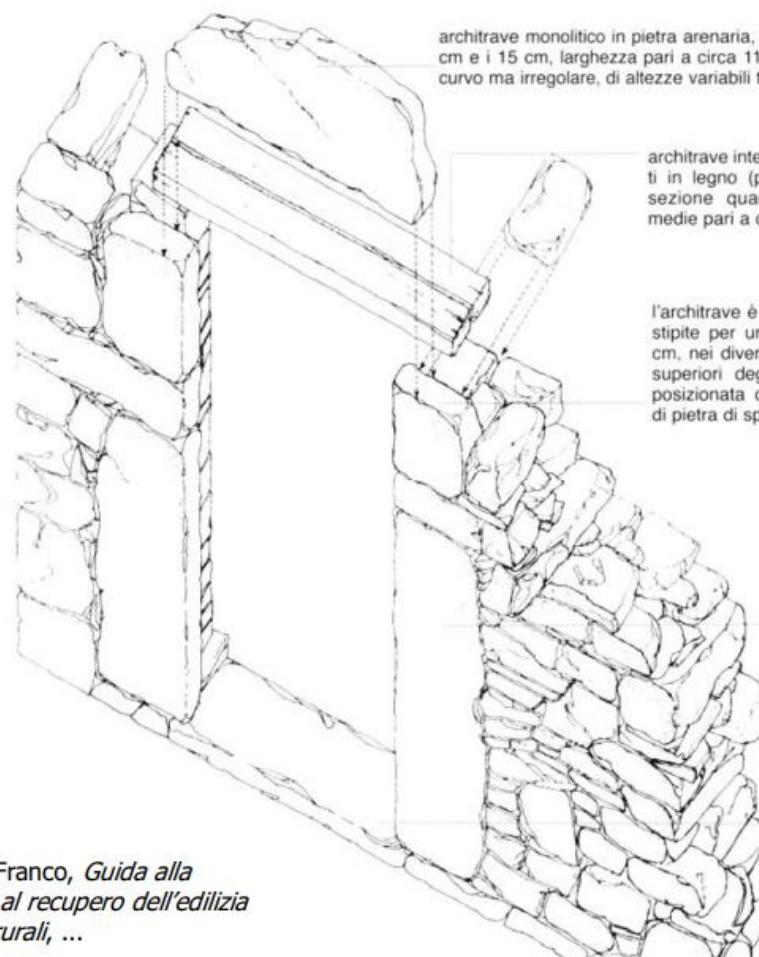


Sollecitazioni / Materiali

L'architrave
nel sistema
«trilitico» (dal
greco, «tre
pietre»)



Complesso megalitico di Stonehenge, presso
Salisbury in Inghilterra (2000-1500 a.C.)



architrave monolitico in pietra arenaria, di spessore variabile tra i 9 cm e i 15 cm, larghezza pari a circa 110-120 cm, profilo superiore curvo ma irregolare, di altezze variabili tra i 35 cm e i 45 cm

architrave interno costituito da due travetti in legno (probabilmente castagno) a sezione quadrangolare di dimensioni medie pari a circa 15x15 cm

l'architrave è sovrapposto ai conci dello stipite per un tratto pari a circa 10-25 cm, nei diversi casi; talvolta, tra i conci superiori degli stipiti e l'architrave, è posizionata orizzontalmente una lastra di pietra di spessore esiguo (2 cm circa)

stipiti costituiti da conci di pietra arenaria appena sbozzati, di forma approssimativamente parallelepipedo e di differenti pezzature sovrapposti e sovente alternativamente ruotati in modo che il concio intermedio leghi lo stipite alla circostante muratura della parete

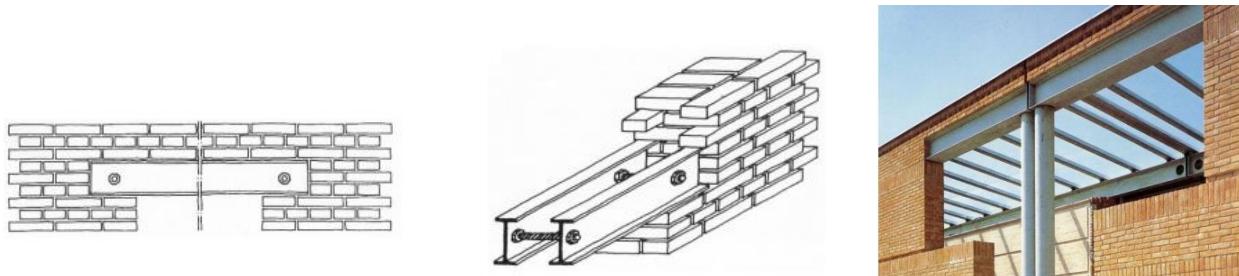
la soglia è sempre "sottoposta" agli stipiti dell'apertura per circa 5 cm, ed è pertanto il primo elemento posto in opera nella realizzazione del portale

Da F. Musso, G. Franco, *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali, ...*

- Architravi in acciaio

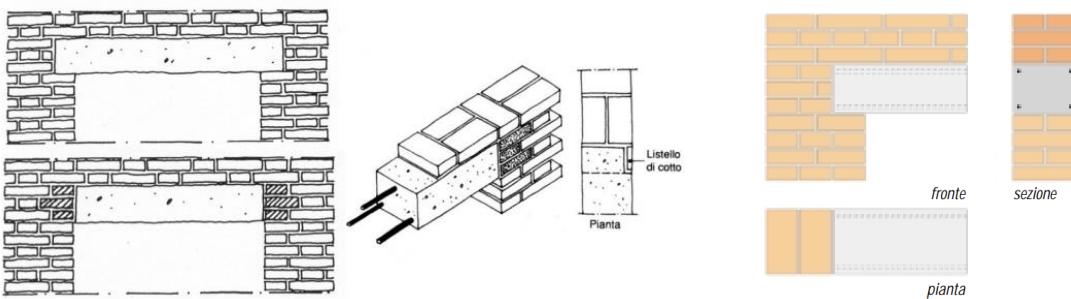
È importante coordinare le dimensioni dell'architrave con le dimensioni dei mattoni. La larghezza è però di poco inferiore a una testa: la trave può essere posizionata a filo interno (una parte della fascia superiore del mattone su cui poggia la trave rimane scoperta: questa soluzione va bene solo per murature di mattoni pieni protette da una gronda sporgente), o a filo esterno (lo spazio fra serramento e trave va chiuso con una fascia)

- Per evitare infiltrazioni d'acqua piovana, bisogna riempire bene di malta il giunto verticale in corrispondenza delle testate delle travi.
- Se l'architrave è più lungo di 1,50 m occorre prevedere alle due estremità dei giunti di dilatazione.

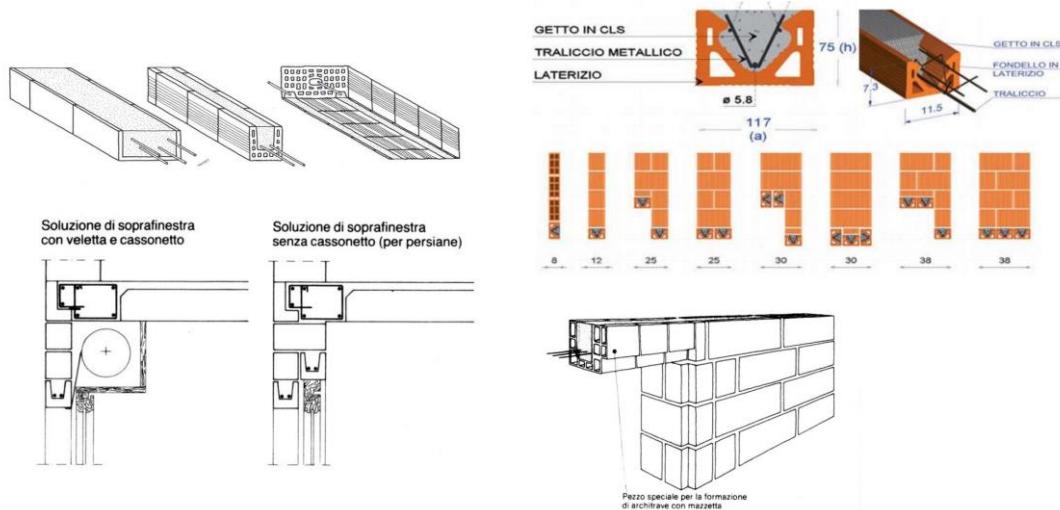


- Architravi in cemento armato

Per gli architravi in cemento armato gli appoggi sulle spallette possono essere lasciati in evidenza o nascosti dietro listelli in laterizio. Per piccole luci (fino a due metri) in genere è sufficiente un'armatura con un tondino di 12 mm di diametro per ogni testa di spessore della muratura

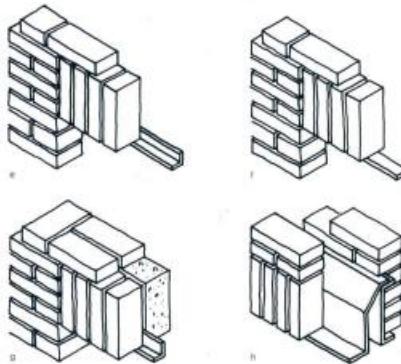
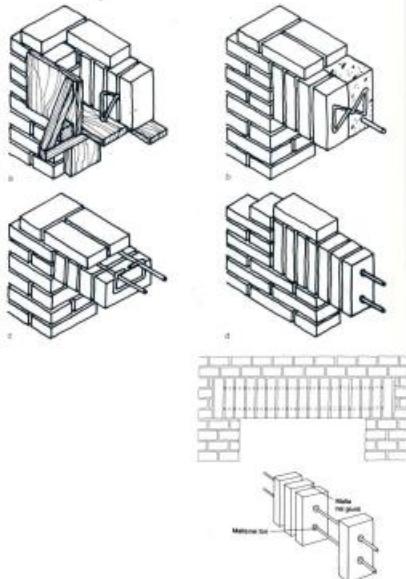


Soluzioni latero cementizie



- Architravi con mattoni faccia a vista e elementi integrativi di supporto

(a simile soluzioni a piattabanda)



(e, f) Per luci rilevanti si possono utilizzare cantonali a forma di L in acciaio, posizionati sui bordi inferiori.
 (g) Per piccole luci è sufficiente una barra in acciaio incorporata nei piedritti.

(h) In presenza di strutture murarie care si possono utilizzare speciali elementi metallici.

COSTRUIRE UNA MURATURA PORTANTE

La muratura possiede:

- resistenza a compressione buona;
- resistenza a trazione scarsa, quasi nulla.

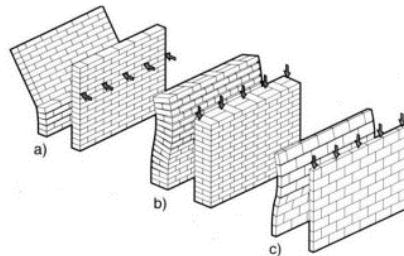
Occorre quindi evitare l'insorgere di sollecitazioni di flessione, intervenendo:

- 1) sui singoli elementi murari (materiali, apparecchiatura, spessore, forma);
- 2) sulla configurazione d'insieme dell'organismo strutturale, che va concepito come un organismo «scatolare».

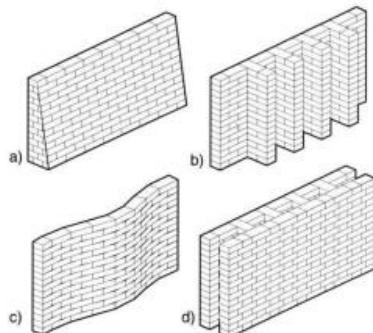
1. I singoli elementi murari

Quali cause possono determinare l'inflessione e quindi l'instabilità di un muro?

- a- Carico orizzontale
- b- Carico eccentrico
- c- Carico di punta in una muratura «snella»



Per contrastare l'inflessione possiamo intervenire con il peso ma anche con la forma dell'elemento murario (bilanciare il carico spingente o aumentare la rigidità a flessione della parete)

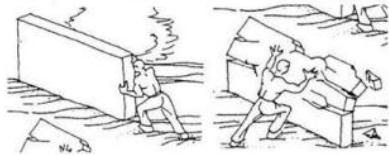
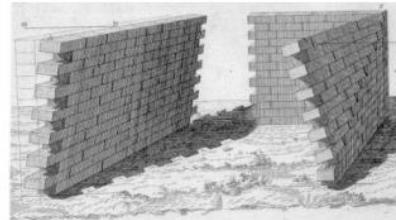


2. La configurazione d'insieme dell'organismo strutturale murario

I muri portanti vanno correttamente dimensionati in relazione ai carichi agenti, ma per opporsi alle azioni orizzontali che tendono a infletterli è necessario attivare una collaborazione fra tutti gli elementi del sistema strutturale, e cioè: muri che concorrono negli angoli e solai.

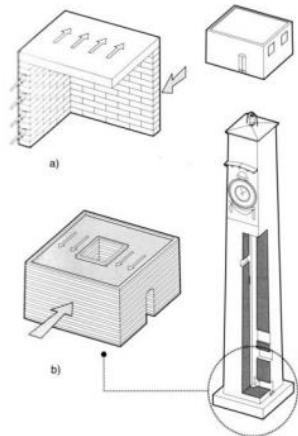
Muri che concorrono negli angoli

Dimostrazione del diverso comportamento alle azioni orizzontali di un muro isolato rispetto a uno ammorsato a una estremità (da J. Rondelet)



Muri che concorrono negli angoli e solai

- Le murature perimetrali di un edificio (fra di loro ammorsate ad ogni corso) e il solaio, collaborano nella resistenza alle azioni orizzontali impedendo meccanismi di ribaltamento e di collasso.
- Nelle torri, in assenza del contributo del solaio, la rigidità è ottenuta grazie all'elevato spessore delle murature perimetrali.



L'organismo in muratura portante va concepito come un organismo scatolare

Si attiva così una resistenza strutturale che va al di là della resistenza specifica dei singoli componenti e che è connessa alla forma dell'edificio.

L'organismo in muratura portante va concepito come un organismo scatolare

Gli elementi del sistema:

• **muri portanti**, sollecitati prevalentemente da azioni verticali.

- Portano i carichi verticali e li trasferiscono alle fondazioni

- Se il vento soffia nella direzione parallela alla loro giacitura svolgono anche funzione di muri di controvento.

• **muri di irrigidimento o controvento**, disposti ortogonalmente ai primi e chiamati a resistere prevalentemente alle azioni orizzontali.

- La loro funzione primaria è quella di controventare l'edificio.

- Vanno considerati parzialmente caricati dai carichi verticali.

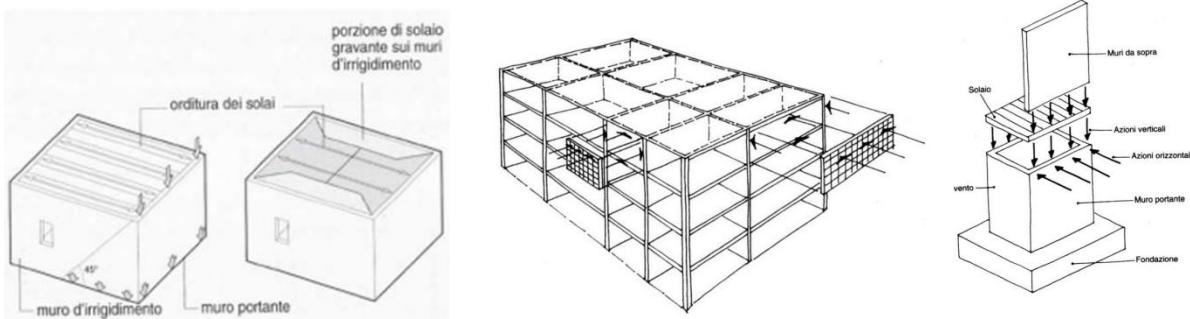
Parte dei carichi è presa dai muri ed altre dalle travi.

• **soli**

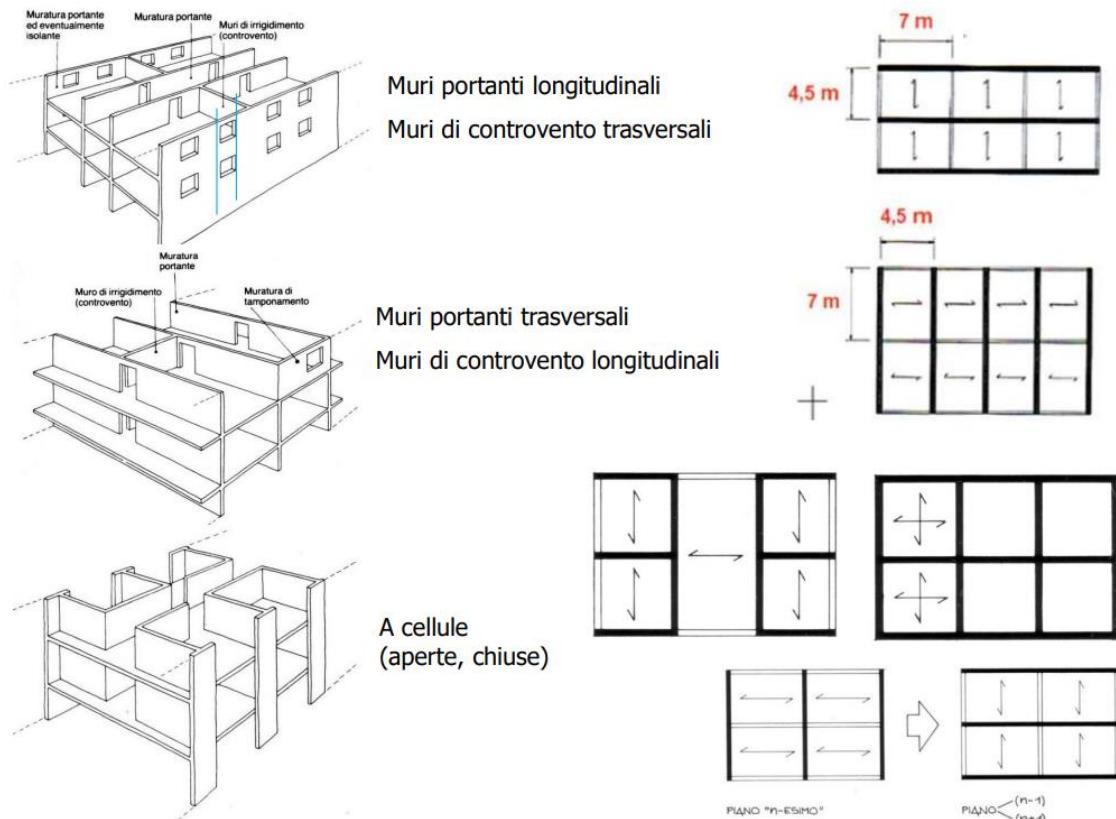
- Raccolgono, direttamente, i carichi verticali e li trasmettono ai muri portanti

- Raccolgono, attraverso le specchiature di facciata (portanti o meno), la spinta del vento e la trasferiscono ai muri (un'altra parte, dalle specchiature di facciata, è trasferita direttamente ai muri).

Traferita su tutto il perimetro



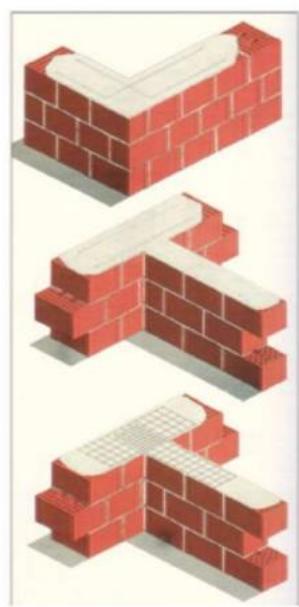
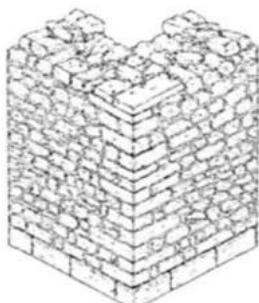
UN ORGANISMO SCATOLARE: Collaborazione tra le diverse parti del sistema



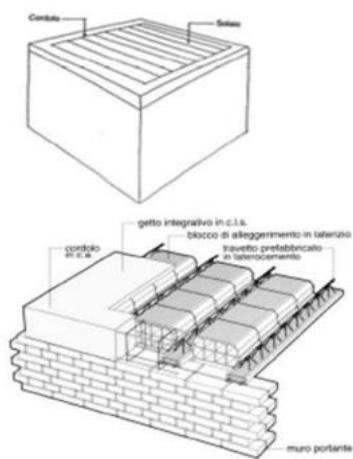
1. aperture posizionate l'una sopra l'altra
2. i muri portanti dell'edificio sono i muri trasversali mentre i muri di controvento sono quelli longitudinali. Maggiore libertà nell'organizzazione dei prospetti
3. Organizzare l'edificio a cellule, tutti i muri svolgono una funzione portante. Solai bidirezionali, i carichi vengono ripartiti su tutte le murature

L'IMPORTANZA DEI COLLEGAMENTI: Negli angoli l'ammorsamento delle pietre è molto più curato

Collegamento fra i muri portanti e di controvento che concorrono agli angoli.



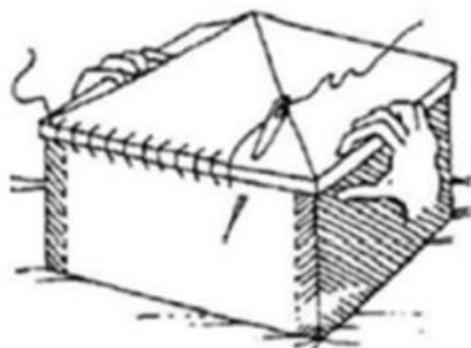
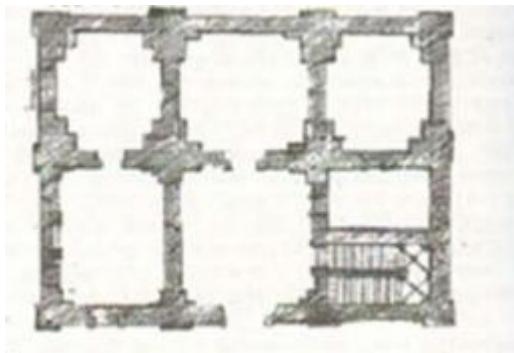
Collegamento fra i muri portanti e di controvento e i solai: tale collegamento può essere effettuato mediante cordoli continui in c.a. lungo i muri, all'altezza dei solai di piano e di copertura.



Ammorsamento dei travetti di un solaio in laterocemento sul muro portante e cordolo di piano in calcestruzzo armato

L'organismo in muratura portante va concepito come un organismo scatolare

La casa antisismica proposta da Pirro Ligorio dopo il terremoto di Ferrara del 1570 si caratterizza per la rigorosa organizzazione «scatolare» della maglia e la grande cura nelle connessioni fra gli elementi (fra muri concorrenti negli angoli, fra muri e orizzontamenti)

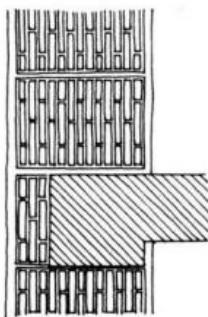


Lo spessore dei muri portanti dipende dall'entità dei carichi agenti e dalle proprietà di resistenza meccanica del materiale usato. Tale spessore diminuisce via via che si passa dal piano terreno ai piani superiori.

Le finestre devono essere allineate e avere sviluppo verticale. Non si possono indebolire gli incroci murari con aperture d'angolo

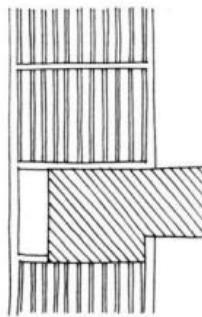
Ruolo funzionale (muri portanti interni, muri portanti e di chiusura).

Chiusura: elemento di costruzione che divide un ambiente interno da uno esterno

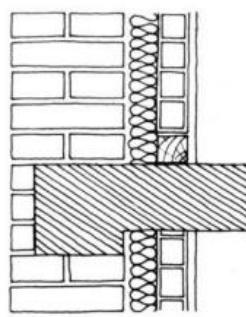


Sezione verticale di muro portante ottenuto con blocchi a fori orizzontali a migliorato isolamento termico.

Muri monostato

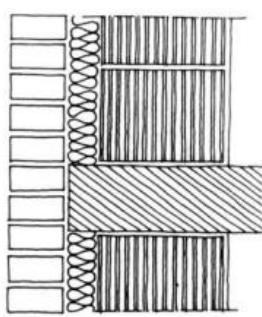


Sezione verticale di muro portante realizzato con blocchi di laterizio alveolato, di grandi dimensioni, a fori verticali.



Sezione verticale di muro a doppia parete di cui quella portante esterna.

Muri a doppio strato



Sezione verticale di muro a doppio strato di cui quella portante interna.

03. Arte del costruire e costruzione in legno

Un materiale «antico» | «moderno»

Largo impiego in ambito strutturale, soprattutto nelle zone alpine. Utilizzato anche per le strutture provvisorie. Un altro settore è quello di completamento e rifinitura degli edifici.

Il legno è un «serbatoio» a lungo termine di carbonio. Il legno cattura la CO₂ contribuendo a contrastare l'effetto serra.

Una risorsa naturale rinnovabile attraverso una attenta politica di gestione delle foreste e delle piantagioni:

- utilizzando specie legnose caratterizzate da tempi di crescita contenuti;
- ripiantumando in modo sistematico gli alberi abbattuti.

Energia e «ciclo di vita» del materiale

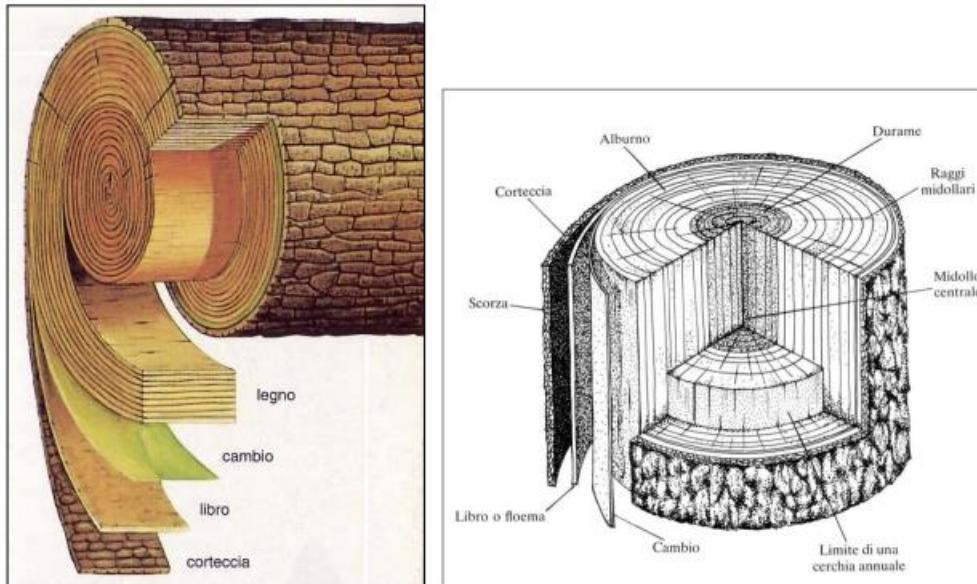
♣ Fase di trasporto: l'energia impiegata dipende dalla distanza fra boschi e luoghi di trasformazione, e fra questi ultimi e i cantieri; negli ultimi anni si sono diffusi anche i legni africani, di conseguenza aumenta l'energia impiegata nel trasporto

♣ fase di produzione: l'energia impiegata è ridotta nel caso del legno massiccio, rilevante nel caso dei materiali legno-derivati; es. legno lamellare

♣ fase di costruzione (e demolizione): il montaggio è rapido, le giunzioni a secco garantiscono la reversibilità delle operazioni e quindi le operazioni di manutenzione e di sostituzione;

♣ Fase di riciclo: il legno massiccio è facilmente riciclabile; i materiali legno-derivati presentano da questo punto di vista maggiori difficoltà legate alle sostanze aggiunte.

STRUTTURA DEL LEGNO



alburno: parte del tronco in cui l'acqua e i nutrienti in essa discolti sono trasportati dalle radici alle foglie.

durame: parte del tronco che ha perso la sua funzione di conduzione.

Libro: strato vivo con cellule longitudinali in cui passa la linfa

Alburno: parte esterna di colore chiaro, parte fisiologicamente attiva dell'albero, distribuzione della linfa e accumulo delle sostanze nutritive, parte più soggetta a marcescenza

Durame: non partecipa ai processi vitali dell'albero ma conferisce al tronco la resistenza strutturale, parte meno permeabile ai liquidi

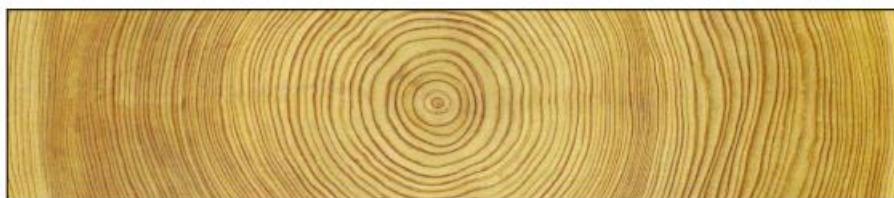
ANELLI ANNUALI

Ogni anello corrisponde ad un anno di vita della pianta

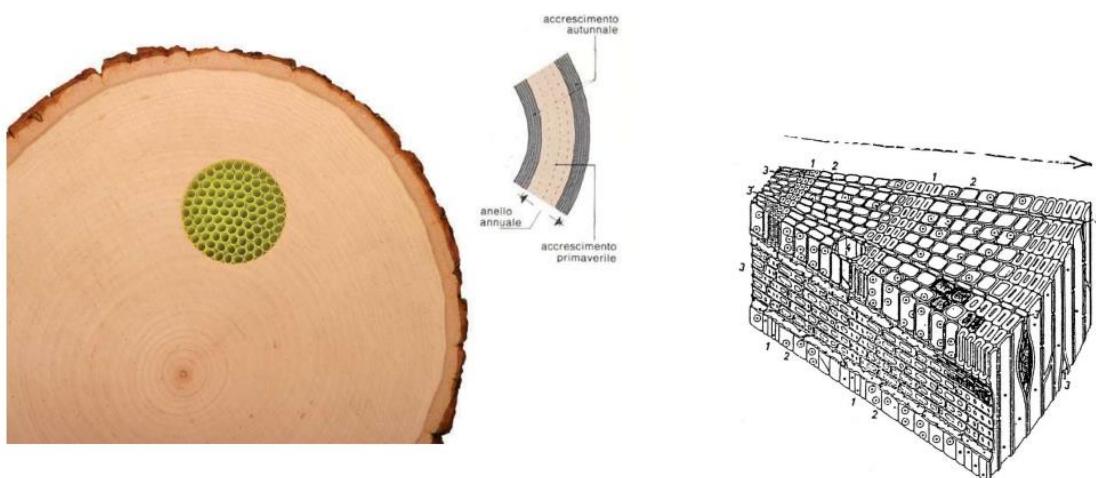
Sono riconoscibili zone di diversa compattezza dovuta al variare delle stagioni. Durante il periodo primaverile il legno si forma con maggior velocità, il legno tardivo invece cresce più lentamente in periodo autunnale, è più sottile di quello che si forma durante la primavera

Tronco: successiva formazione di strati periferici di cellule, detti anelli, in cui si riconoscono zone a diversa compattezza:

- legno primaticcio (earlywood) (2) legno primaticcio
- legno tardivo (latewood) (1)



La struttura del legno è determinata dall'organizzazione delle cellule: le principali sono allungate e tubolari, con l'asse orientato secondo l'asse del tronco e dei rami (altre cellule, presenti in misura più ridotta, sono orizzontali e formano i raggi) La direzione degli assi longitudinali delle cellule viene detta direzione della fibratura del legno.



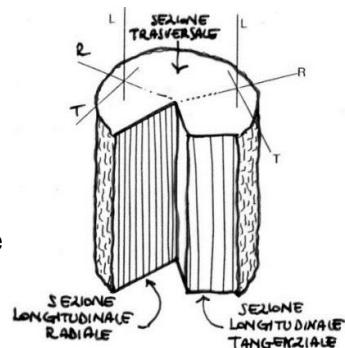
ANISOTROPIA

Il legno è un materiale fortemente anisotropo, cioè non presenta lo stesso comportamento nelle diverse direzioni che lo contraddistinguono.

Sono state individuate tre direzioni anatomiche fondamentali:

- longitudinale L (direzione fibratura del legno)
- radiale R (direzione dei raggi midollari)
- tangenziale T

L'anisotropia del legno si riflette sulle sue proprietà fisico-mecaniche



PROPRIETA DEL LEGNO

• Ritiro

In virtù della sua anisotropia, il legno si ritira in modo diverso nelle sue 3 direzioni anatomiche.

- nella direzione delle fibre (L) – 0,1%
- nella direzione del raggio (R) – 5%
- nella direzione della tangente (T) – 10%

Quindi: le deformazioni e le spaccature radiali sono inevitabili

• Igroscopicità

Il legno è un materiale igroscopico, cioè assorbe e riemette umidità al variare delle condizioni igrometriche esterne. Perché rimanga il più possibile stabile nel tempo è importante una corretta stagionatura

• Densità (kg/mc)

• Conduttività termica (W/mK)

• Comportamento al fuoco

- reazione al fuoco del materiale legno
- resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in legno

Gli elementi strutturali possono venire sovradimensionati per cautelarsi rispetto a possibili riduzioni delle sezioni resistenti (dovute al fuoco, ma anche a funghi e insetti)

IL LEGNO COME MATERIALE STRUTTURALE

Resistenza meccanica: Non ha senso attribuire a un materiale anisotropo caratteristiche meccaniche costanti! Le proprietà di resistenza meccanica del legno variano al variare della direzione della sollecitazione rispetto alla direzione della fibratura (L).

Resistenza alla compressione perpendicolare alle fibre: circa 1/6 della resistenza alla compressione longitudinale alle fibre (~ 8 MPa)

Resistenza alla compressione longitudinale alle fibre: 25-95 MPa (~ 50 MPa)

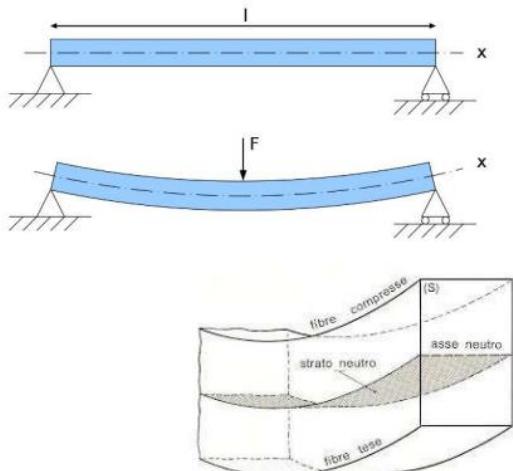
Resistenza alla trazione longitud. alle fibre: circa due volte la resistenza alla compressione (~ 100 MPa)

I **difetti** possono però determinare localmente situazioni critiche, riducendo notevolmente tale resistenza. Per sollecitazioni di trazione che agiscono in direzione ortogonale alle fibre, la resistenza è quasi nulla.

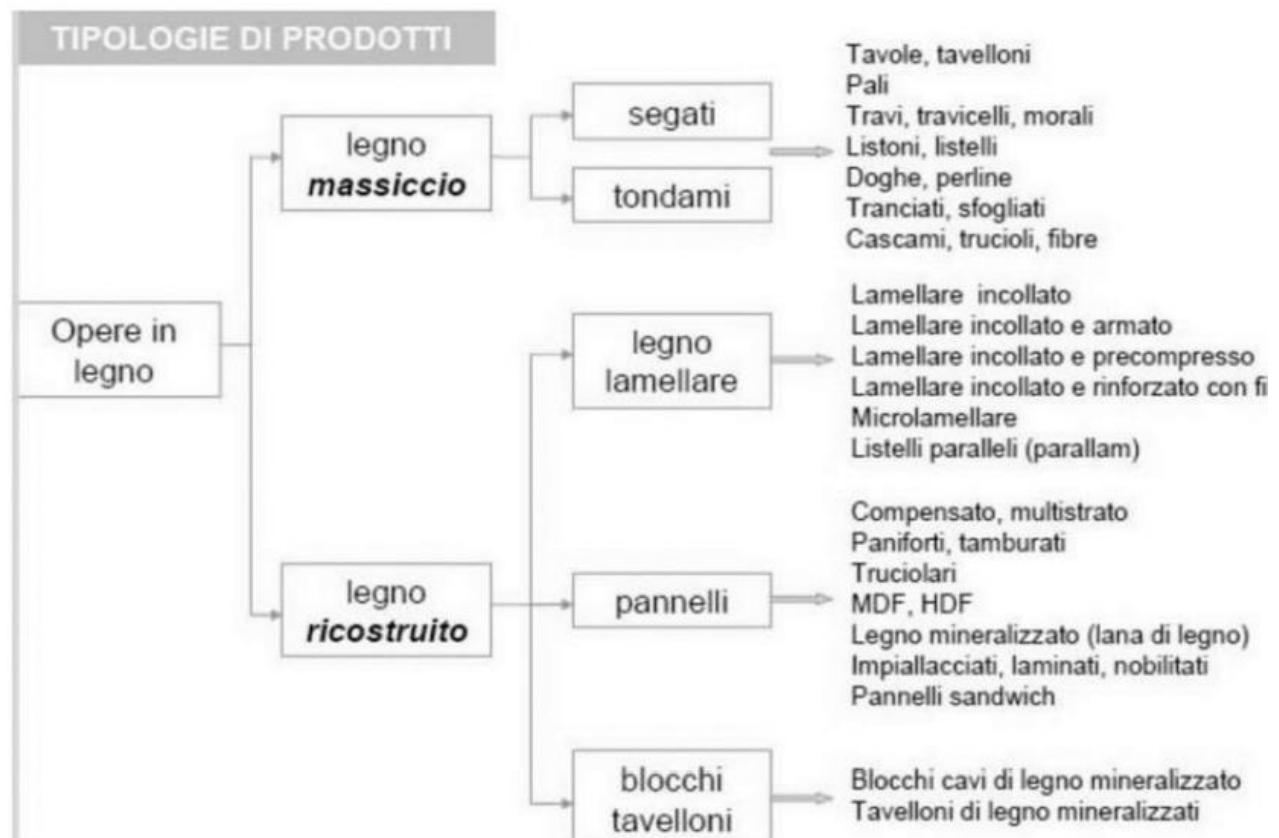
Attenzione: nelle connessioni fra gli elementi strutturali si presentano sollecitazioni in direzioni diverse da quella della fibratura del legno (L, longitudinale)

Resistenza a flessione

L'elemento sottoposto a flessione ha le fibre disposte ortogonalmente rispetto alla direzione del carico, ma le sollecitazioni di trazione e compressione indotte dalla flessione sono parallele alle fibre.



PRODOTTI: LEGNO MASSICCIO – LEGNO RICOSTRUITO



PROCESSO DI PRODUZIONE DEGLI ELEMENTI IN LEGNO MASSICCIO (TRAVI, TAVOLE)

- 1) Abbattimento e trasporto in segheria
- 2) Riduzione alle dimensioni commerciali
 - ♣ Legno tondo o «tondame»
 - ♣ Legno quadrato o sgrossato Travi «uso Trieste» Travi «uso Fiume» e «uso Savigliano»
- 3) Stagionatura
- 4) Lavorazioni superficiali e trattamenti protettivi

Legno segato

Processo di produzione degli elementi di legno massiccio (travi, tavole)

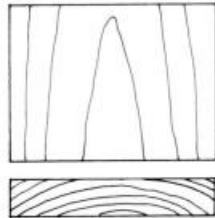
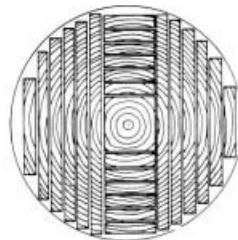
- Travi «a quattro fili»
- Tavole

Principali variazioni dimensionali da ritiro in rapporto al tipo di segagione. La natura delle deformazioni che il legname subisce dipende dalla posizione che il pezzo di legno occupava in origine nel tronco.

Tavole I metodi di taglio influiscono su aspetto e ritiro

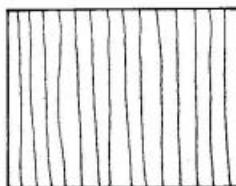
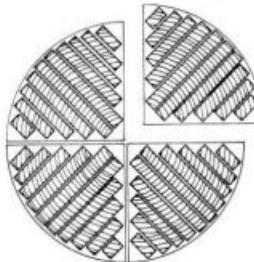
Taglio tangenziale o per piani paralleli.

Tavole di qualità e aspetto non costanti: le tavole laterali hanno venature non regolari e tendono più facilmente a imbarcarsi.



Taglio radiale o per "quartieri"

Tavole di aspetto più regolare, meno deformabili. Gli anelli annuali sono più o meno perpendicolari rispetto alle facce e permettono alla tavola di restare sempre piana al variare dell'umidità.



STAGIONATURA

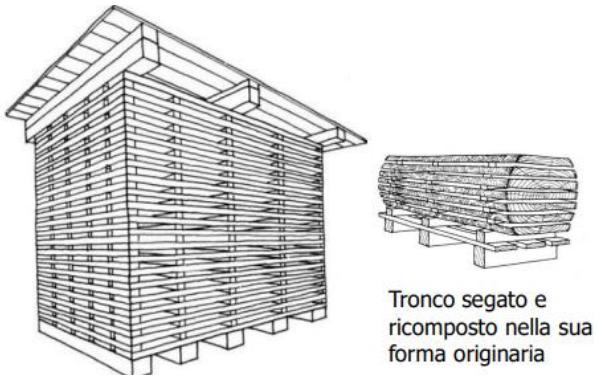
1) Naturale

Mediante accatastamento

2) Artificiale

- Riduzione dei tempi

- Possibilità di ridurre l'umidità del legno a percentuali inferiori a quelle raggiungibili con le tecniche di stagionatura naturale.



Prodotti legno-derivati

Il legno è stato investito da un processo di innovazione tecnologica, con l'obiettivo di ottenere elementi dotati di prestazioni uguali o superiori a quelle del legno:

- elementi lineari (in particolare in legno lamellare)
- pannelli. Un processo favorito dall'introduzione di alcune innovazioni...
- apparecchiature per la lavorazione del legno sempre più sofisticate
- collanti a base di resine sintetiche (dalle prestazioni superiori a quelle delle colle di origine animale)

- nel caso dei pannelli legno-derivati
- dalle intuizioni dei produttori, che intravidero le potenzialità di utilizzo dei cascami delle lavorazioni delle segherie e di cespugli, arbusti, tronchi di piccole dimensioni (da abbattere per uno sviluppo controllato delle foreste).

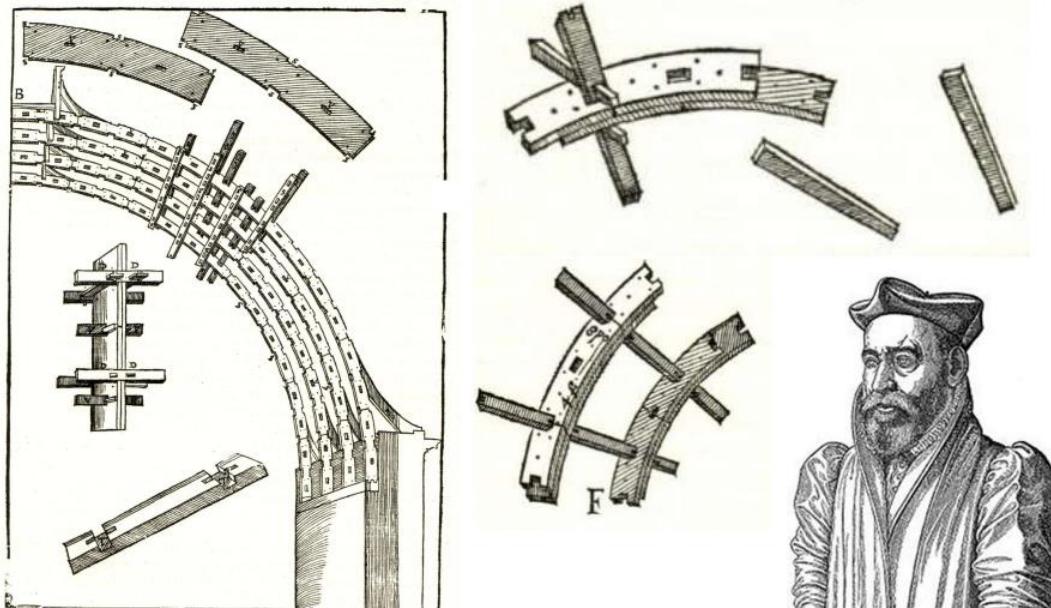
LEGNO LAMELLARE INCOLLATO

L'invenzione del legno lamellare discende dalla volontà di superare alcuni «limiti» del legno massiccio:

- di tipo geometrico, e cioè: – lunghezza e sezione degli elementi
- di tipo qualitativo, e cioè: – difetti, che possono inficiare le prestazioni meccaniche del materiale

ALCUNI ANTECEDENTI DEL LEGNO LAMELLARE

Philibert de l'Orme,
Nouvelles inventions pour bien bastir et à petit fraiz (1561)

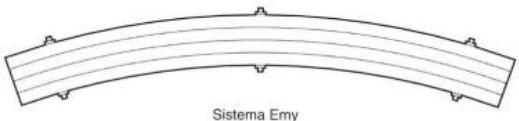


I pacchetti di tavole che costituiscono gli archi, abbandonate le soluzioni a tutto legno del sistema de l'Orme sono qui connessi da elementi metallici.



sistema Wiebeking

Il sistema Wiebeking, che impiegava travi piegate a freddo e tenute a pressione da staffe metalliche e cunei in legno che evitavano possibili scorrimenti.



Sistema Emy

Emy nel 1823, realizzando archi mediante chiodatura di tavole unite in pacchi con bulloni passanti.



Sistema Hetzer

LEGNO LAMELLARE INCOLLATO – PROCESSO PRODUTTIVO

1) SCELTA E PREPARAZIONE DELLE TAVOLE

- Riduzione dei tronchi in tavole

Dimensioni delle tavole: spessore 2-5 cm; larghezza 8-25 cm; lunghezza 1,5-5 m

- Selezione delle tavole e bonifica dai difetti

- Essiccazione

Tassi di umidità compresi fra 7 e 15% (in base alle condizioni di esercizio previste per il manufatto finito)



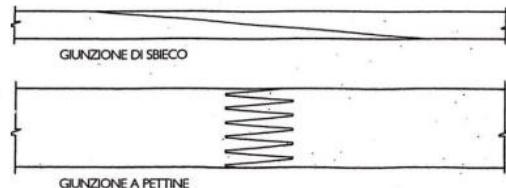
Figura 1.4. Individuazione dei difetti in una tavola destinata all'incollaggio di un elemento in legno lamellare; l'operatore segna la porzione che verrà scartata da una macchina dotata di controllo ottico

2) PRODUZIONE DELLE LAMELLE

- Controllo umidità
- Sagomatura teste
- Incollaggio giunti (la tavola diviene “lamella”)
- Rettifica e piallatura lamelle (per unificare gli spessori)



Le giunzioni complanari tra le lamelle di una trave lamellare (vista in elevazione in scala ridotta nel disegno in alto) devono essere giunzioni di sbieco o a pettine, in modo da trasmettere, tra le tavole che vengono unite per costituire una singola lamella, le forze di trazione e di compressione. Le estremità delle lamelle vengono sagomate mediante apposite segherie a disco ad alta velocità di rotazione.



3) FORMAZIONE DEI MANUFATTI

- Stesura della colla su una faccia delle lamelle

Le lamelle vengono incollate fra loro prevedendo uno sfalsamento fra i rispettivi giunti

TIPI DI COLLE

Alla resorcina:

- si impiegano per manufatti destinati ad ambienti umidi e/o all'aperto;
- possiedono buona resistenza meccanica e all'aggressione degli agenti atmosferici, stabilità all'indebolimento, resistenza al fuoco;
- sono costose e difficili da sottoporre a piallatura;
- sono di colore rosso-bruno.

All'urea-formaldeide:

- si impiegano per manufatti destinati ad ambienti chiusi perché mal sopportano le escursioni climatiche e le intemperie (le normative non ne consentono l'impiego per strutture portanti all'aperto).
- offrono caratteristiche meccaniche assimilabili a quelle delle colle resorciniche;
- in caso di incendio non assicurano una buona tenuta (i giunti si possono scollare prima della combustione) e liberano sostanze tossiche;
- sono di colore chiaro.

• Pressatura

- **Operazioni di finitura:** pirottatura dei “pacchetti” di lamelle, taglio a misura, impregnazione, sagomature e forature per le connessioni metalliche

Operazioni di finitura



Pirottatura dei “pacchetti” di lamelle



Taglio a misura, sagomature e forature per le connessioni metalliche

Dimensioni massime elementi finiti

- Larghezza: 20-22 cm
- Altezza: 200-240 cm
- Lunghezza: teoricamente infinita

Un prodotto di tipo industriale

- Produzione e controllo di qualità in stabilimento
- Produzione in serie di elementi il più possibile standardizzati e ripetuti
- Possibile anticipazione di lavorazioni secondarie dal cantiere allo stabilimento (collegamenti metallici; trattamenti con impregnanti in grado di esercitare una difesa contro agenti patogeni come insetti e funghi)
- Tolleranze di montaggio ridotte

TRSPORTO E FORNITURA IN CANTIERE

Trasporto su gomma

- Fino a 7,50 m il trasporto può essere eseguito con semplici camion tipo motrice.
- Fino a 13,50 m con camion tipo bilico (autoarticolati)

Oltre tali dimensioni massime il trasporto diventa eccezionale:

- si possono impiegare mezzi speciali con rimorchio abbassato o allungabile (fino a 42 m) Se le strutture eccedono i 42 m vanno progettate non come strutture monolitiche, ma a «conci» da assemblare in cantiere.

IL MONTAGGIO IN OPERA

In fase di immagazzinamento, trasporto e poi di montaggio occorre evitare che si producano negli elementi situazioni di sovrasollecitazione.

LEGNO LAMELLARE – LEGNO MASSICCIO: UN CONFRONTO

1_Proprietà di resistenza meccanica migliorate

Resistenza meccanica

Tab. 5.5 Valori tensionali massimi ammissibili per essenze di conifere secondo le classi di qualità (Norma DIN 1052/88)

Caratteristiche	Categorie	Valori tensionali (N/mm ²) (*)			Legno lamellare	
		III	II	I	II	I
Flessione longitudinale alle fibre	$\sigma_{\parallel}/\parallel$	7,0	10,0	13,0	11,0	14,0
Trazione longitudinale alle fibre	$\sigma_{\parallel}/\parallel$	–	8,5	10,5	8,5	10,5
Trazione perpendicolare alle fibre	σ_{\perp}/\perp	–	0,05	0,05	0,20	0,20
Compressione longitudinale alle fibre	$\sigma_{\parallel}/\parallel$	6,0	8,5	11,0	8,5	11,0
Compressione trasversale	σ_{\perp}/\perp	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
Taglio longitudinale	$\tau_{\parallel}/\parallel$	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Taglio trasversale	τ_{\perp}/\perp	0,9	0,9	0,9	1,2	1,2
Torsione	τ_{ϕ}	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6

Modulo di elasticità

Tab. 3.11 Confronto del modulo di elasticità del legno massiccio e del legno lamellare incollato

Modulo E legno massiccio (specie resinose)	80 000 kg/cm ²
Modulo E legno lamellare	100 000 + 110 000 kg/cm ²

La maggiore affidabilità e le migliori prestazioni del secondo derivano:
 - dalla lamellazione;
 - dalla cernita più attenta della materia prima (quindi eliminazione dei difetti costitutivi del materiale).

Tabelle tratte da P. Davoli, *Costruire con il legno*, Hoepli, Milano 2001

2_Ottimizzazione strutturale degli elementi

- Profili a sezione costante
- Profili a «sezione variabile»: gli elementi possono essere progettati e sagomati in modo da seguire l'andamento delle sollecitazioni (e da contenere gli sprechi, quindi i pesi propri).
- La materia: ottimizzazione nel posizionamento delle lamelle all'interno degli elementi.

3_Variazioni dimensionali molto contenute in relazione al variare dell'umidità

4_Comportamento al fuoco Il tasso di combustione è inferiore a quello del legno massiccio (non sono presenti fenditure nel materiale); le resine all'urea-formaldeide danno però luogo a problemi di tossicità dei fumi.

5_Costi di produzione

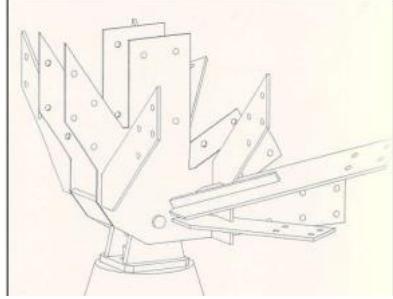
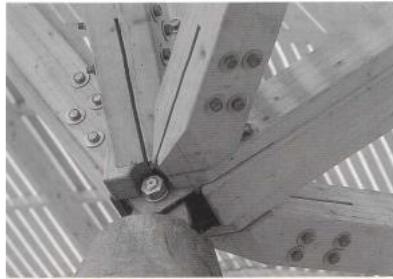
AMBITI D'IMPIEGO DEL LEGNO LAMELLARE

Strutture con grandi luci

sistema statico	descrizione	inclinazione α	luce (m) L (m)	altezza H			
	Trave parallela o poco inclinata su due appoggi	<5°	<30	$H \approx L/17$			
	Trave su due appoggi a doppia pendenza	3-10°	10-40	$H_1 \approx L/30$ $H_2 \approx L/16$			
	Trave inflessa con curvatura a due falde a doppia pendenza	3-15°	10-20	$H_1 \approx L/30$ $H_2 \approx L/16$			
	Trave a salto con rastremazione	<10°	<15	$H \approx L/10$			
	Portale a tre cerniere con montante scomposto in tirante e punzone	≥ 14°	10-35	$H_1 \approx (s_1 + s_2)/15$			
	Portale a tre cerniere a sezione variabile	≥ 14°	≥ 15-50	$H_1 \approx (s_1 + s_2)/15$			
					Capriate a tre cerniere con tirante	≥ 14°	20-100 $H \approx L/40$
					Arco a tre cerniere	$U/L \geq 0.144$	20-100 $H \approx L/30$
					Portale a tre cerniere con giunto d'angolo incollato	≥ 14°	15-25 $H \approx (s_1 + s_2)/15$
					Trave a più campate	0°	10-40 $H \approx L/20$
					Capriata reticolare a correnti paralleli	0°	30-60 $H \approx L/12$
					Capriata a struttura reticolare triangolare	>10°	30-60 $H \approx L/8$

Ambiti d'impiego del legno lamellare

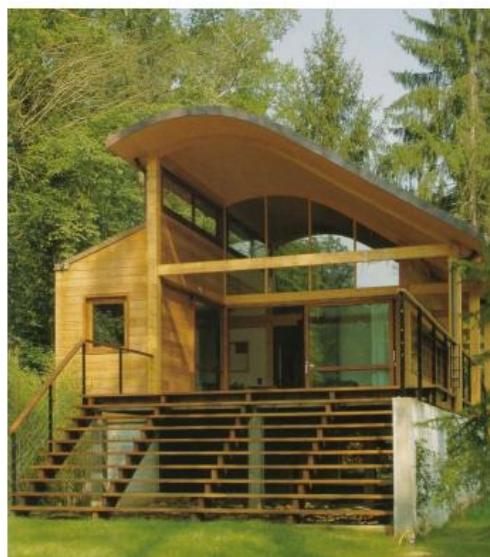
Centro nautico Raoul Fonquerne
Sète, Francia
Yvon Carduner & Associés



Strutture con elementi curvi o a sezione variabile



Strutture con componenti di sezione e luce ridotta per interventi altamente seriali, con un forte livello di ripetitività degli elementi impiegati



Casa in riva alla Senna, Samois-sur-Seine, Francia

Yves Bour e Xavier Esselink

Interventi di recupero del patrimonio edilizio storico



Cross laminated panels (X-LAM)

Pannelli ottenuti sovrapponendo e incollando diversi strati di lamelle di legno, con disposizione incrociata. La disposizione incrociata delle lamelle permette di ridurre a valori trascurabili i fenomeni di rigonfiamento e ritiro dei pannelli, aumentandone notevolmente la resistenza statica e la stabilità dimensionale. Le tavole possono essere incollate o, alternativa meno praticata, giuntate con dei connettori lignei.

SOLAI

Una introduzione Che cosa sono i solai? In generale, la loro classificazione può essere effettuata riferendosi:

- Parametri di natura geometrico-morfologica, relativi all'uso:
 - di elementi lineari (travi);
 - di elementi bidimensionali (pannelli o piastre);
- All'impiego di specifici materiali (legno, acciaio, c.a.) e procedimenti costruttivi (montaggio a secco di elementi prefabbricati, «getto» in opera, ecc.);
- Al modo con cui gli elementi strutturali che li compongono riportano i carichi sulle strutture verticali (direzione prevalente di trasmissione dei carichi).

Il solaio è una struttura soggetta principalmente a flessione: parametro assoluto di scelta fra le alternative possibili è quindi la massima rigidezza flessionale a fronte del minimo peso proprio.

SOLAI UNIDIREZIONALI E BIDIREZIONALI

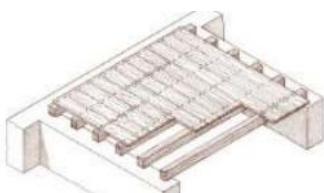
Classificati secondo la direzione prevalente di trasmissione dei carichi, i solai (in generale) si suddividono in:

SOLAI UNIDIREZIONALI

Carichi trasferiti, lungo una sola direzione, **su due lati opposti**.

Possono essere:

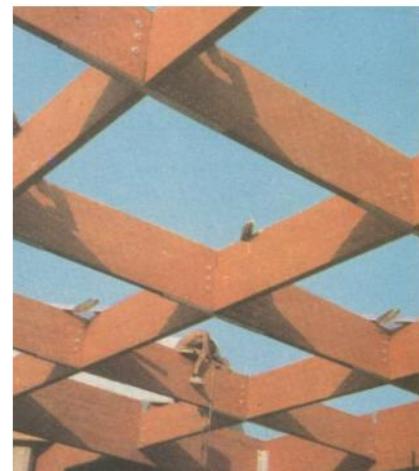
- **a orditura semplice**
- **a orditura composta**



SOLAI BIDIREZIONALI (O MULTIDIREZIONALI)

Carichi trasferiti **su tutti i lati (quattro o più)**.

Riduzione del momento flettente e della «freccia di abbassamento»

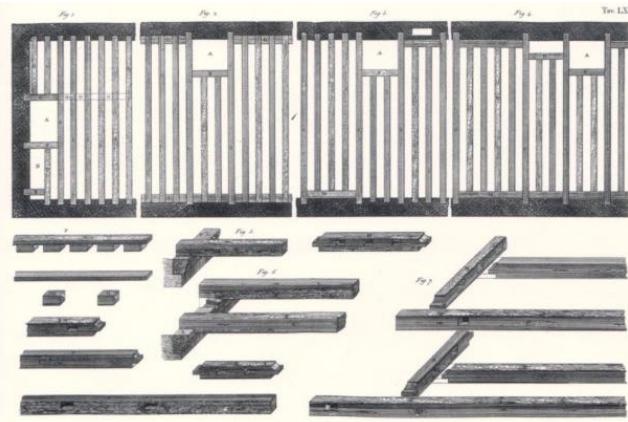


Altri importanti requisiti dei solai:

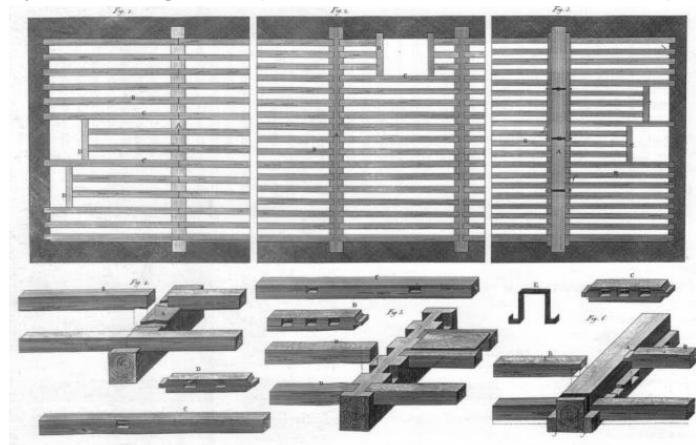
- sicurezza in caso d'incendio
- isolamento termico
- isolamento acustico

SOLAI IN LEGNO

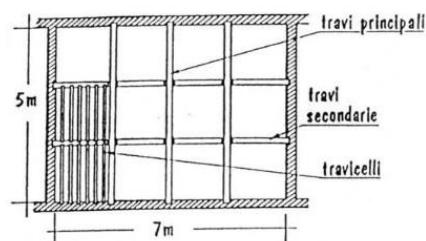
1) Solai in legno di tipo unidirezionale a orditura semplice (per luci < 4-5 m)



2) Solai in legno di tipo unidirezionale a orditura composta. Oltre i 6-7 metri



Esempio di solaio a orditura composta con triplice ordine di travi



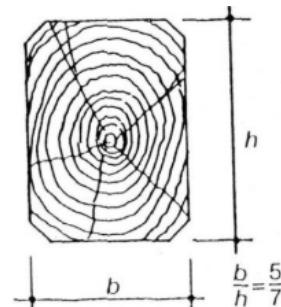
Dimensionamento di massima della sezione delle travi

Dimensionamento di massima per travi principali di solai a doppia orditura ($l \times h$)

dimensionamento travi in cm per un carico totale

300-400 kg/m² residenze e simili | 500-600 kg/m² locali affollati, ecc.

LUCI	distanza in m fra le travi (intervalli)						
	m	3	4	5	3	4	5
4	22x31	24x33	25x36	25x35	27x38	30x42	
5	25x35	27x38	30x42	30x42	32x45	33x47	
6	28x39	31x43	33x47	33x47	37x52	40x56	
7	31x43	33x47	37x52	37x52	41x58	44x62	

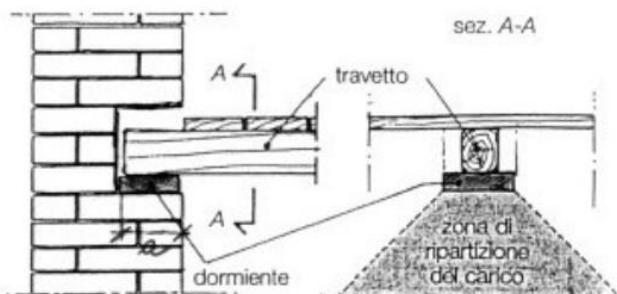


Edilizia premoderna:
rapporto b/h
consigliato per
la sezione
delle travi

L'ANCORAGGIO TRAVE-MURO

Inserimento della trave per una profondità di almeno 20-25 cm e soluzioni volte a far fronte a problemi:

- di distribuzione dei carichi
- di difesa dall'umidità (elemento soprattutto in pietra)
- di difesa dai terremoti

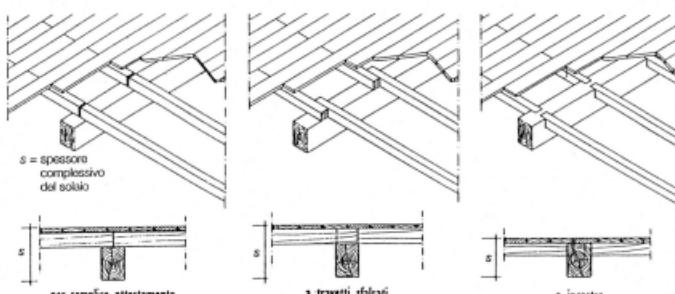


Particolare dell'appoggio dei travetti in legno sulla muratura.

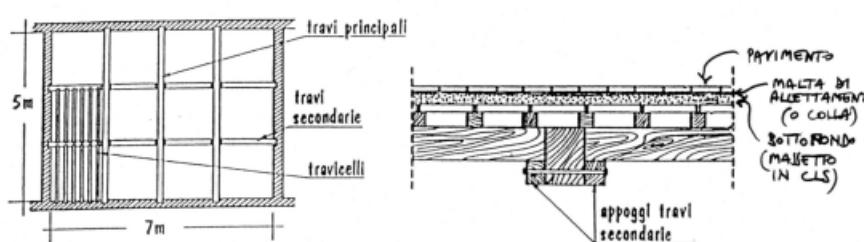


Concatenamento dei muri perimetrali mediante bulzoni.

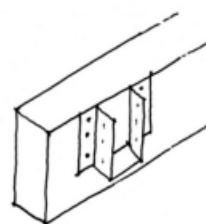
TIPI DI CONNESSIONE FRA TRAVI PRINCIPALI E SECONDARIE



Diversi tipi di appoggio dei travetti sulla trave principale



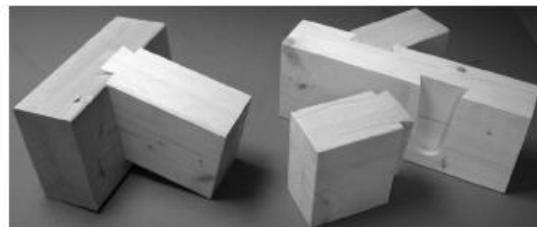
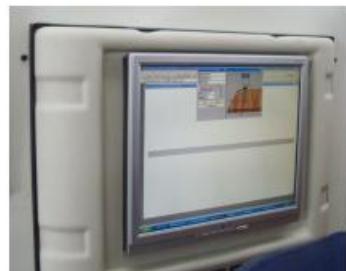
Pianta e sezione di un solaio in legno a orditura composta. Per evitare uno spessore eccessivo di solaio, le travi secondarie sono poste in opera in modo da risultare a filo con quelle principali, tramite appositi appoggi.



Una versione moderna della medesima soluzione

Nell'edilizia tradizionale spesso si usano pochi elementi metallici. Queste connessioni a tutto legno

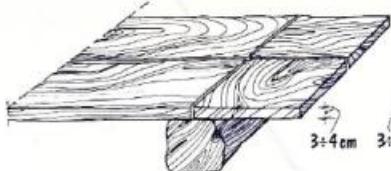
Lavorazioni a controllo numerico



PIANO DI CALPESTIO

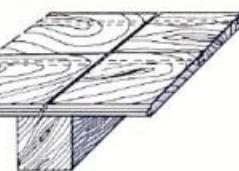
Diverse modalità di realizzazione

Solaio con travi sbizzurate e tavolato che funziona anche da pavimento

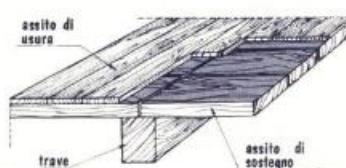


3-4 cm

Solaio con travi squadrate e assito di tavole collegate a incastro



Solaio con doppio tavolato, di usura e di sostegno

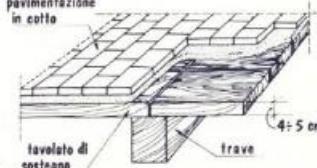


pavimentazione in cotto

tavolato di sostegno

trave

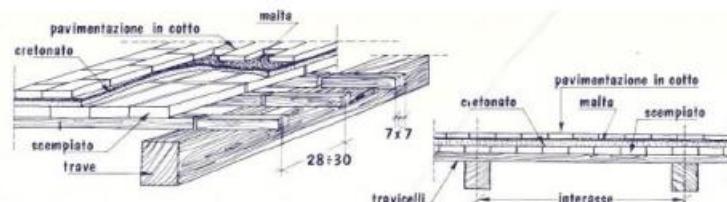
Solaio con tavolato, massetto e pavimentazione in cotto



trave

Elementi in cotto con interassi molto piccoli. Tradizione tipica del centro Italia, rende i solai un elemento di caratterizzazione dell'architettura

Solaio con «scempiato» in mezzane o pianelle in cotto a sostegno degli strati del sistema di pavimentazione

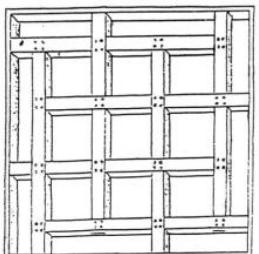


Tavolato con spessore di 3-4 cm che funge da pavimento

SOLAI IN LEGNO DI TIPO BIDIREZIONALE

- ♣ Configurazione geometrica della griglia di travi
- ♣ Sistema di collegamento delle travi (risolto nelle soluzioni storiche con incastri a tutto legno, perni e chiodature metalliche)

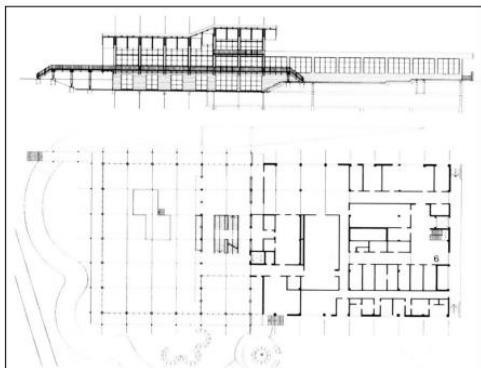
Soluzioni ad incastro



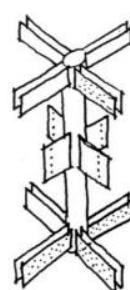
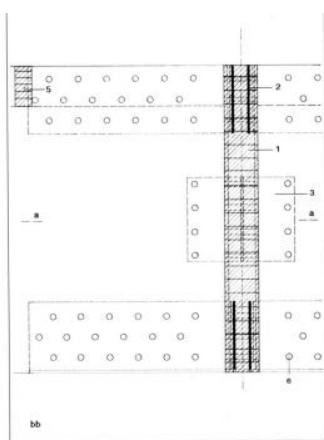
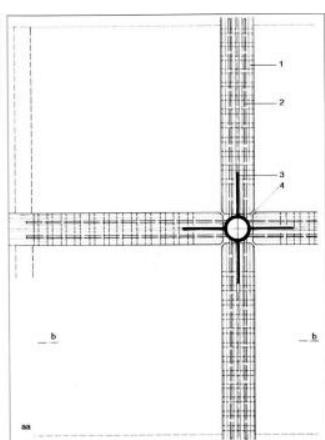
S. Serlio, *Tutte le opere di architettura*
di Sebastiano Serlio, Venezia 1584

Solai di tipo bidirezionale: modalità d'impiego nell'edilizia contemporanea

Esempio: Centro sociale a Kiel (arch. Weidling e Werner, 1986-88)

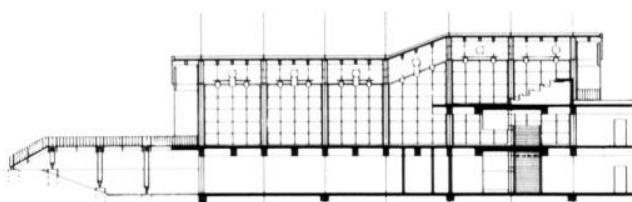


Sala principale 30 x 30 m, impostata su una maglia di 5 x 5 m



Dettagli costruttivi delle travi parete scala 1:20

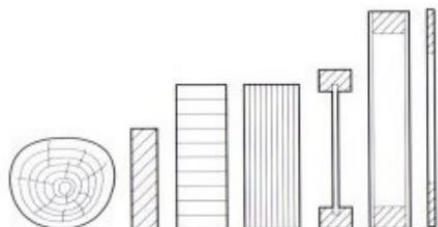
- 1 struttura principale: trave parete in legno lamellare 200/1800 mm
- 2 doppia piastra inferiore e superiore in acciaio 400/1200 mm
- 3 piastre centrali in acciaio 250/500 mm
- 4 tubo verticale in acciaio Ø 159/25 mm
- 5 struttura secondaria: trave in legno lamellare 100/240 mm
- 6 tasselli in acciaio



L'unione fra le travi viene garantita da connettori in acciaio, elementi progettati ad hoc.

Evoluzione del tradizionale solaio in legno, legata alle possibilità d'impiego e alle prestazioni di materiali legno-derivati

Per i solai possono essere utilizzate diverse travi



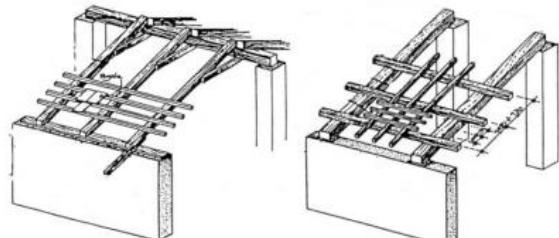
Sezioni trasversali di travi in legno. Da sx verso dx:

- trave in legname tondo
- trave in legno massiccio a sez. rettangolare
- trave in legno lamellare - trave in microlamellare
- trave composta ad I (o doppia T)
- trave composta a cassone
- trave reticolare

COPERTURE A STRUTTURA LIGNEA: CAPRIATE

In presenza di muri portanti longitudinali, sul sostegno centrale, nel caso non ci sia un muro continuo, si può collocare una trave di colmo sulla quale impostare il sistema di copertura

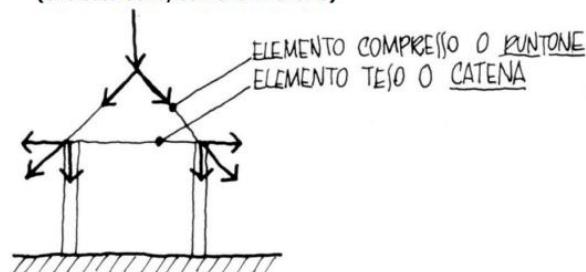
... in presenza di pilastri o muri di spina



In assenza di pilastri vengono utilizzate le capriate, inventate e utilizzate dai romani per coprire luci importanti. Struttura triangolare che sfrutta la caratteristica del triangolo di essere una figura indeformabile. I collegamenti sono ad incastro e spesso ci sono degli elementi di sostegno metallico. La peculiarità è che le aste restituiscono sui muri d'ambito carichi verticali. Le componenti orizzontali si elidono a vicenda grazie alla catena, tirante

... in loro assenza

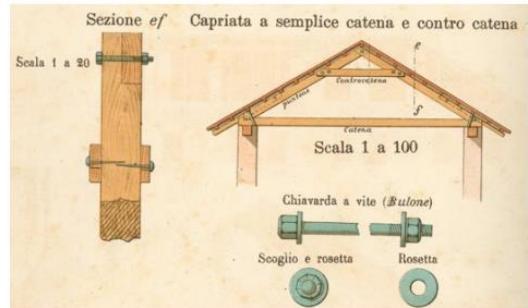
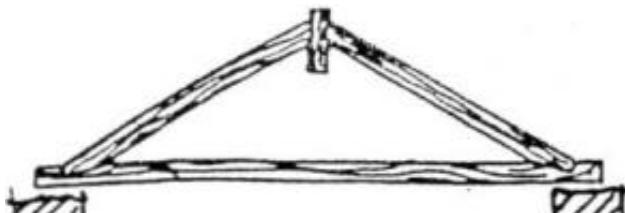
CAPRIATE
(che cosa sono, come funzionano)



TIPI DI CAPRIATE AL VARIARE DELLA LUCE

- CAPRIATA SEMPLICE (LUCI 4-5m)

Unione a mezzo legno. In cima viene intagliata parte della sezione, presenza di una controcatena

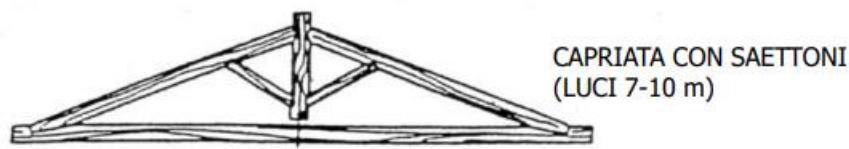


Nodo fatto grazie ad un elemento ligneo, il puntone è un elemento compresso mentre la catena è un elemento teso

CON L'AUMENTO DELLE LUCI SI AGGIUNGONO DEGLI ELEMENTI



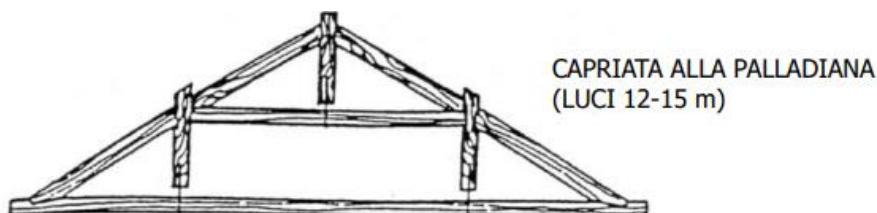
CAPRIATA CON MONACO
(LUCI 5-7 m)



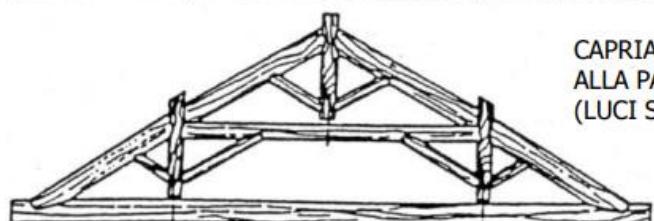
CAPRIATA CON SAETTONI
(LUCI 7-10 m)

Monaco: Elemento verticale staccato dalla catena, solitamente viene aggiunta una faccetta metallica che passa intorno alla catena, abbraccia la catena ma non la vincola. Entra in gioco in caso di inflessione della catena. Questa fascetta metallica ha anche il compito di garantire la complanarità tra le aste. Il monaco è soggetto a sollecitazioni di trazione.

Saettoni: elementi compressi, viene impostata in modo da collegarsi al puntone a circa un terzo della sua lunghezza



CAPRIATA ALLA PALLADIANA
(LUCI 12-15 m)

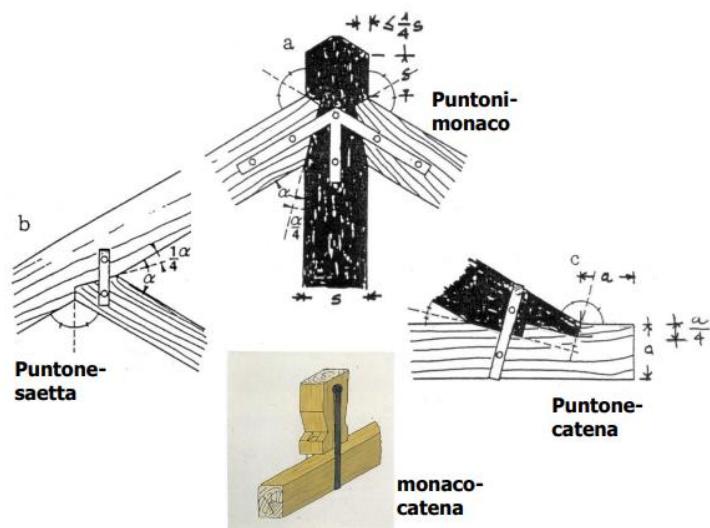
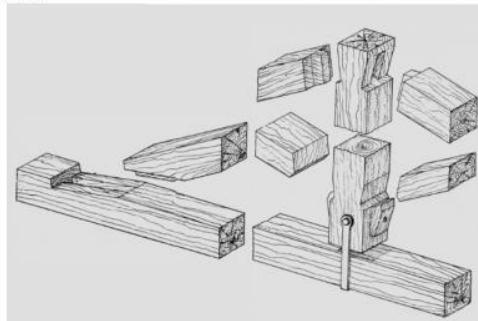
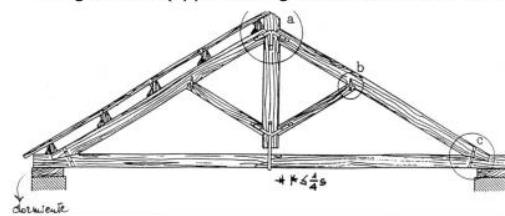


CAPRIATA COMPOSTA
ALLA PALLADIANA
(LUCI SINO A 30 m)

ORGANIZZAZIONE DEI NODI

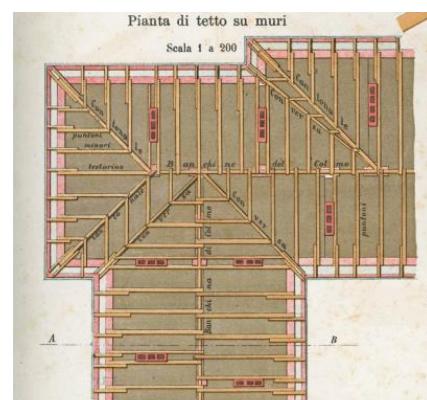
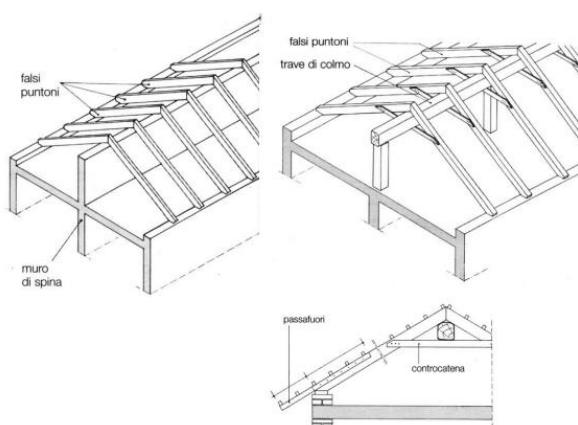
Nei nodi gli intagli devono essere minimi con supporti (staffette..) per evitare di compromettere la resistenza della struttura. La testa del puntone nel nodo con la catena deve essere affilata

intagli minimi (apporto integrativo di staffature e bullonature)

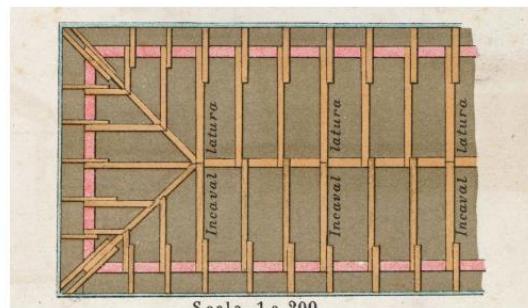
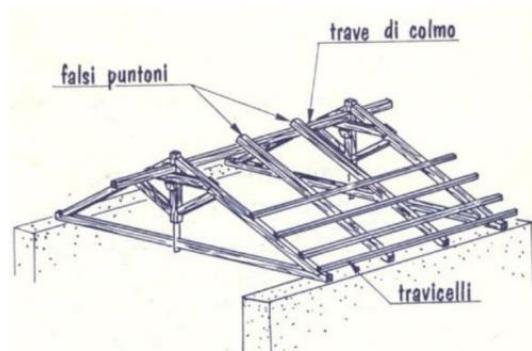


ORDINATURA ALLA PIEMONTESE

Una serie di travi inclinate, i falsi puntoni, poste a interasse «piccolo» (ricorrente: 1,30 – 1,70 m) È un sistema che riporta i carichi sulle strutture verticali in modo più ripartito.



Sistema che permette di avere un carico più ripartito

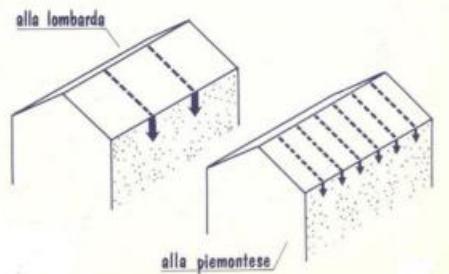


ORDITURA ALLA LOMBarda

È caratterizzata dalla presenza delle terzere, travi poste parallelamente alla linea di gronda. Le terzere, quando non appoggiano direttamente su pareti trasversali, appoggiano su falsi puntoni o capriate, disposte a interasse max di 3-4 m. È un sistema che riporta i carichi sulle strutture portanti verticali in modo più concentrato.

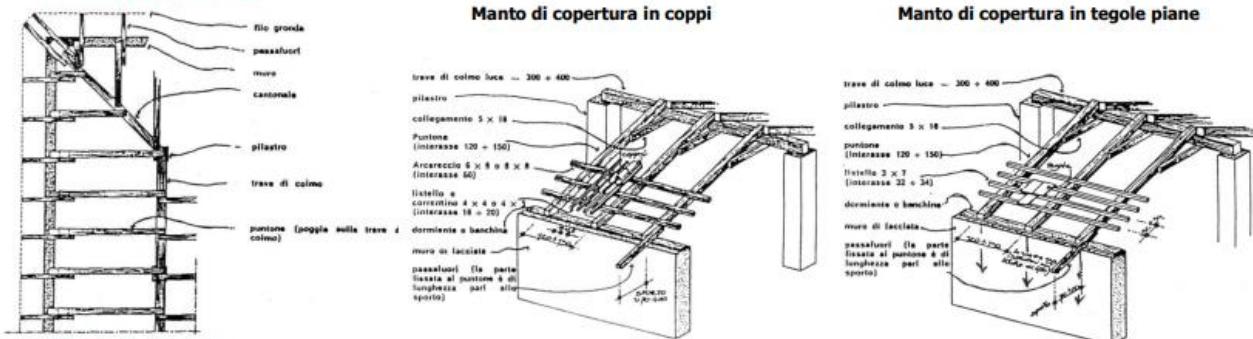


CONFRONTO

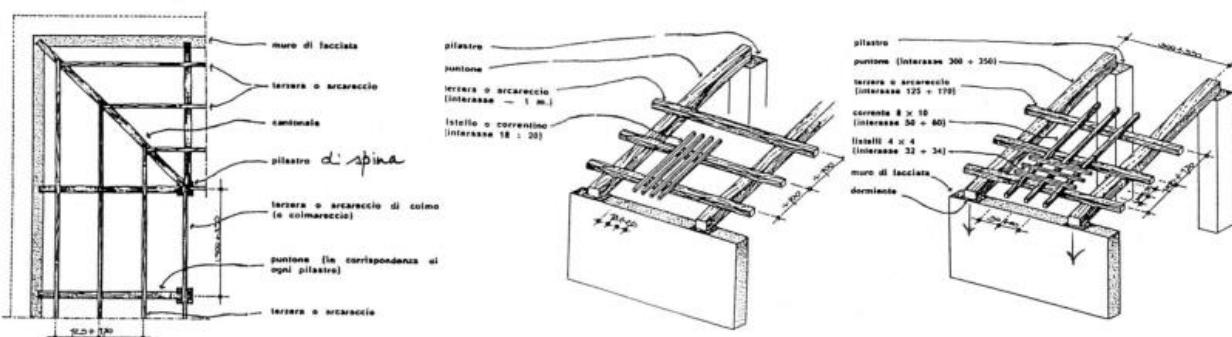


Orditura principale e secondaria in coperture a struttura lignea secondo gli schemi:

1) alla piemontese



2) alla lombarda



SISTEMA COSTRUTTIVO A TRONCHI SOVRAPPOSTI

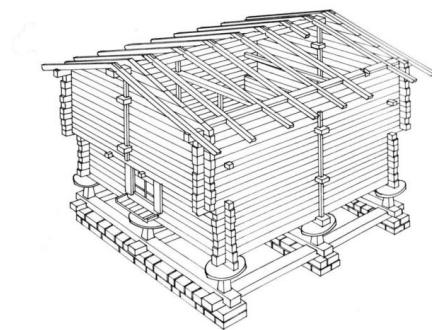
(blockbau, log constructions, construction en rondins)

In sintesi, questo sistema com'è organizzato? (tronchi sovrapposti ... la stabilità è garantita dagli incastri angolari ...). Questo sistema è principalmente usato in Nord America e in Europa settentrionale, sistema adatto per i climi più rigidi.

Il legno è un materiale anisotropo

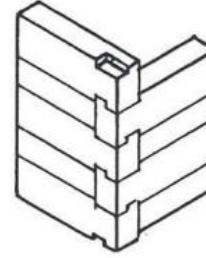
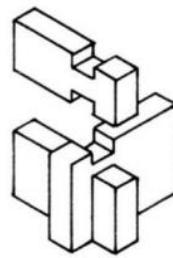
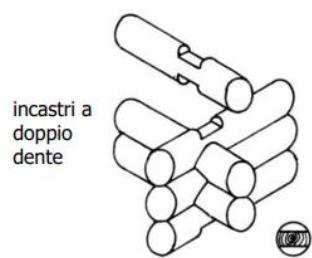
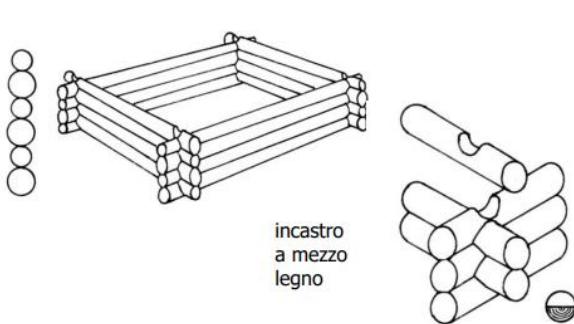
Considerazioni di natura generale legate alle modalità d'impiego, nel sistema blockbau, del legno:

- isolamento termico (...)
- ritiro radiale e tangenziale
- resistenza meccanica (...)

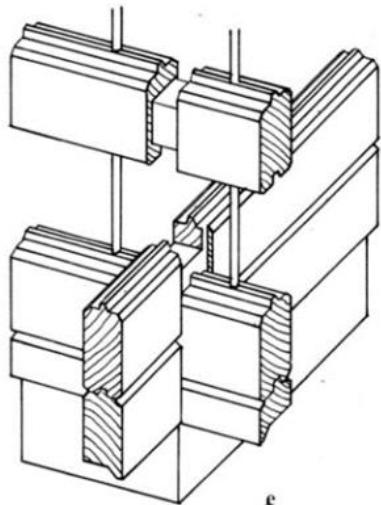


1) Stabilità del sistema costruttivo: si ottiene tramite incastri d'angolo

Per garantire la stabilità del sistema costruttivo si devono realizzare degli incastri sugli angoli. Ai vertici della maglia i singoli tronchi vengono intagliati e incastrati reciprocamente secondo diverse tecniche. Le soluzioni principali sono incastro a mezzo legno (incastro effettuato in posizione arretrata per evitare il rischio di sfilamento dei tronchi). Nel caso dell'incastro a mezzo legno ciascun pezzo viene intagliato nella parte superiore. Un altro tipo di caso è quello a doppio dente.



Invece di far fuoriuscire i pezzi dall'incastro lasciando uno spigolo senza elementi che fuoriescono



Tiranti metallici verticali a vite (serrati tramite bulloni e rondelle) per bloccare ulteriormente la connessione d'angolo

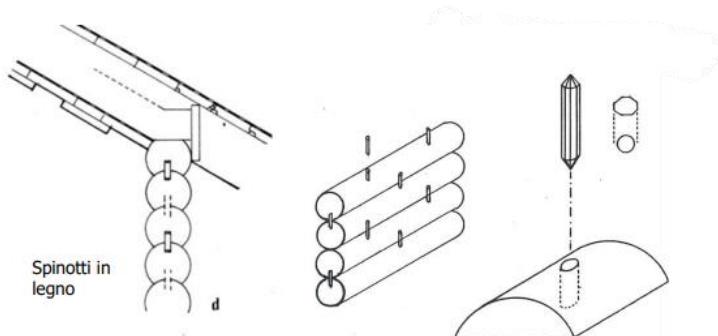
Ulteriori ed eventuali accorgimenti costruttivi a vantaggio della stabilità:

- **lucchetti**: elementi di legno che vengono fatti sporgere dalla parete e che sono forati come un ago. Hanno il compito di tenere in posizione i tronchi che compongono la parete

- tasselli e spinotti di legno



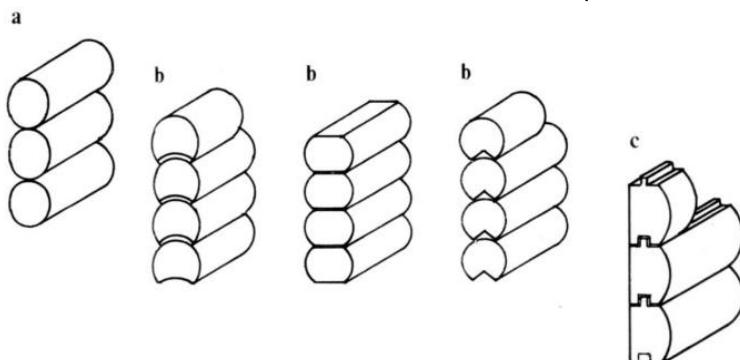
lucchetti



2) Organizzazione delle pareti a tronchi sovrapposti

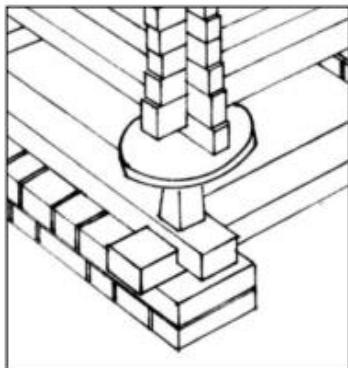
Ritiro e deformazioni del legno: come garantire tenuta all'acqua e all'aria? Legno e conducibilità termica: come migliorare le prestazioni di resistenza termica delle pareti?

Soluzioni adottate nell'edilizia tradizionale e in quella contemporanea.



3) Attacco a terra

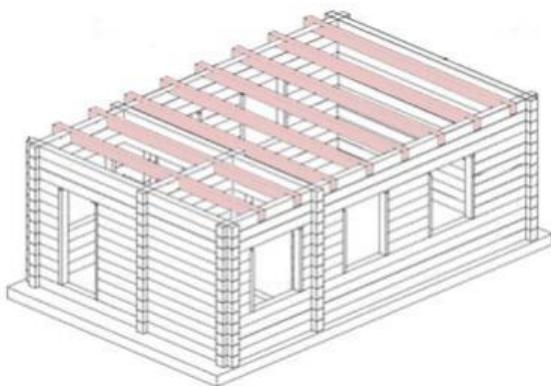
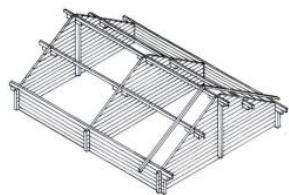
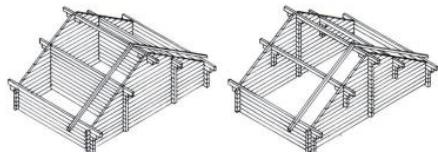
Si sono sviluppate diverse soluzioni soprattutto nell'edilizia alpina



Disco di pietra utilizzato in costruzioni di tipo agricolo, obiettivo: impedire la possibile risalita di topi e l'ingresso di altri animali

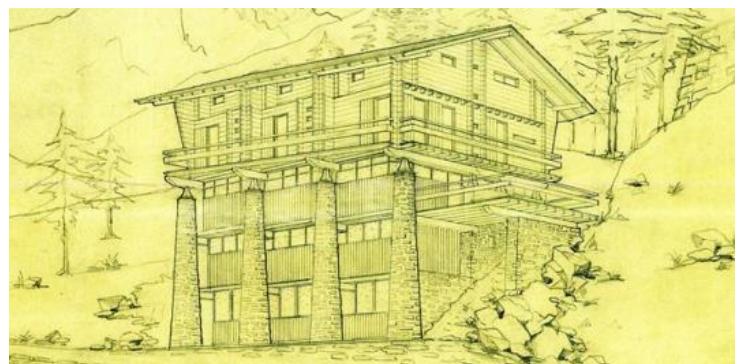


4) Solai e coperture



Franco Albini, Albergo-rifugio per ragazzi Pirovano (Cervinia, 1948/52)

Pirovano commissiona ad Albini una casa per la sua famiglia a Cervinia, con annessa sede della scuola di sci, ma il progetto si trasforma poi in un albergo-rifugio per ragazzi. Albini reinterpreta il procedimento costruttivo delle baite valdostane, i «rascard», dando notevole rilevanza alla funzione strutturale dei supporti a fungo, e riservando grande attenzione agli incastri tra gli elementi lignei, studiati nei minimi dettagli.



«Come **reazione alla situazione urbanistica esistente**, l'edificio che qui viene illustrato ... si propone il problema **dell'ambientamento nel paesaggio alpino**, valendosi di quelle esperienze dell'architettura antica della Valle d'Aosta tuttora attuali e aderenti allo spirito moderno; e in reazione all'impiego ottuso di metodi costruttivi e di materiali, come cemento armato, blocchetti di cls, tetti di lamiera, difficilmente assimilabili all'ambiente se non impiegati con sensibilità attenta, **la programmatica limitazione ai mezzi costruttivi tradizionali e ai materiali naturali vuole accentuare l'esigenza di un profondo adeguamento alla natura e al costume del luogo.**

Non occorre certamente precisare che **non si vuol parlare di architettura folcloristica**, ma di un'architettura che non sia ambientalmente, e quindi urbanisticamente, indifferenziata e, ancora una volta, si vuol dire che **l'architettura moderna non consiste nell'uso di materiali e di procedimenti costruttivi nuovi, ma che tutti i mezzi costruttivi sono validi in tutti i tempi purché logici e ancora efficienti**».

(*Albergo per ragazzi a Cervinia*, in "Edilizia Moderna", n. 47, dicembre 1951, pp. 67-74)

Carlo Mollino, Rascard Garelli (Champoluc, 1963/65)

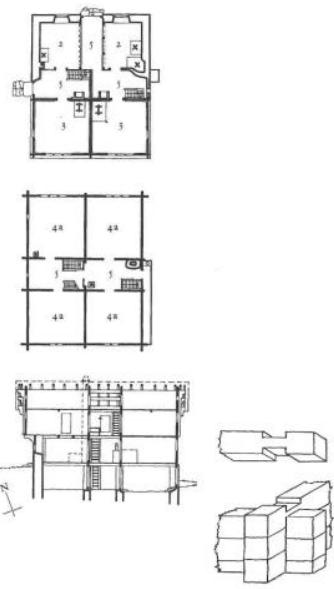
Casa Garelli è costruita con il materiale ricavato dallo smontaggio dell'antico rascard Taleuc per rispondere al desiderio del committente, appassionato delle costruzioni dei Walzer a blockbau. Particolare è l'interpretazione che Mollino dà dei boieri (funghi), generalmente in legno con testa di pietra, tipici di queste costruzioni, stilizzandone la forma e realizzandoli interamente in granito.



Gion A. Caminada a Vrin (Svizzera)

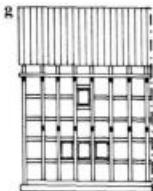


Doppelwohnhaus am Dorfplatz von Vrin, errichtet 1753:
Ansicht, Grundriss und Schnitt.
(Aus: Simonett, Christoph. A. a. O., S. 125.)
Semi-detached house in Vrin village square, constructed
in 1753: Perspective, floor plans and sectional view.
(From: Simonett, Christoph. op.cit. p. 125)

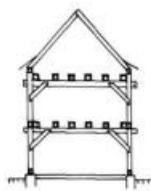


«...tutto iniziò con delle semplici cascine. Dieci anni fa mi sono domandato come fare a modernizzare queste case e a modificare questo tipo di costruzione affinché possa corrispondere alle esigenze di oggi, senza però distruggere il tipo di costruzione. In seguito ho iniziato a progettare con le cellule. Piantavo semplicemente le cellule spaziali e le avvolgevo con delle pareti...»

SISTEMA COSTRUTTIVO A GRATICCIO (a colombage)



Pilastri alti più piani

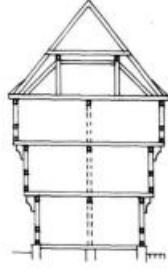
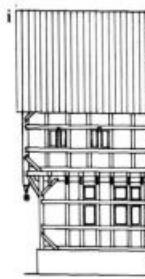
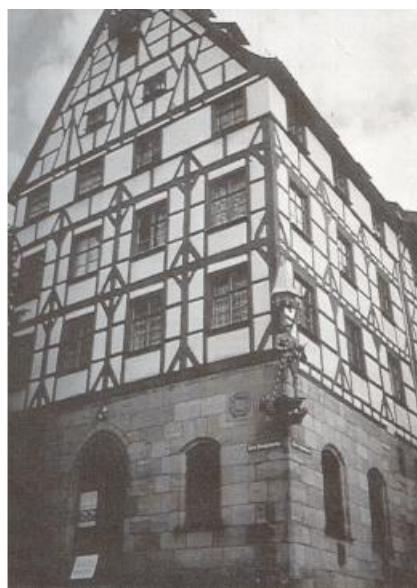


Organizzazione struttura portante

- Pilastri e travi
- Elementi di riquadro delle aperture
- Elementi di controvento, elementi di irrigidimento della maglia strutturale, messi diagonalmente



Pilastri alti max 1 piano



CONNESSIONE ELEMENTI

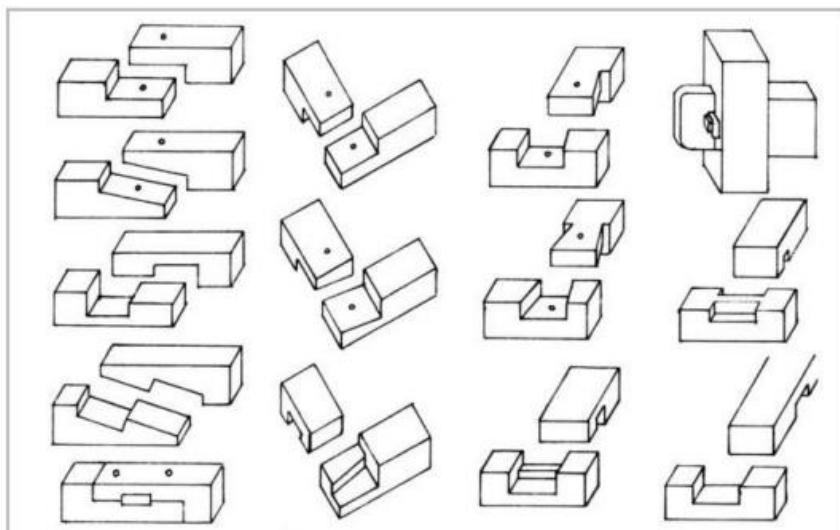
Unioni di testa

Incastri semplici

(fori per l'inserimento di «cavicchi» in legno)

Incastri a dente

Incastro semplice con bietta



Unioni ad L

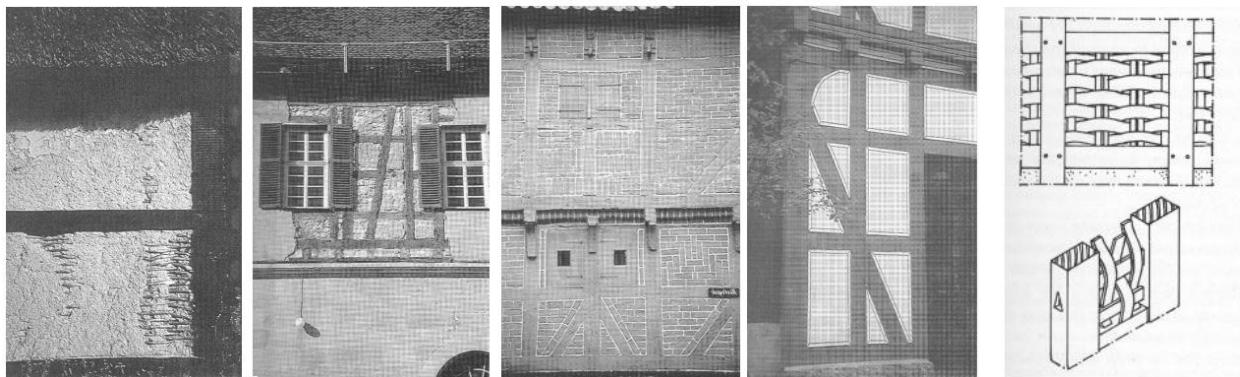
Unioni a T

Unione a tenone e mortasa

Mondo artigianale in cui queste connessioni possono essere di vario genere

TAMPONAMENTI

I tamponamenti solitamente sono in materiale lapideo e spesso intonacati, sottolineando elementi di controvento



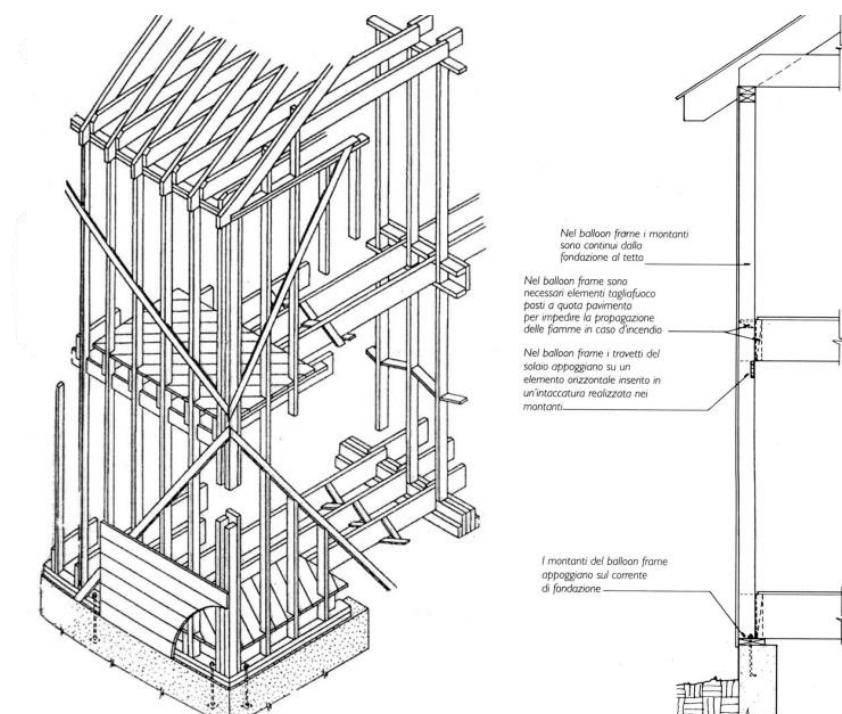
SISTEMA BALLOON FRAME

George Washington Snow inventò questo sistema costruttivo negli anni 30, "balloon" pallone, "frame" telaio, (telaio leggero come un pallone). Invenzione nei primi decenni dell'Ottocento in Nord America da parte dei coloni europei (grazie all'abbondanza di legname). Le connessioni vengono fatte con i chiodi. La sua diffusione è dovuta anche grazie alla diminuzione dei costi per ottenere elementi segati di piccole dimensioni.

1) Condizioni alla base della sua invenzione e diffusione

2) Organizzazione costruttiva:

- montanti ... (interassi, sezioni)
- travetti
- collegamento con i montanti ed elementi tagliafuoco
- tavolato di chiusura e irrigidimento del sistema
- controventi, diagonali che irrigidiscono l'edificio



SISTEMA PLATFORM

Il sistema Platform Frame è ideale per costruire case e altri edifici prefabbricati multipiano in legno. Con questo sistema è possibile realizzare edifici residenziali singoli e condominiali fino a quattro piani.

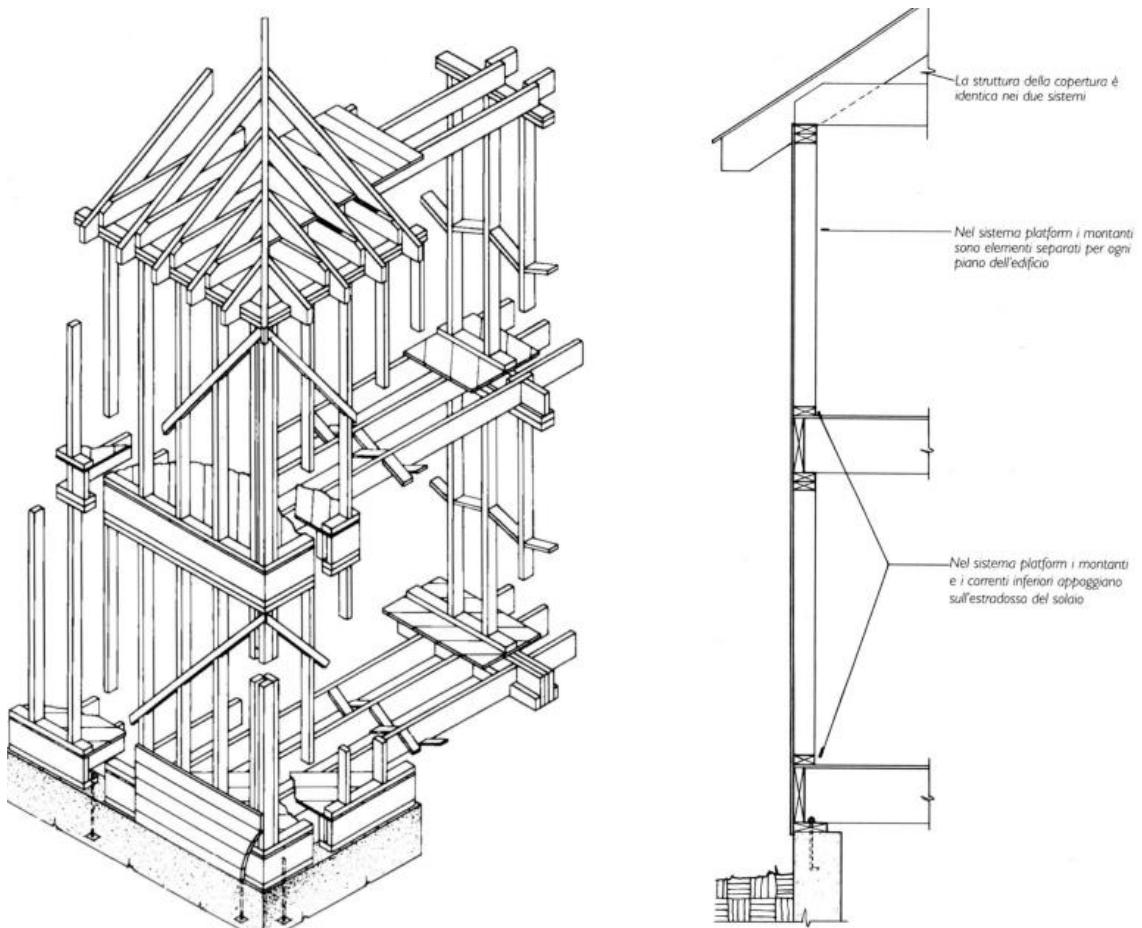
Per questo motivo è particolarmente adatto a realizzazioni in legno per Social Housing: strutture per emergenze abitative e spazi collettivi condivisi.

Il sistema garantisce ottime capacità di coibentazione e resistenza al sisma: vanta il coefficiente di struttura più alto fra le tipologie costruttive in legno. Rappresenta inoltre una metodologia economica, di facile montaggio.

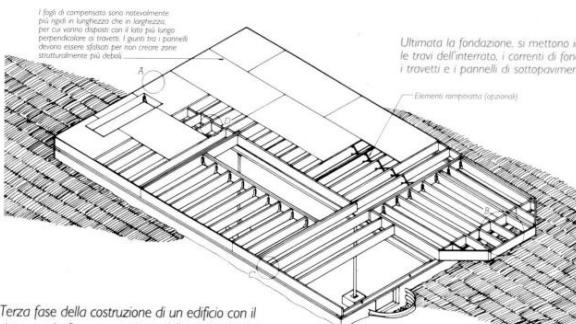
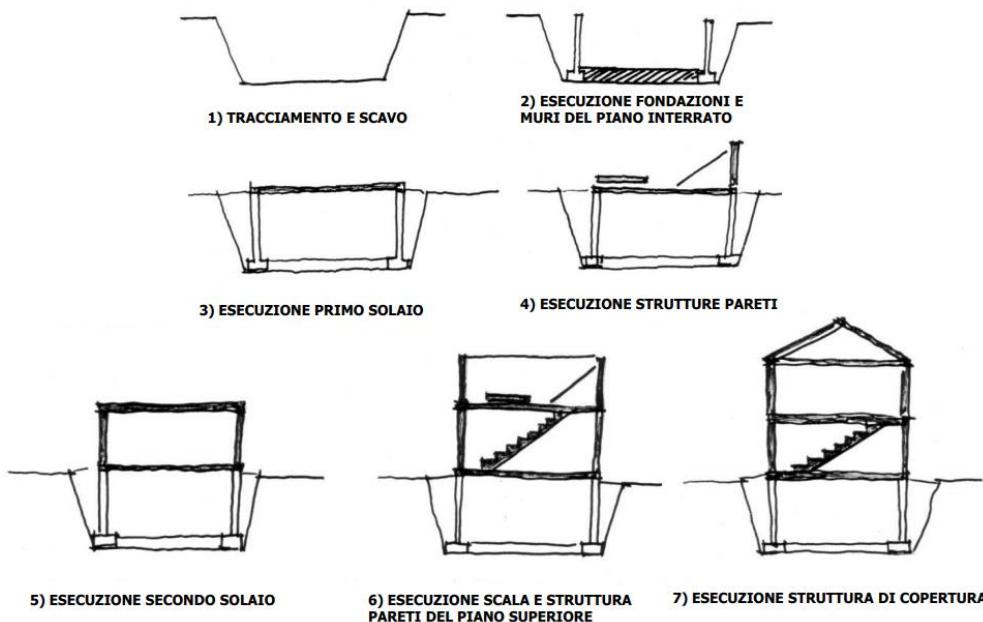
Nel sistema costruttivo Platform Frame ogni piano di un edificio funge da piattaforma per i piani superiori. Il sistema, nato in Nord Europa, è molto diffuso nel Nord America.

Ogni parete o solaio è formato da montanti verticali in legno lamellare o KVH posti ad interasse. Sui lati esterni viene posizionato il pannello di rivestimento strutturale OSB che copre completamente il telaio, attraverso l'utilizzo di chiodi ad aderenza migliorata ed angolari metallici.

Il sistema Platform Frame si basa generalmente su platea in cemento armato. Il collegamento fra la struttura in legno e le fondazioni viene assicurato mediante opportune barre filettate in acciaio o tasselli a pressione.

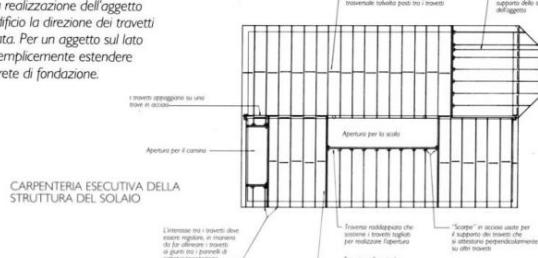


FASI DI ESECUZIONE DI UN EDIFICIO SISTEMA PLATFORM

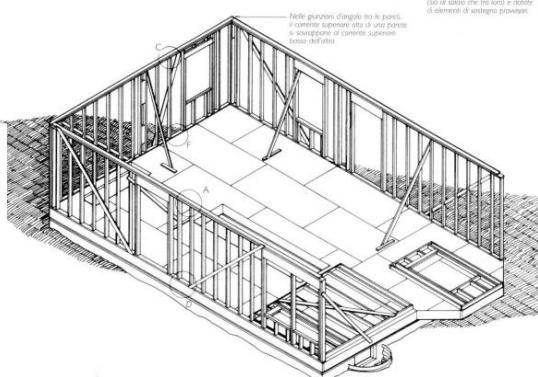


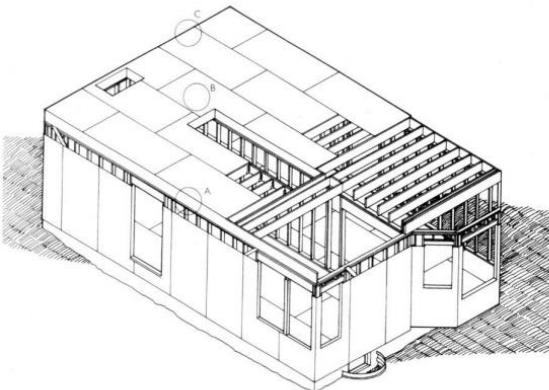
Terza fase della costruzione di un edificio con il sistema platform: esecuzione della struttura del solaio del piano terra.

Si osservi che per la realizzazione dell'oggetto sul lato corto dell'edificio la direzione dei travetti deve essere cambiata. Per un oggetto sul lato lungo basterebbe semplicemente estendere i travetti oltre la parete di fondazione.



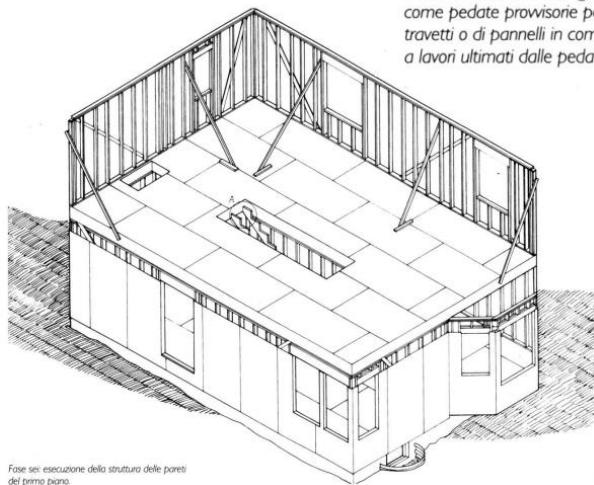
Quarta fase della costruzione di un edificio con il sistema platform: esecuzione delle strutture delle pareti.



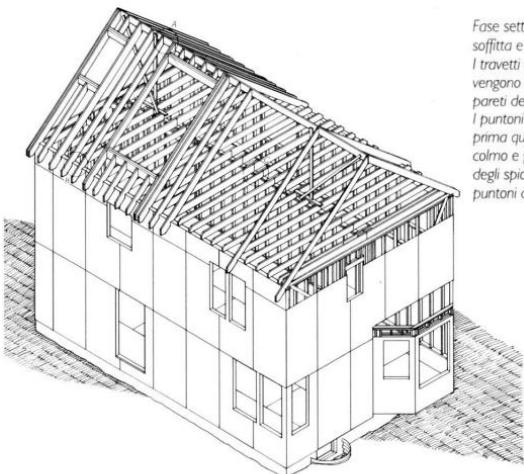


Quinta fase della costruzione di un edificio a due piani con il sistema platform: esecuzione del solaio del primo piano.

Una volta completata la struttura e ultimato il tamponamento delle pareti del piano terra, gran parte degli elementi di sostegno provvisorio possono essere rimossi. L'esecuzione del solaio del primo piano è identica a quella del solaio del piano terra. I travetti appoggiano sul corrente superiore doppio delle pareti.

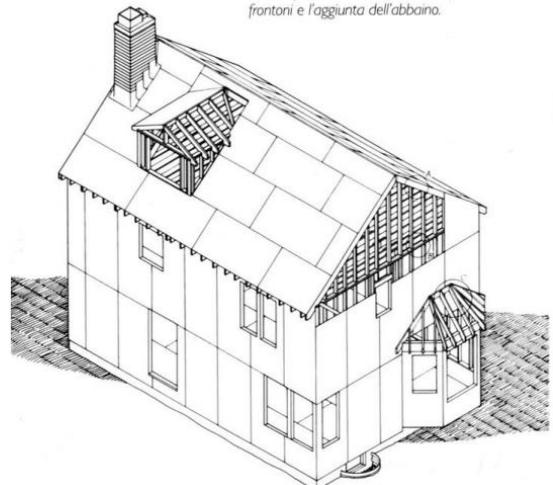


Fase sei: esecuzione della struttura delle pareti del primo piano.



Fase sette: esecuzione della struttura della soffitta e della copertura.

I travetti che costituiscono il solaio della soffitta vengono inchiodati ai correnti superiori delle pareti del piano sottostante. I puntoni vengono messi in opera in due tempi: prima quelli necessari a sostenere la tavola di colmo e poi tutti gli altri. Ai bordi delle aperture degli spioventi vengono collocati traversi e puntoni doppi.

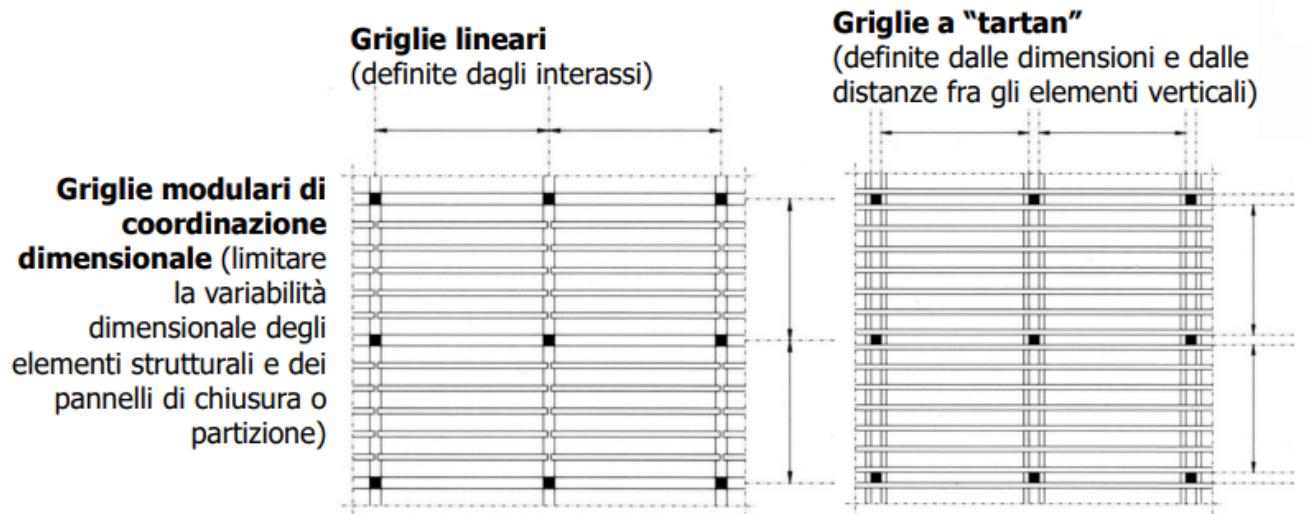


Fase otto: completamento della struttura. La struttura dell'edificio viene completata con l'applicazione degli elementi di tamponamento della copertura, l'esecuzione delle pareti dei frontoni e l'aggiunta dell'abbaino.

Per una lettura in chiave comica della prefabbricazione nei sistemi tipo balloon frame, cfr. il film di Buster Keaton, *One Week*, 1920. <https://dai.ly/x5lka2x>

SISTEMI AD OSSATURA PORTANTE

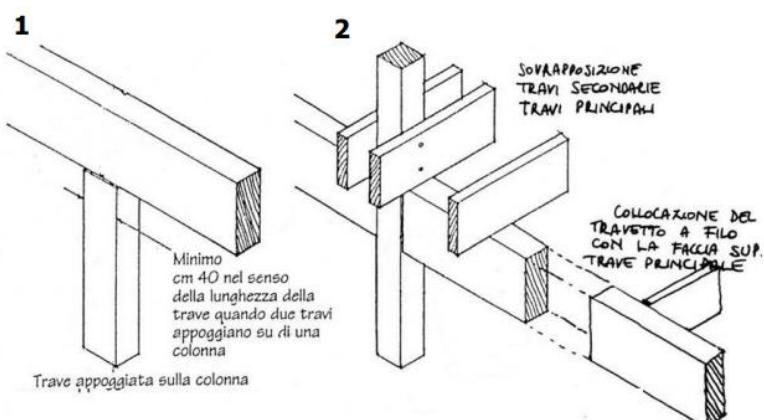
- Struttura portante composta da pilastri, travi e controventi. Le travi principali portano poi una struttura secondaria di solaio composta da travetti o elementi prefabbricati planari.
- Elevata flessibilità distributiva e libertà nel posizionamento delle aperture (struttura portante e tamponamenti sono indipendenti fra loro).
- La progettazione di questi edifici si avvale di solito del ricorso a griglie di coordinazione dimensionale (elementi strutturali, di chiusura, di partizione).
- Le connessioni sono realizzate con elementi metallici, più raramente a tutto legno.
- Per gli edifici residenziali si sono dimostrate convenienti luci delle travi principali comprese fra 4 - 6 m.



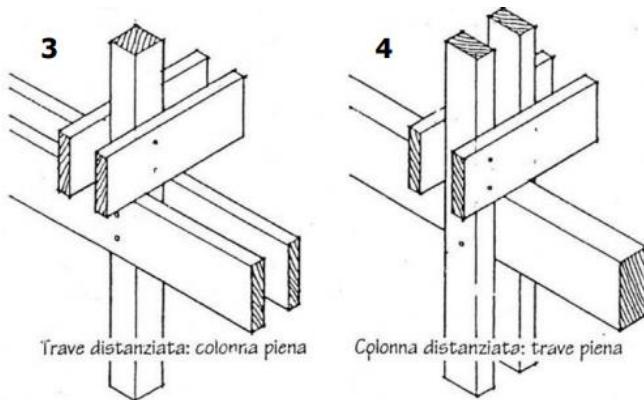
ARTICOLAZIONE DELLA MAGLIA STRUTTURALE

Relazione fra pilastri e travi principali. Ad esempio:

1. Pilastri e travi a sezione unitaria: pilastri interrotti ai piani, travi continue.
2. Pilastri e travi a sezione unitaria: pilastri continui su più piani, travi interrotte.
3. Pilastri a sezione unitaria e travi continue a sezione doppia.
4. Pilastri a sezione doppia continui e travi principali a sezione unitaria continue.

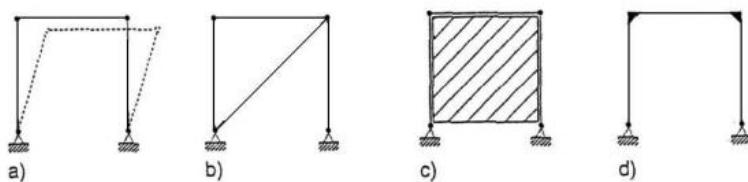


Relazione fra travi principali e travi secondarie



SISTEMA DI CONTROVENTO

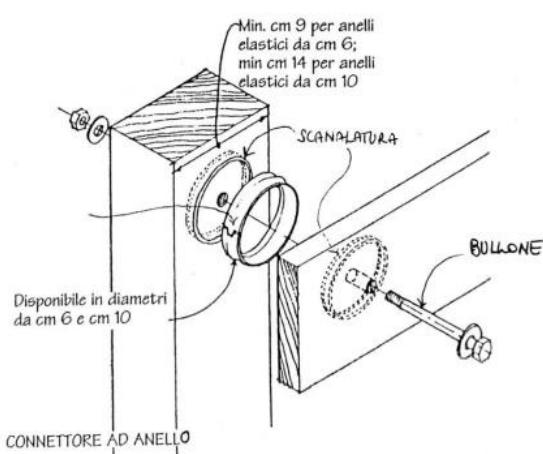
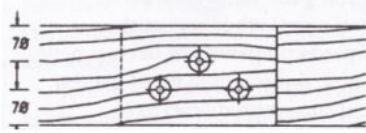
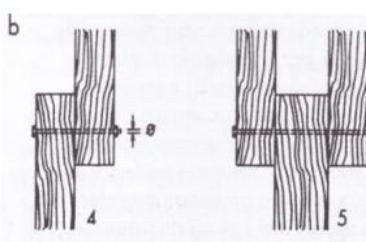
In architettura i controventi, o più correttamente chiamati sistemi di controventamento, sono elementi che servono principalmente a contrastare forze "lateral" (come il vento) che agiscono su edifici o altri sistemi.



CONNESSIONI

- a tutto legno
- con chiodi, viti, bulloni
- con apparati metallici (fissati al legno con chiodi, viti o bulloni a seconda dell'impegno statico dei collegamenti)

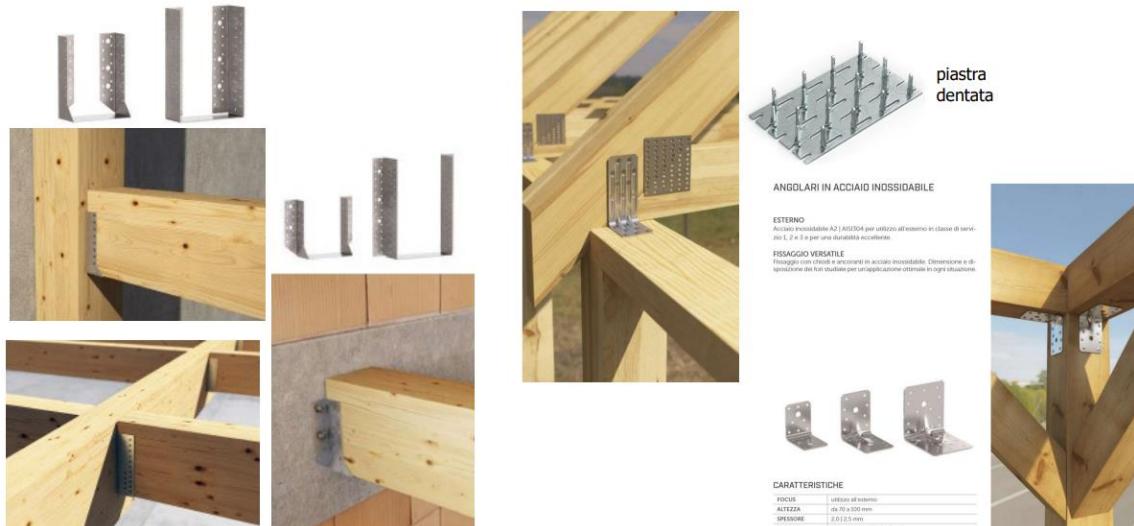
Unioni bullonate, che sostituiscono quelle con chiodi e viti soprattutto nella connessione di profili di grande sezione sottoposti a forti sollecitazioni. Nella soluzione a dx l'uso di un connettore ad anello serve a distribuire il carico su una superficie di legno più estesa di quella che sarebbe interessata dal solo bullone (con la sua rondella).



GIUNZIONI CON APPARATI METALLICI IN VISTA

- Descrizione: Utilizzano elementi come viti, bulloni, piastre e staffe, visibili dall'esterno.
- Vantaggi: Facilità di ispezione, manutenzione e sostituzione.
- Svantaggi: Impatto estetico negativo, possono interferire con il design.

(«scarpe», angolari, piastre dentate, ecc.)



GIUNZIONI CON APPARATI METALLICI A SCOPARSA

- Descrizione: Utilizzano elementi nascosti all'interno delle strutture, come connettori integrati, incastri nascosti o viti coperte.
- Vantaggi: Estetica pulita, ideale per design moderni e minimalisti.
- Svantaggi: Difficoltà di ispezione e manutenzione, installazione più complessa e costosa.

Esigenza estetica

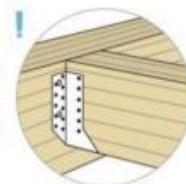
GIUNZIONE A SCOPARSA

I connettori sono interamente incorporati negli elementi in legno per un risultato estetico ottimale.



GIUNZIONE A VISTA

La connessione metallica viene posizionata all'esterno dell'elemento ligneo e quindi risulta visibile e con alto impatto estetico.



Resistenza al fuoco

Le strutture in legno, opportunamente progettate, garantiscono elevate prestazioni anche in condizioni di incendio.

LEGNO

Il legno è un materiale combustibile che brucia lentamente. In condizioni di incendio si ha riduzione di sezione resistente ma la parte non interessata dalla carbonizzazione rimane efficiente.



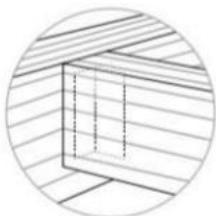
METALLO

I materiali metallici subiscono una drastica riduzione delle capacità meccaniche in presenza di elevate temperature.



Entrambe le tecniche sono scelte in base a criteri estetici, funzionali e di manutenzione del progetto specifico.

GIUNZIONI LEGNO - METALLO



✓ GIUNZIONI PROTETTE



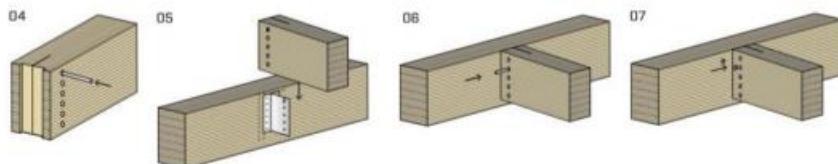
es. R45

La connessione metallica adeguatamente protetta ed isolata dal legno non subisce riduzione di resistenza e mantiene intatte le proprietà meccaniche per il tempo richiesto.
(es. R45 = 45 minuti)



! GIUNZIONI NON PROTETTE

La connessione metallica direttamente esposta ha resistenza molto limitata.
(solitamente R15 = 15 minuti)
Inoltre la riduzione della sezione lignea dovuta alla carbonizzazione provoca una diminuzione della profondità di infissione dei fissaggi.



CONNETTORE A SCOMPARSA AD AGGANCIO LEGNO-LEGNO

PRATICO

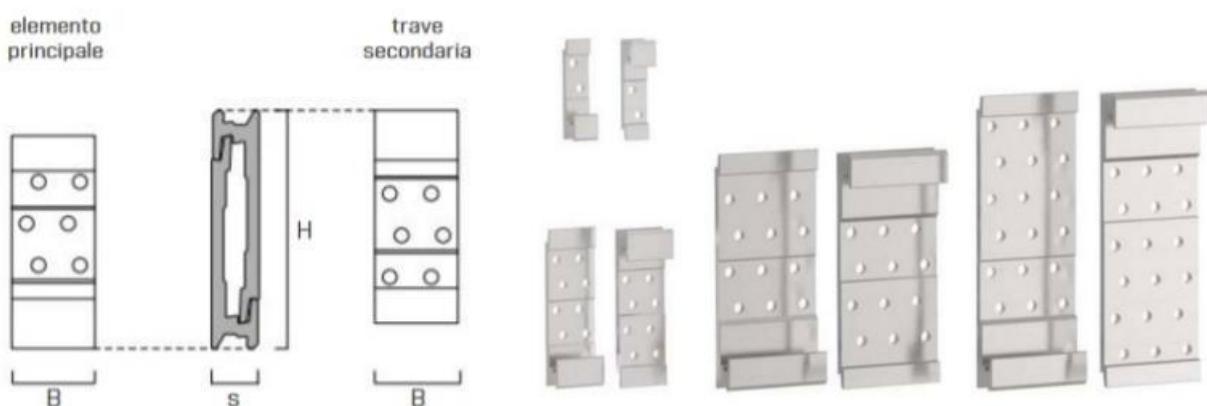
Facile e rapido da installare, si fissa con un'unica tipologia di vite. Giunzione smontabile con semplicità, ideale per la realizzazione di strutture temporanee.

STRUUTTURE SNELLE

Utilizzabile a scomparsa anche con elementi lignei di sezione ridotta. Ideale per strutture, gazebo e arredi.

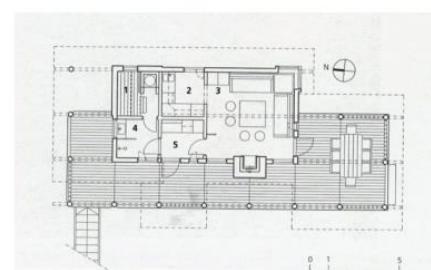
VERSATILE

Concede un'ottima tolleranza di montaggio. Integrabile con piastrine di bloccaggio laterale e vite anti-sfilamento verticale.



LA CONNESSIONE AL PIEDE DELL'EDIFICIO

All'esterno i pilastri devono essere disposti a un'altezza di almeno 30 cm dal suolo



Ari-Jukka e Veijo Martikainen, Sauna Meriniemi, Tammisaari (Finlandia)

04. Costruire con i materiali metallici

Materiali metallici

Si dividono in **ferrosi** e **non ferrosi**.

Metalli non ferrosi: non contenenti ferro, ma altri metalli o loro leghe

In generale i materiali metallici sono caratterizzati da:

- elevata resistenza meccanica (maggiore per i materiali ferrosi)
- facile deformabilità a caldo e a freddo (con qualche eccezione ad esempio la ghisa)
- i materiali metallici sono duttili, cioè si prestano a essere laminati e piegati senza rompersi)
- elevata densità
- elevata conducibilità termica ed elettrica (il calore passa attraverso l'elemento metallico molto velocemente, dunque le strutture in acciaio non favoriscono l'isolamento termico)
- scarsa resistenza a corrosione (soprattutto per i metalli ferrosi; per quelli non ferrosi una caratteristica ricorrente è la tendenza a formare uno strato di ossido superficiale che li protegge dalla ruggine, strato in grado di rallentare il processo di corrosione, es. rame).

RAME (Cu)

Proprietà

- Resistenza alla corrosione (patina di ossido che si forma sulla superficie che assume colorazioni diverse col passare del tempo e delle condizioni atmosferiche).
- Elevata condutività termica e elettrica.
- Buona duttilità, attitudine ad essere deformato facilmente (ciò consente di realizzare elementi con dettagli anche complessi)

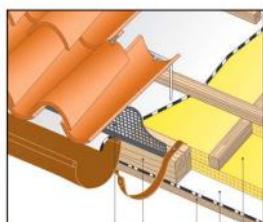
Impieghi

Laminati (0,5-1,2 mm) con cui si realizzano manti di copertura, rivestimenti di facciata, canali di gronda, pluviali, ecc.

LEGHE DI RAME

- Il **bronzo** è una lega rame-stagno (quest'ultimo in percentuale fino al 10%) con buone caratteristiche meccaniche e ottima resistenza alla corrosione. Questa lega è lavorabile plasticamente e si può laminare, estrudere, forgiare, stampare e trafileare: aumentando la percentuale di stagno, aumenta la durezza e diminuisce la malleabilità.

- L'**ottone** è una lega rame-zinco: è di solito più chiaro del bronzo, ha una elevata resistenza alla corrosione e una spiccata attitudine alla lucidatura.



ALLUMINIO (Al)

Colore bianco argenteo, molto lucido.

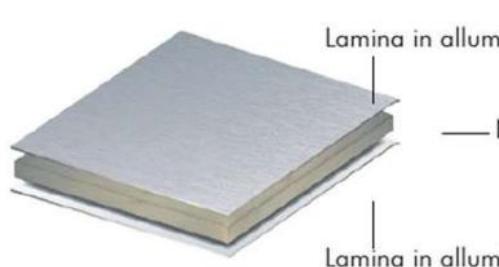
Viene ricavato dalla bauxite, ma oggi la metà dei prodotti di alluminio derivano da materia riciclata (con un consistente risparmio di energia). «Puro», possiede caratteristiche di resistenza meccanica modeste, per incrementare le quali si ricorre alle leghe di alluminio, dette leghe leggere, con l'introduzione di altri metalli.

Proprietà delle leghe di alluminio a cfr. con quelle dell'acciaio

- Leggerezza – densità (2700 Kg/mc) | ca. 1/3 dell'acciaio.
- Deformabilità ai carichi – modulo elastico ca. 1/3 dell'acciaio
- Coeff. di dilatazione termica elevato | ca. il doppio di quello dell'acciaio comune.
- Buone caratteristiche di resistenza alla corrosione, che possono venire migliorate tramite trattamenti protettivi.

Impieghi

- Profili per serramenti, elementi ottenuti tramite estrusione
- Lastre piane e grecate per manti di copertura e rivestimenti verticali (anche a formare pannelli, in accoppiamento con un nucleo di altro materiale). Pannelli compositi, utilizzati per i rivestimenti degli edifici, nucleo interno con una funzione anche di isolamento acustico



METALLI FERROSI

Sono leghe **Ferro-Carbonio**, nelle quali la presenza in quantità maggiore o minore di carbonio definisce il tipo di materiale ferroso e le sue caratteristiche.

Il ferro (Fe) si ricava da rocce ferrose costituite da ossidi di ferro, tra cui l'ematite (Fe_2O_3), la magnetite (Fe_3O_4), la siderite (Fe_2CO_3).

Nella trasformazione metallurgica del ferro, che si attiva ad alte temperature, il carbone, che funziona da combustibile, si lega in quantità ridottissime al ferro.

Si ottiene la ghisa che, per produrre l'acciaio, deve essere affinata (decarburata).

Tenore di carbonio

- Ghisa 2 – 4 %
- Acciaio 0,1 – 2 %
- Ferro dolce < 0,1 %

GHISA

È un materiale duro; essendo inoltre poco duttile e malleabile non può essere sottoposto a processi di laminazione come l'acciaio (gli elementi in ghisa sono formati tramite getto entro forme).

Possiede una resistenza meccanica elevata a compressione, bassa a trazione.

Utilizzata principalmente in elementi portanti, es. colonne perché ha una buona resistenza a compressione

Resiste meglio alla corrosione dell'acciaio ma, a differenza di questo, non è saldabile.

Ha conosciuto una fase importante di applicazione nell'architettura ottocentesca.

ACCIAIO

Tre categorie di acciai:

- al carbonio o comuni (contengono solo ferro e carbonio)

Si suddividono, in relazione all'impiego, in:

- acciai per c.a.
- acciai da carpenteria

Acciai che contengono altri elementi di lega (fino a un max del 50%) per migliorare le caratteristiche degli acciai comuni.

- Basso-legati

in cui nessun elemento di lega supera il 5% es. acciai COR-TEN

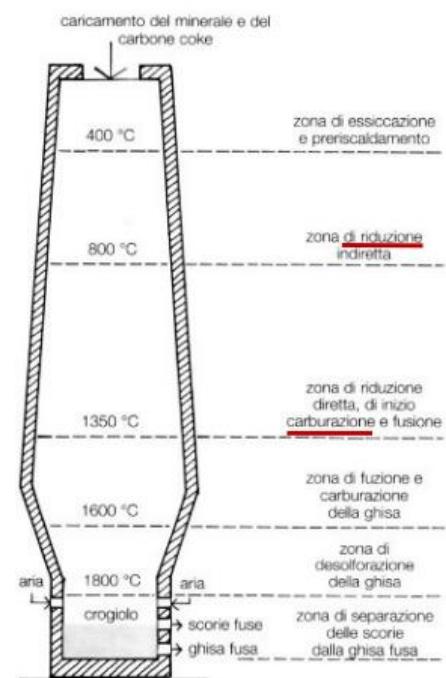
- Legati (o alto-legati)

in cui almeno un elemento di lega supera il 5% es. acciai inossidabili (leghe ad alto contenuto di cromo)

PROCESSO DI PRODUZIONE

Questo processo di produzione dell'acciaio è un'operazione complessa che parte dalla materia prima, il ferro minerale, e si sviluppa attraverso diverse fasi. La prima fase avviene nell'altoforno, un'imponente struttura con una forma caratteristica, alta e stretta, da cui deriva il suo nome. I due componenti fondamentali del processo sono il minerale di ferro, sotto forma di ossidi di ferro, e il carbon coke, utilizzato per attivare la fusione del minerale.

All'interno dell'altoforno, i minerali di ferro sono alternati a strati di carbon coke e calcare frantumato. Le temperature aumentano progressivamente dall'alto verso il basso, raggiungendo livelli elevati nella parte inferiore, dove avviene la fusione del minerale. Durante questo processo di fusione, gli ossidi di ferro vengono ridotti, privati progressivamente degli atomi di ossigeno, e si combina con il carbonio presente nel coke, producendo ghisa liquida.



La ghisa si deposita nella parte inferiore dell'altoforno, chiamata croglio, mentre le scorie più leggere galleggiano sopra di essa e vengono estratte da apposite bocche di prelievo. Successivamente, la ghisa viene sottoposta a un processo di affinazione, noto come decarburazione, per ridurre il tenore di carbonio e ottenere l'acciaio desiderato.

Questo processo di decarburazione avviene attraverso l'insufflazione di ossigeno nella ghisa liquida, reagendo con il carbonio per formare anidride carbonica e produrre acciaio. Una volta ottenuto l'acciaio liquido, può essere ulteriormente lavorato per correggere la composizione chimica e ottenere il tipo di acciaio desiderato.

L'acciaio liquido può essere versato in lingotti e solidificato per produrre brame o blumi, semilavorati con diverse sezioni. Oppure, attraverso un processo più diretto, l'acciaio liquido può essere trasformato direttamente in semilavorati senza passare per la fase dei lingotti.

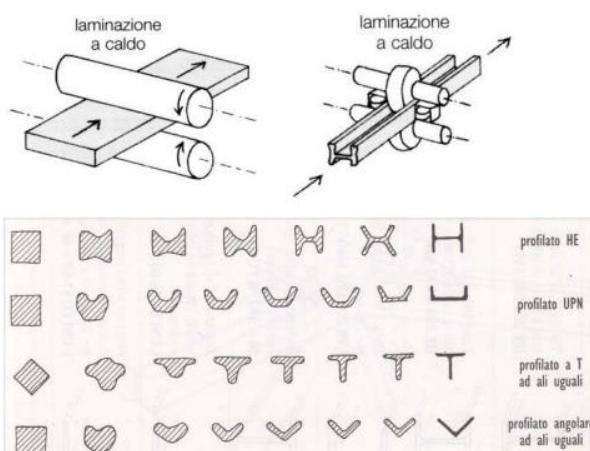
I semilavorati sono successivamente lavorati attraverso il processo di laminazione a caldo, dove vengono riscaldati e fatti passare attraverso cilindri controrotanti per ottenere profilati o prodotti piatti. Alcuni prodotti possono anche essere sottoposti a laminazione a freddo per garantire una maggiore precisione dimensionale e uno spessore uniforme.

In conclusione, il processo di produzione dell'acciaio è un processo complesso che comprende diverse fasi, dalla fusione del minerale all'affinazione dell'acciaio, fino alla produzione dei prodotti finali attraverso la laminazione.

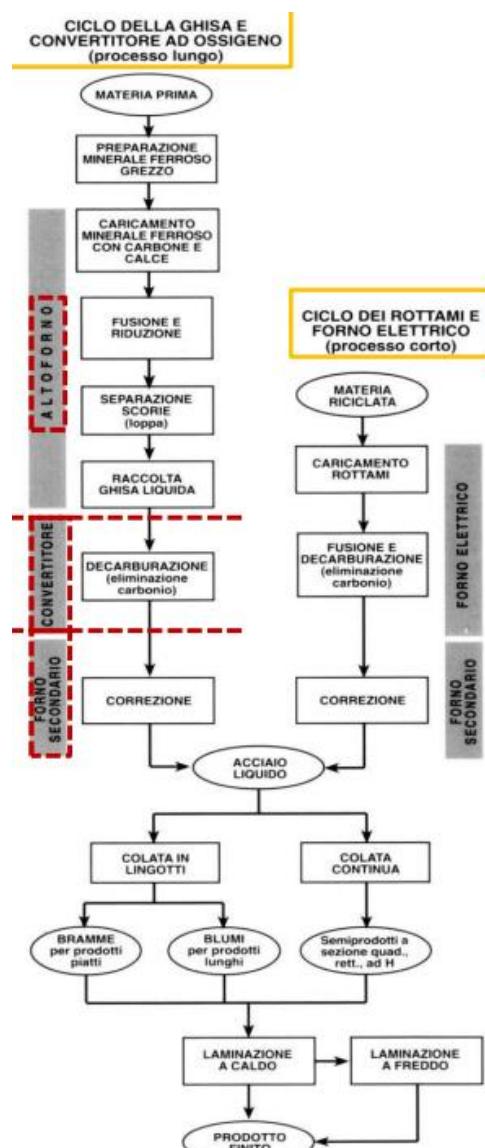
Laminazione

Può avvenire a caldo o a freddo.

Con la **laminazione a caldo** l'acciaio viene riscaldato a temperature elevate e fatto passare attraverso il laminatoio



Una parte consistente dei prodotti laminati a caldo viene in seguito sottoposta a **laminazione a freddo**, per ridurne ulteriormente lo spessore e ottenere prodotti finali con precisione dimensionale superiore.



ALTRÉ LAVORAZIONI DELL'ACCIAIO

- Fucinatura (o forgiatura)

È la tecnologia più antica. I materiali vengono riscaldati a temperature elevate e si conferisce loro una forma deformandoli per mezzo di percussionsi o pressioni con martelli. Nel processo manuale i pezzi da forgiare vengono appoggiati su un attrezzo detto incudine. Nel processo meccanico si utilizzano magli o presse, per eseguire pezzi di dimensioni anche notevoli.

- Trafilatura

Consiste nel far passare i prodotti intermedi in trafile costituite da fori di sezione sempre più piccola. Può essere eseguita a caldo o a freddo. Gli elementi sono sottoposti a sforzo di trazione, per cui si deformano e si allungano, sfruttando la duttilità del materiale.

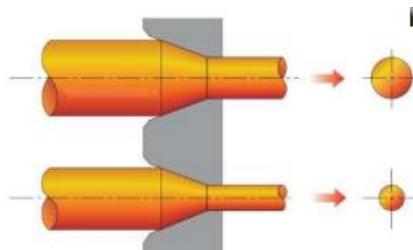
- Stampaggio

Il prodotto in lavorazione (lamiera, ecc.) viene introdotto in appositi stampi e tramite l'azione di una presa gli viene conferita la forma voluta.

- Piegatura

Tramite punzoni e matrici di varia foggia si piegano a spigolo i prodotti di acciaio. È una lavorazione molto usata per ottenere, partendo da lamiere, elementi lunghi con sezioni a L, a C, a Z, ecc.

- Lavorazioni di fonderia (tramite getto entro stampi, per elementi speciali)



Operazione di trafilatura per tondini di due diversi diametri.



Principali proprietà dell'acciaio e caratteristiche delle strutture in acciaio

Isotropia e equiresistenza

- Resistenza meccanica rilevante

La normativa italiana sulle costruzioni metalliche ha classificato gli acciai con riferimento alla tensione di rottura a trazione: Fe 360, Fe 430, Fe 510.

- Rigidezza e duttilità

L'acciaio è scarsamente deformabile, cioè molto rigido (modulo elastico E elevato: a tensioni grandi corrispondono deformazioni piccole). È duttile (il contrario di fragile), cioè prima di rompersi è in grado di sopportare delle deformazioni plastiche molto consistenti.

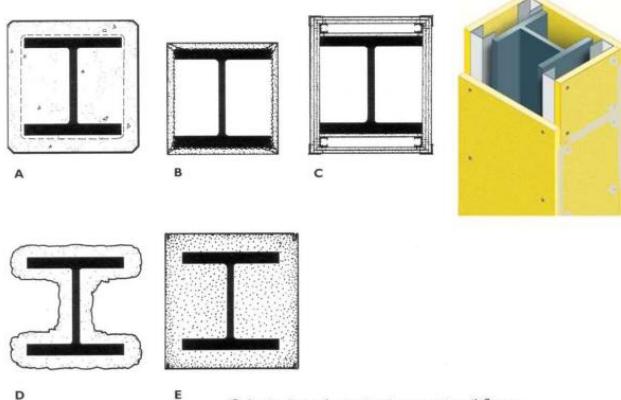
Facilità di modifiche e trasformazioni | Possibilità di recupero

- Comportamento al fuoco

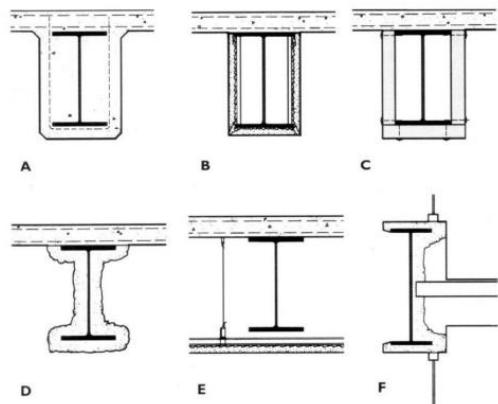
Intorno ai 500 °C l'acciaio riduce la sua resistenza del 50%, e le dilatazioni termiche producono tensioni nelle giunzioni che portano a sconnessioni

Protezione antincendio delle strutture in acciaio

Pilastri



Travi



Soluzioni per la protezione contro il fuoco dei pilastri in acciaio: (a) rivestimento di calcestruzzo armato; (b) rivestimento con rete metallica portaintonaco e intonaco; (c) rivestimento con strati multipli di lastre di cartongesso; (d) rivestimento con materiale applicabile a spruzzo; (e) rivestimento con materiale isolante sciolto e guaina di lamiera metallica.

Soluzioni per la protezione contro il fuoco delle travi in acciaio: (a) rivestimento di calcestruzzo armato; (b) rivestimento con rete metallica portaintonaco e intonaco; (c) rivestimento con lastre rigide; (d) rivestimento con materiale applicabile a spruzzo; (e) controsoffittatura intonacata; (f) protezione applicata a spruzzo ad una trave di bordo.

Pannelli di protezione

Gypsum, Fibre Minerali, Vermiculite.
Facile da applicare, esteticamente accettabile.
Difficoltà con dettagli complicati.



Composti Cementizi a spruzzo

Fibre minerali di vermiculite con legante cementizio.
Economico nell'applicazione, sup. non liscia (l'eventuale pulizia potrebbe risultare costosa).
Basso valore estetico (normalmente usato con controsoffittatura).



Vernici intumescenti

Esteticamente pregevole.
Aumentano di volume al calore per generare uno strato protettivo.
Realizzazione anche "off-site".



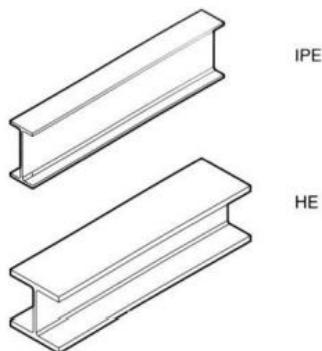
Vernici che a temperature elevate si espandono e proteggono l'acciaio

PROFILATI E LAMIERE

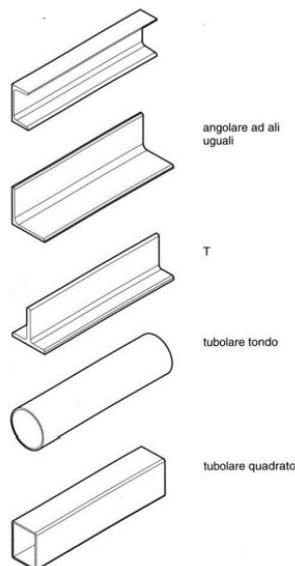
Profilati laminati a caldo

Profilati a doppio T:

- ad ali strette, serie IPE
- ad ali larghe, serie HE



Profilati a U



Lamiere (sp. 3-40 mm)

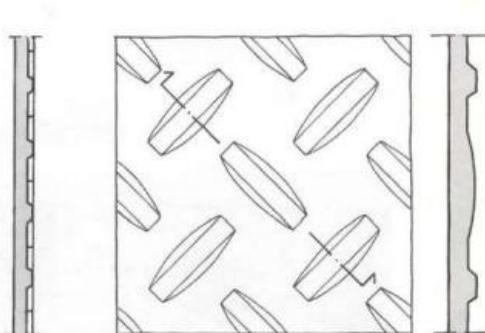
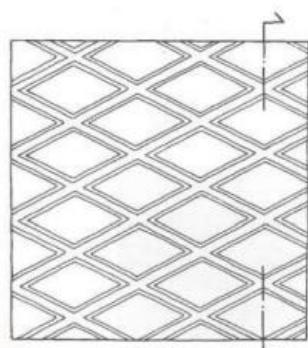
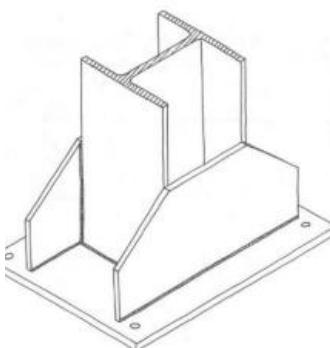
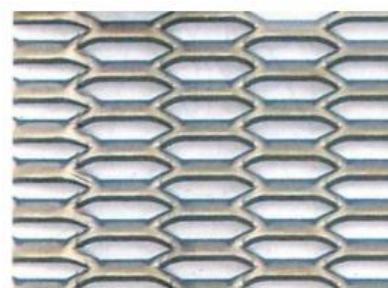
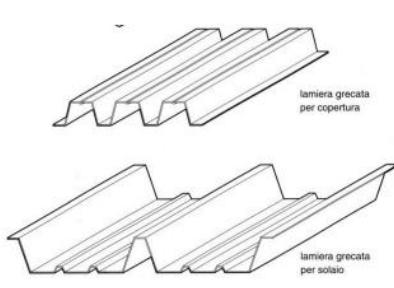
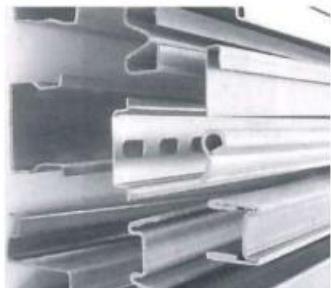


Fig. 7.20 Un tipo di lamiera striata.

Fig. 7.21 Un tipo di lamiera bugnata.

ALTRI PRODOTTI IN ACCIAIO

- Lamiere sottili (sp. < 3 mm) ed elementi ottenuti tramite successivi processi di formatura a freddo (laminazione a freddo, profilatura, piegatura, stampaggio)
- Elementi lunghi con sezione a L, a C, a omega, ecc.
- Lamiere grecate
- Lamiere stirate



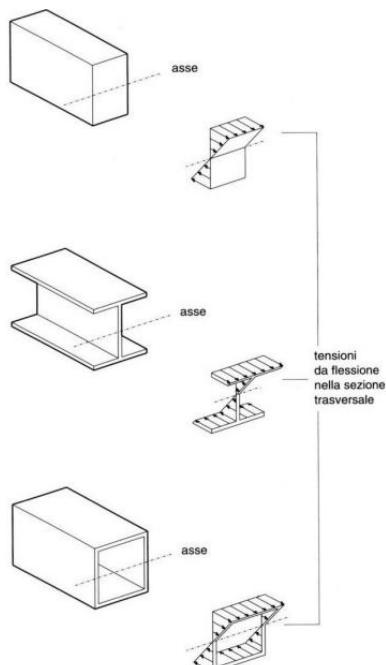
LA FORMA DELLA SEZIONE TRASVERSALE DEI PROFILATI

- Costo dell'acciaio
- Massimo sfruttamento delle sue caratteristiche di resistenza

FORMA A DOPPIA T

Ottenerne a parità di peso la massima resistenza possibile.

Per ottimizzare il comportamento strutturale dell'acciaio, la forma della sezione trasversale dei profilati è stata individuata in modo da risultare il più possibile rigida alle deformazioni indotte dalle sollecitazioni di flessione. In un elemento soggetto a flessione, le tensioni sono massime nelle zone più distanti dall'asse centrale intorno al quale ogni sezione ruota durante la flessione. A parità di peso dell'elemento (e quindi di quantità di materiale impiegato), la sezione più conveniente è quella a doppio T, mentre nelle sezioni rettangolari piene o cave una gran parte del materiale è poco sfruttata.



Profilati a doppio T

Impieghi prevalenti

IPN Profilati a I nazionali o normaliprofili

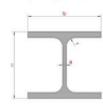
TRAVI

Difetti:
- scarsa efficienza strutturale
- difficoltà nei collegamenti



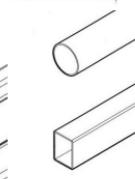
IPE Profilati ad ali strette

TRAVI



HE Profilati ad ali larghe

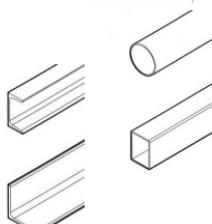
PILASTRI e TRAVI



Profilati tubolari

PILASTRI O ALTRI ELEMENTI COMPRESI

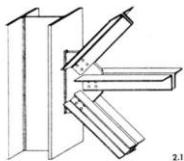
(nelle strutture compresse la flessione si manifesta in primis nella direzione della sezione trasversale che presenta minor rigidità: una sezione cava e simmetrica costituisce quindi la miglior soluzione)



Profilati a U e angolari

ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI E ASTE DELLE STRUTTURE RETTICOLARI (facilità di connessione)

CONNESSIONI STRUTTURALI



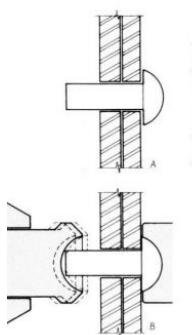
La connessione degli elementi strutturali può essere risolta con nodi articolati (cerniere) o rigidi (incastri)

Due tipologie di connessioni:

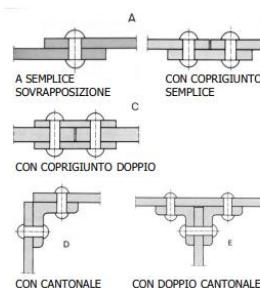
- meccaniche (chiodatura, bullonatura)
- basate sulla fusione del materiale (saldatura)

Il principio fondamentale: progettare soluzioni semplici

CHIODATURA

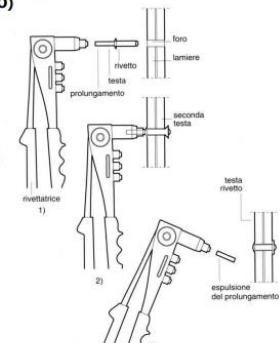
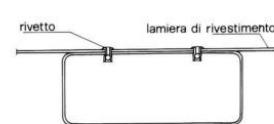


Connessione mediante chiodatura. (a) Chiodo in acciaio riscaldato inserito nel foro praticato nei pezzi da collegare. (b, c) Tenendo fermo la testa del chiodo mediante una butteroia che ne reca l'impronta, il chiodo viene ribattuto sulla punta sporgente con un attrezzo pneumatico, allo scopo di formare una seconda testa. (d) Il ritiro conseguente al raffreddamento serrà fortemente le due teste contro le parti.

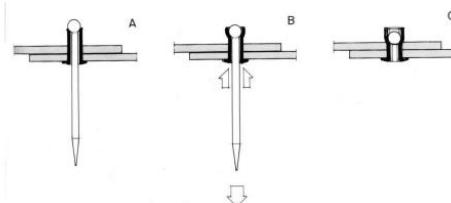


RIVETTATURA

(PER UNIONI FRA LAMIERE O PROFILATI DI SP. LIMITATO, DI SCARSO IMPEGNO STATICO)

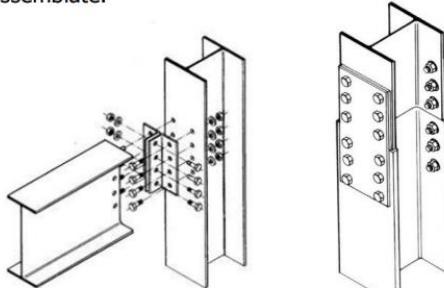
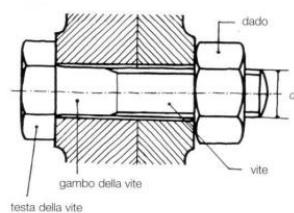


Collegamento per rivettatura: varie fasi
 A - Il rivetto è introdotto nel foro.
 B - La pinza speciale agisce sullo spil.
 C - La seconda testa è formata.

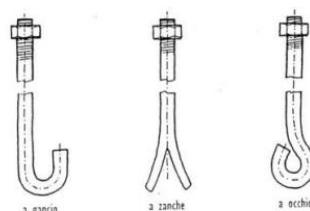
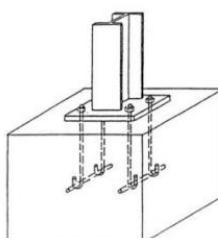


BOLLONATURA

- Comporta una diminuzione della sezione resistente degli elementi da assemblare (come la chiodatura).
- Consente la successiva separazione delle parti assemblate.
- Bulloni normali, bulloni ad alta resistenza



I bulloni sono anche utilizzati per unioni fra materiali diversi: un loro impiego caratteristico è quello del fissaggio di piastre metalliche su fondazioni di calcestruzzo armato (tirafondi).



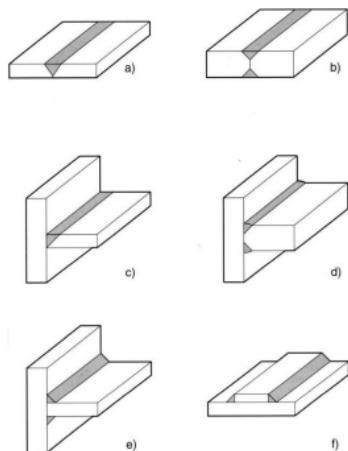
SALDATURA

Unione di elementi metalliche mediante l'azione del calore

- Nodi rigidi
- Economia di peso nella struttura
- Minore possibilità d'insorgenza di fenomeni di corrosione
- Nessuna correzione a posteriori è possibile

Saldatura ad arco elettrico

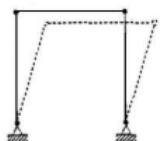
I poli di un generatore di corrente continua sono collegati da un lato ai pezzi da saldare e da un altro a un'asticella di acciaio, che funziona da elettrodo. Avvicinando l'asticella, si innesca un arco elettrico con un notevole sviluppo di calore.



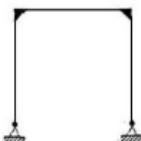
Tipologie comuni di giunti saldati: a) di testa a penetrazione completa; b) di testa a penetrazione parziale; c) di testa a T a penetrazione completa; d) di testa a T a penetrazione parziale; e) di testa a T con cordoni d'angolo; f) a sovrapposizione con cordoni d'angolo (UNI ENV 1993-1-1: 1994-1998 Eurocodice 3, prospetto 6.6.1).

I PRINCIPI DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

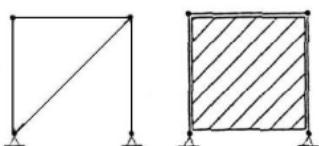
Il problema della stabilità alle azioni orizzontali



Telaio a nodi articolati non stabile

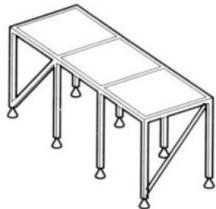


Telaio a nodi rigidi



Telai stabili per la presenza di aste diagonali o pannelli rigidi di controventamento

- 1) realizzare nodi rigidi significa realizzare nodi complessi e costosi;
- 2) i nodi rigidi generano consistenti momenti flettenti negli elementi strutturali, che dovranno quindi essere dimensionati per resistervi;
- 3) la connessione rigida di travi e pilastri può essere valutata per edifici di altezza modesta, ma non è sufficiente per edifici di altezza media o elevata.



Sistema tridimensionale con telai verticali rigidi nelle due direzioni principali e collegati rigidamente agli altri nel piano orizzontale.

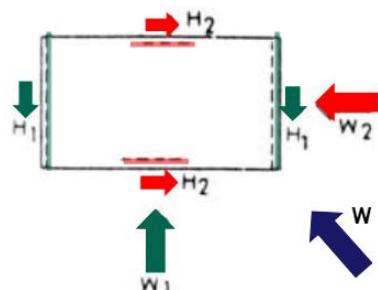
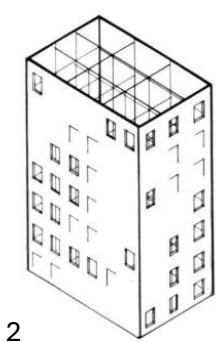
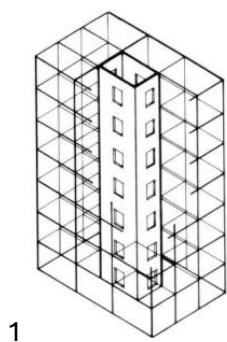
CONTROVENTAMENTO

Sistemi di controventamento delle strutture verticali (tramite aste diagonali, setti) Sistemi di controventamento vanno anche previsti nelle strutture orizzontali dei solai

I controventi vengono solitamente disposti in modo simmetrico, in modo da raccogliere e contrastare le azioni orizzontali (W) nelle due direzioni perpendicolari che caratterizzano la maglia strutturale.

Edifici alti: alternative di controventamento.

- 1) nucleo centrale rigido, tramite controventi o setti (e collegamento a tale nucleo dei telai perimetrali, attraverso solai irrigiditi da analoghi sistemi di controventamento).
- 2) perimetro rigido, tramite controventi o setti (e collegamento a tale nucleo dei telai interni, attraverso solai irrigiditi da analoghi sistemi di controventamento).



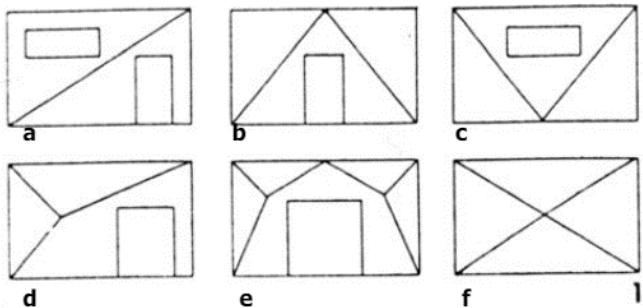
1

2

CONTROVENTAMENTI RETICOLARI VERTICALI

Forme di controventamenti reticolari verticali

- a) Tipo Mohnié
- b) A "V" rovescia (o ad "A")
- c) A "V"
- d) A maglie a portale zoppo
- e) A maglie a portale a 3 cerniere (a "K")
- f) A croce di S. Andrea

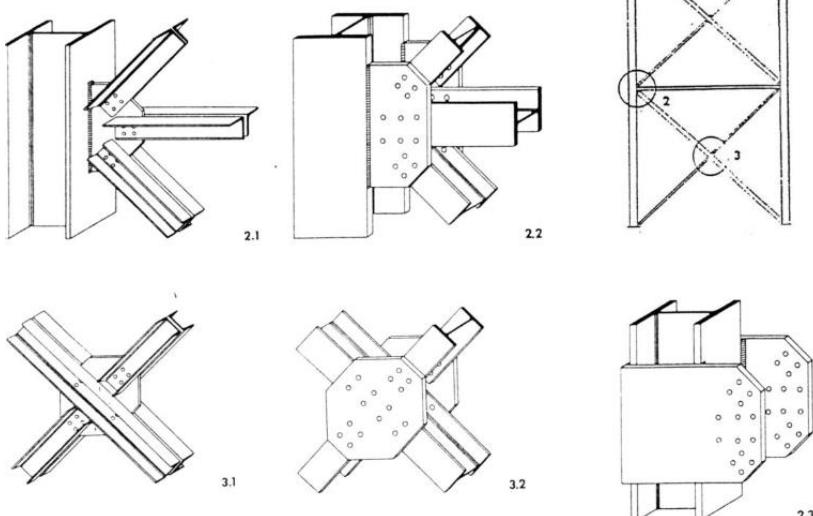


1

Gli assi delle diagonali dovrebbero passare per l'intersezione degli assi dei montanti e dei traversi. I collegamenti non centrati producono dei momenti supplementari nelle aste del reticolo. Le diagonali dovrebbero per quanto possibile formare con i correnti un angolo che non superi i 45. Per inclinazioni maggiori si possono utilizzare dei controventamenti ad A o a V. Negli edifici di grande superficie e di grande altezza, possono essere messi in opera dei controventamenti a croce di S. Andrea dell'altezza di più livelli.

Nel piazzamento dei tamponamenti è necessario tener conto della impossibilità di spostare un tamponamento che contenga un controventamento. Per aperture di porte e finestre, le diagonali possono essere spezzate. ma devono essere messe in opera delle aste supplementari. Più spesso le diagonali vengono collegate tramite bullonatura. I controventamenti verticali stretti possono essere saldati in officina e trasportati a pezzi interi.

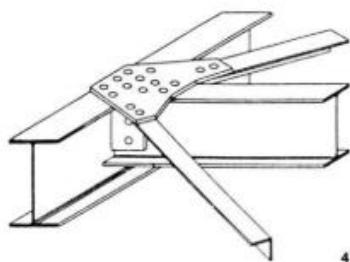
Nodi



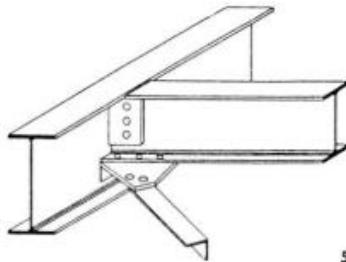
2.1. e 3.1 Diagonali in croce per un controventamento leggero, tra due pilastri, collegate tramite fazzoletti saldati sui pilastri. Nel punto di intersezione, una diagonale passa ininterrotta, l'altra viene tagliata e fissata tramite un fazzoletto. Le aste di controventamento possono essere in profili ad U o in angolari.

2.2, 2.3 e 3.2 Diagonali in croce per un controventamento verticale pesante tra due pilastri. Le aste sono in profili HE collegati al pilastro con delle coppie di fazzoletti. I fazzoletti situati nel piano delle ali sono saldati di testa (2.2), fazzoletti perpendicolari vengono fissati con saldatura d'angolo (2.3). Nel punto di intersezione, una delle diagonali passa ininterrotta (3.2), l'altra viene fissata tramite fazzoletto.

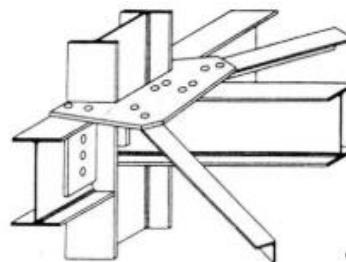
CONTROVENTAMENTI RETICOLARI ORIZZONTALI



4



5

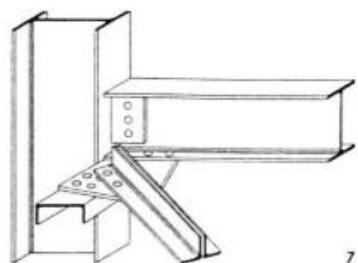


6

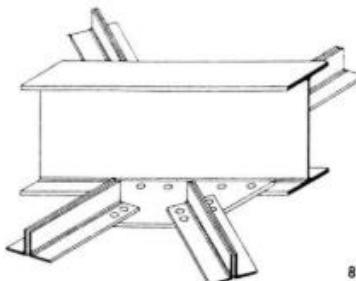
4 Aste di controventamento ad angolo. Controventamento orizzontale nel piano delle ali superiori dei travetti e delle sotto-travi. Nel caso che si usino lamiere nervate, il fazzoletto e la testa dei bulloni possono costituire un impedimento.

5 Controventamento nel piano dell'ala inferiore del travetto di solaio.

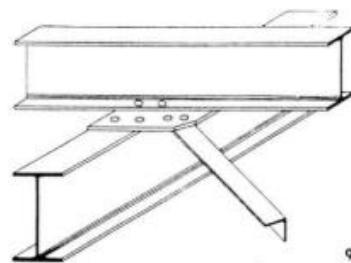
6 Collegamento di un semplice angolare di controventamento al nodo in cui concorrono il pilastro, la sotto-trave e il travetto.



7



8



9

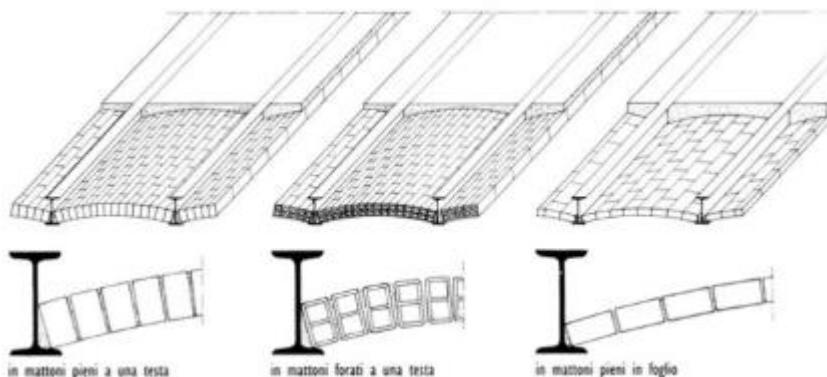
7 Se il solaio non comporta che dei travetti, è necessario aggiungere un profilo supplementare (in questo caso un 'U') quale elemento di controventamento orizzontale.

8 Intersezione di aste di controventamento con il travetto del solaio.

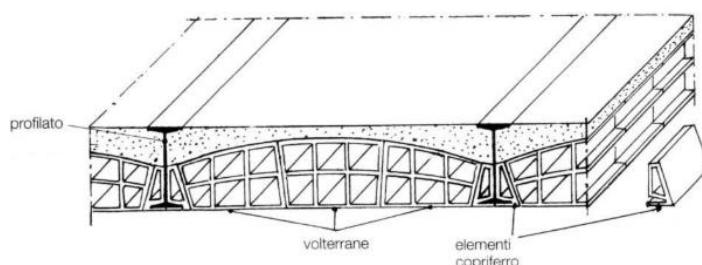
9 Se i travetti appoggiano sulle sotto-travi, staticamente conviene porre il controventamento nel piano dell'ala inferiore del travetto di solaio.

SOLAI IN ACCIAIO: PUTRELLE ED ELEMENTI LATERIZI

1) con voltine di mattoni



2) con volterrane



3) con tavelloni (soluzioni con e senza copriferro)

cosa sono i tavelloni

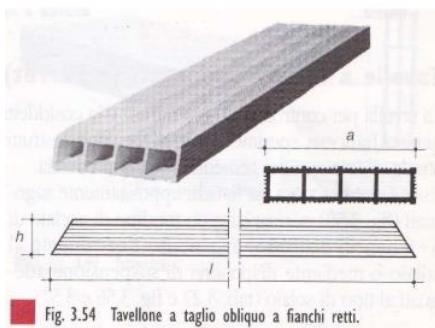
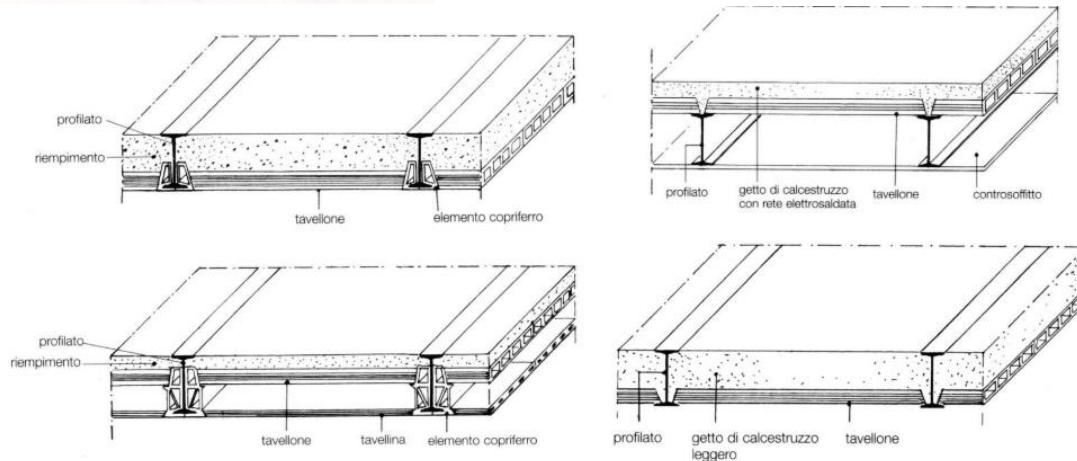
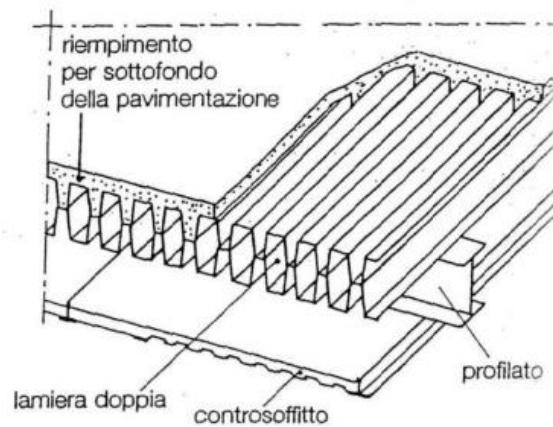


Fig. 3.54 Tavellone a taglio obliquo a fianchi retti.



SOLAI IN PROFILATI D'ACCIAIO E LAMIERA GRECATA

1) Con lamiera grecata portante e getto di riempimento in cls leggero
Tipi a una lamiera o a due lamiere sovrapposte (lamiera doppia)

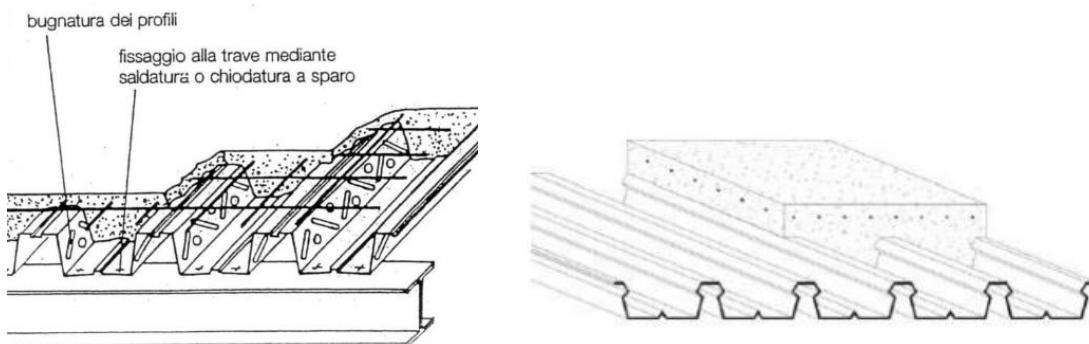


2) Con lamiera grecata usata come semplice cassaforma per una soletta in c.a.



3) con lamiera grecata e cls collaboranti

La collaborazione strutturale fra lamiera grecata e cls viene affidata a corrugamenti superficiali delle nervature o alla forma della sezione trasversale della lamiera grecata.

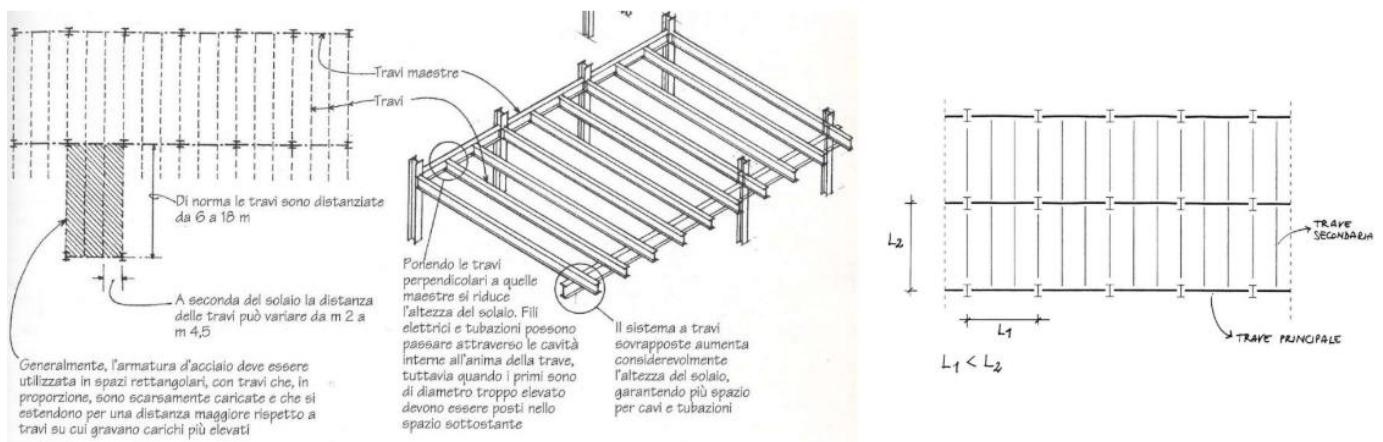


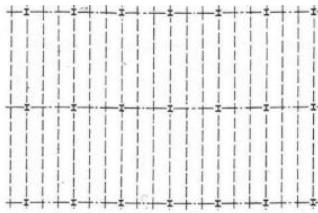
La collaborazione strutturale acciaio-cls può essere estesa alle travi, saldando ad esse dei pioli metallici che, attraversando la lamiera, le rendono solidali con il sovrastante getto di cls.

ORGANIZZAZIONE DEI SOLAI IN ACCIAIO

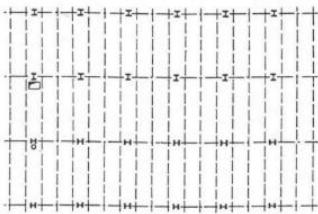
Solai unidirezionali a orditura composta

Più corte le travi principali che portano un carico maggiore, più lunghe le secondarie con un carico minore. Travi principali: di norma IPE Travi secondarie: IPE o HE (le ali larghe offrono il vantaggio di una maggiore superficie di appoggio per la soletta in lamiera nervata)



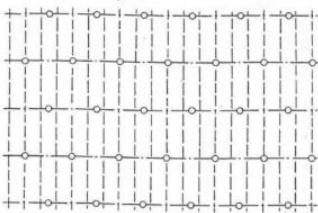


Un travetto si trova sempre sull'asse del pilastro

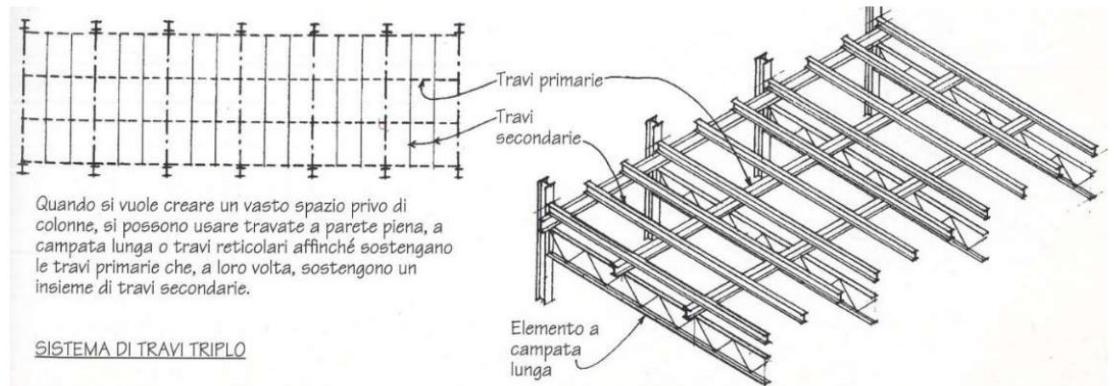


Travetti sfalsati rispetto all'asse dei pilastri

- Impianti
- Maggiore facilità di montaggio della struttura

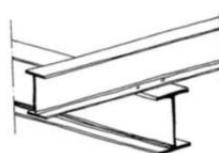


La trama dei pilastri non deve essere necessariamente rettangolare

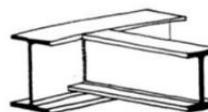


Posizione relativa fra gli elementi del solaio a profilati in acciaio e lamiera grecata (travi principali, secondarie, lamiera grecata).

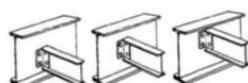
Connessioni tra trave principale e secondaria



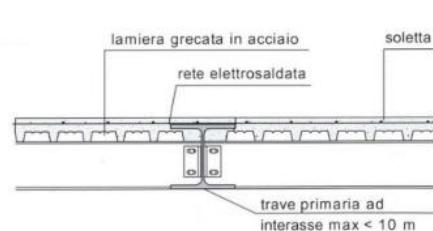
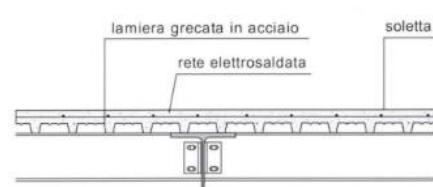
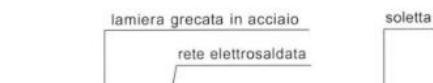
► In sovrapposizione



► In continuità



► In spessore



05. Calcestruzzo e costruzioni in calcestruzzo armato

Dal calcestruzzo di epoca romana, calcis instructus, a quello moderno

Che cos'è (oggi) il calcestruzzo?

- I componenti
- L'idratazione del cemento e le fasi di presa e indurimento

Impieghi

- Un materiale dai molteplici impieghi Dosatura degli aggregati e del legante
- Assortimento granulometrico degli aggregati.
- La pasta di cemento deve avvolgere completamente ciascun elemento dell'aggregato. Esempi di dosatura per 1 mc di impasto
 - Cls di resistenza elevata: 0,4 mc di inerti fini | 0,8 mc di inerti grossi | 300-350 kg di cemento | 150-200 l d'acqua
 - «Magrone»: 0,4 mc di inerti fini | 0,8 mc di inerti grossi | 150-200 kg di cemento | acqua in quantità variabile

Rapporto acqua-cemento (A/C)

Qual è la funzione dell'acqua aggiunta al cemento?

È un importante indicatore della qualità di un cls. Il rapporto A/C ottimale è un compromesso fra opposte esigenze:

- ♣ lavorabilità dell'impasto
- ♣ resistenza a compressione e durabilità

Qual è la funzione dell'acqua aggiunta al cemento?

Attivare il fenomeno della idratazione del cemento, con la successiva presa e indurimento del materiale. Per questo, è sufficiente un rapporto A/C pari a 0,3. Ma l'impasto così prodotto è difficilmente lavorabile.

È quindi necessario ricorrere a rapporti A/C più elevati, ma si deve tenere conto che l'eccesso di acqua influisce in modo negativo:

- ♣ sulla resistenza a compressione del cls
- ♣ sulla sua durabilità (porosità e innesco di fenomeni di deterioramento | formazione dei «nidi di ghiaia»)

In pratica, si adottano rapporti A/C compresi fra 0,5 e 0,7.

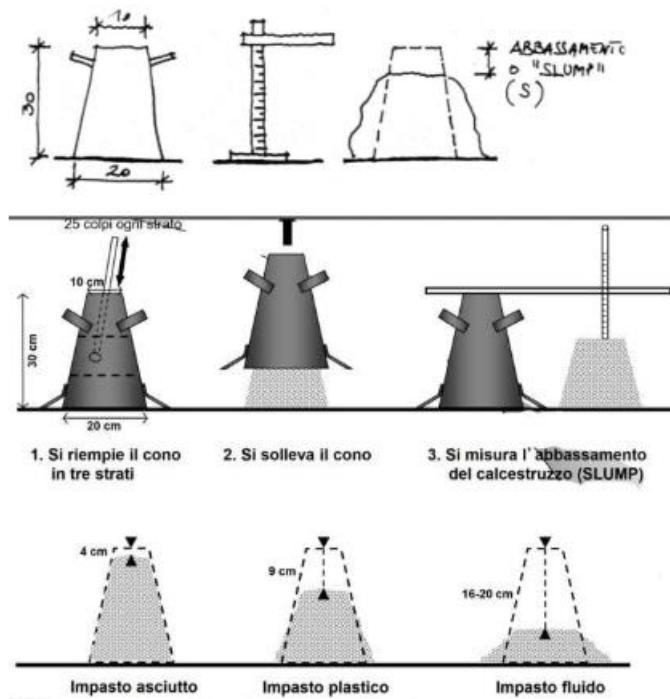
Lavorabilità dell'impasto

- ♣ Va valutata e scelta in relazione alle diverse condizioni operative.
- ♣ Fattori determinanti: contenuto d'acqua, rapporto A/C, distribuzione granulometrica e tipo di inerte, additivi.

Il grado di lavorabilità di un impasto si valuta tramite la misura della sua consistenza (prova di abbassamento al cono - slump test):

- S1 consistenza umida: slump 10-40 mm
- S2 consistenza plastica: slump 50-90 mm
- S3 consistenza semifluida: slump 100-150 mm
- S4 consistenza fluida: slump 160-200 mm
- S5 consistenza superfluida: slump ≥ 210 mm

Scelta della consistenza e quindi della lavorabilità idonea per i diversi impieghi.



Principali proprietà del calcestruzzo

- Lavorabilità

- Resistenza meccanica

- ♣ resistenza a compressione buona
- ♣ resistenza a trazione molto scarsa

Per gli impieghi strutturali, come ci si accerta che la resistenza a compressione del cls utilizzato possieda valori comparabili a quelli indicati nel progetto?

- Densità (o massa volumica)

- ♣ variabile (cls normale / alleggerito / cellulare)

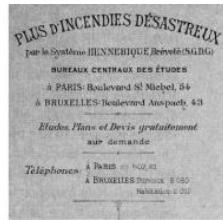
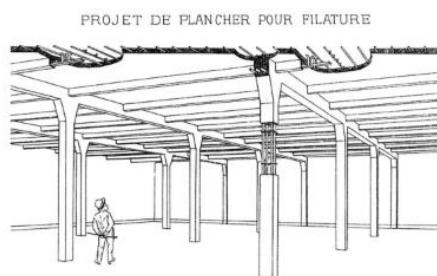
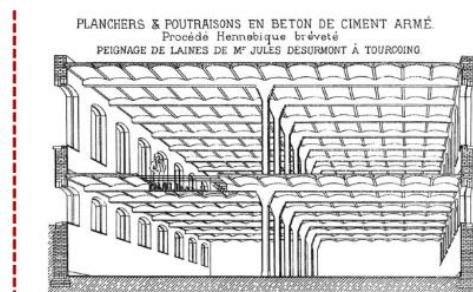
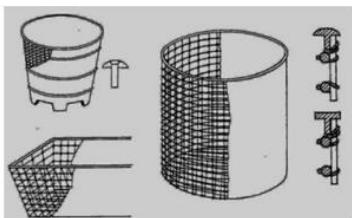
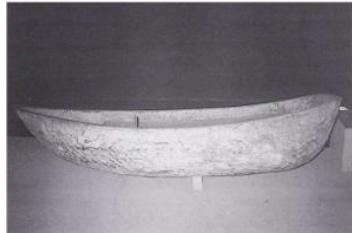
- Resistenza al fuoco

- Ritiro dei getti

- Conducibilità termica

Calcestruzzo armato

Sperimentazione, introduzione e diffusione dei sistemi costruttivi in c.a.



Il calcestruzzo armato è stato uno dei più significativi sviluppi nel campo dell'ingegneria civile del XX secolo. La sperimentazione e l'introduzione dei sistemi costruttivi in calcestruzzo armato hanno avuto un impatto rivoluzionario sull'architettura e sull'ingegneria strutturale. Ecco alcuni punti chiave relativi alla sperimentazione, all'introduzione e alla diffusione dei sistemi costruttivi in calcestruzzo armato:

Sperimentazione: Alla fine del XIX secolo e all'inizio del XX secolo, ingegneri e architetti iniziarono a sperimentare l'uso di rinforzi metallici, come barre d'acciaio, all'interno del calcestruzzo per migliorarne la resistenza e la duttilità. Queste prime sperimentazioni furono cruciali per sviluppare le tecniche che avrebbero portato all'adozione diffusa del calcestruzzo armato.

Introduzione: Verso la fine del XIX secolo, ingegneri come François Hennebique in Francia e William Emil Ward in America furono tra i pionieri nell'applicare sistemi costruttivi in calcestruzzo armato a grandi scale. Hennebique sviluppò il sistema di costruzione in calcestruzzo armato che prende il suo nome, mentre Ward fu uno dei primi ad applicare tecniche di calcestruzzo armato negli Stati Uniti.

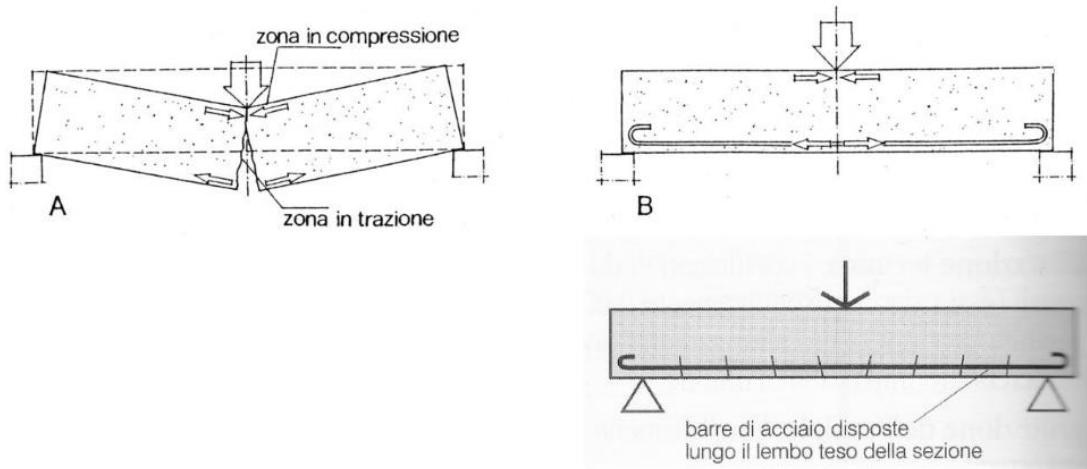
Diffusione: La diffusione dei sistemi costruttivi in calcestruzzo armato è stata rapida e ampia nel corso del XX secolo. Le sue caratteristiche di resistenza, duttilità, economia e facilità di produzione lo resero una scelta popolare per una vasta gamma di applicazioni, dalle abitazioni agli edifici commerciali e industriali, ai ponti e alle infrastrutture. L'uso del calcestruzzo armato si diffuse in tutto il mondo, trasformando radicalmente il panorama dell'architettura e dell'ingegneria strutturale.

In sintesi, la sperimentazione, l'introduzione e la diffusione dei sistemi costruttivi in calcestruzzo armato hanno rappresentato una tappa fondamentale nell'evoluzione dell'ingegneria civile, consentendo la realizzazione di strutture più efficienti, sicure e durevoli.

Inizio modulo

Concetti generali sul calcestruzzo armato

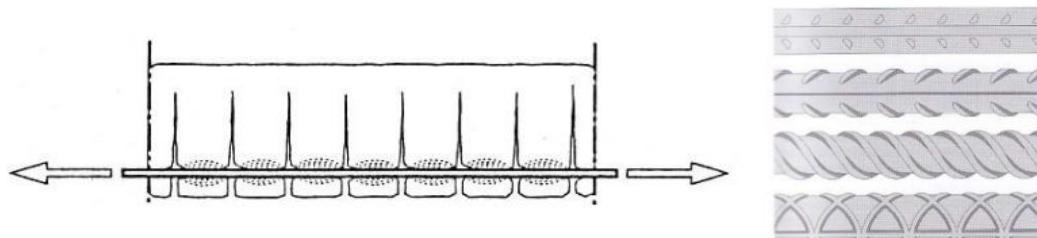
Il principio su cui si basa la tecnica del c.a.: la collaborazione statica acciaio-cls



Le condizioni che rendono possibile la collaborazione statica acciaio-cls

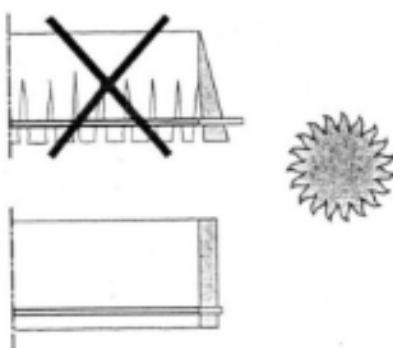
1) Aderenza acciaio-cls

Calcestruzzo e acciaio lavorano in aderenza nella zona soggetta a trazione, se l'armatura è ben distribuita, nonostante la bassa resistenza a trazione del calcestruzzo, le fessurazioni, in questo materiale risultano minime



2) Dilatazione termica

I coefficienti di dilatazione termica di acciaio e cls sono quasi uguali.



3) Il cls protegge l'armatura metallica (se gli spessori di «copriferro» sono adeguati)

Tabella 5.1. Ricoprimenti minimi delle armature in funzione delle condizioni di esposizione ambientale dell'opera in c.a. (UNI-ENV 1992-1-1 Eurocodice 2, Progettazione delle strutture di calcestruzzo, Parte 1-1)

classe di esposizione	copriferro minimo (mm)		
	(3) (4) (5) (6)	barre di armatura	acciaio da precompressione
1- ambiente secco, interno condizioni normali (1)	15	20	
2a- ambiente umido senza gelo	20	30	
2b- ambiente umido con gelo	25	35	
3- ambiente umido con gelo e impiego di sali di disgelo	35	40	
4a- ambiente marino senza gelo	35	40	
4b- ambiente marino con gelo	35	40	
5a- ambiente chimico debolmente aggressivo, atmosfera industriale aggressiva (2)	25	35	
5b- ambiente chimico moderatamente aggressivo (2)	30	35	
5c- ambiente chimico fortemente aggressivo (2)	40	45	

Tabella 5.1. Note

(1) Questa classe si può considerare solo se, in fase di costruzione, la struttura o i suoi componenti non sono esposti a condizioni più severe per lunghi periodi.

(2) Gli ambienti chimici aggressivi sono classificati nella ISO/DP 9690, le classi 5 possono essere considerate da sole o combinate con le classi da 1 a 4.

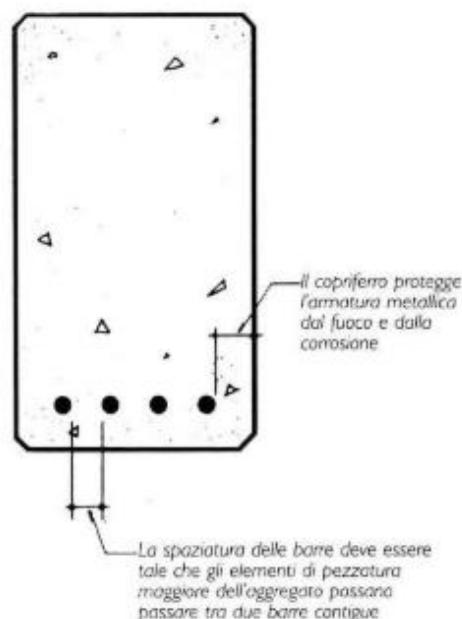
(3) Per solai o piastre il copriferro può essere ridotto di 5 mm per le classi di esposizione da 2 a 5.

(4) Una riduzione di 5 mm può essere applicata per calcestruzzi di classe C40/50 o superiore associati a classe di esposizione da 2a a 5b, per c.a. ordinario e da 1 a 5b per c.a. precompresso. Comunque il copriferro minimo non sarà mai inferiore a quello previsto per classe di esposizione 1.

(5) La classe di esposizione 5c implica la messa in opera di una barriera di protezione al fine di evitare ogni contatto diretto con l'elemento aggressivo.

(6) Per calcestruzzi gettati direttamente a contatto di superfici irregolari conviene aumentare il ricoprimento minimo, per calcestruzzi controterra ad esempio conviene adottare un ricoprimento minimo di 60 mm, per calcestruzzi su terreno preparato, minimo di 40 mm (da Documento di applicazione nazionale dell'EC 2 in Sez. 3 parte 1 del D.M. 9 gennaio 1996).

Sezione trasversale di una trave in calcestruzzo armato che mette in evidenza la disposizione delle barre d'armatura e il copriferro.



Fasi di realizzazione delle strutture in c.a. gettate in opera

1) Produzione del cls

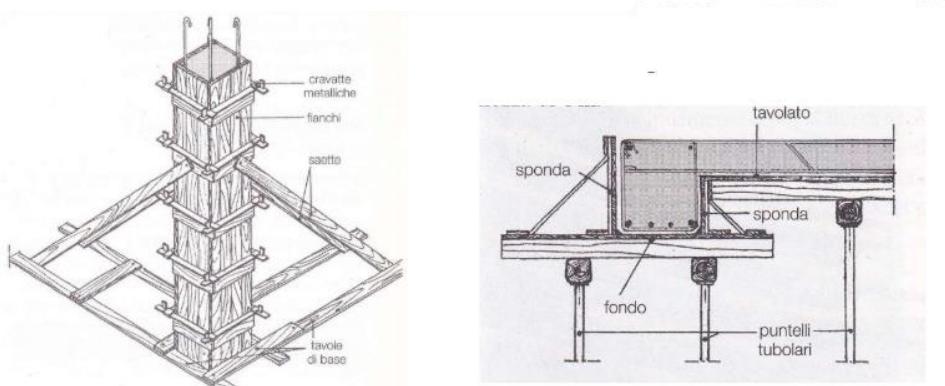
2) Predisposizione delle casseforme

Danno la forma agli elementi in c.a.

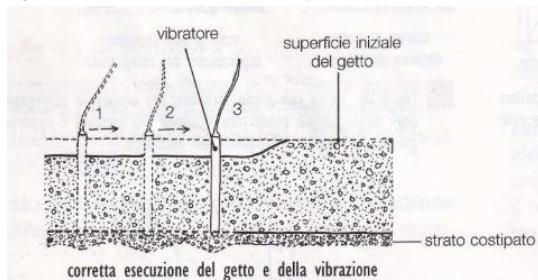
Sostengono il carico del cls fresco, le spinte provocate in fase di costipamento del getto, il peso delle persone e delle attrezzature.

Possono essere:

- «a perdere», se diventano parte integrante della struttura o se vengono distrutte in fase di rimozione;
- reimpiegabili, se possono essere smontate e riutilizzate (tavole di legno, greggio o lavorato, pannelli legno-derivati, lamiera d'acciaio o di leghe di alluminio, cartone)



3) Confezionamento e posizionamento delle armature



Il confezionamento e il posizionamento delle armature nel cemento armato sono fasi critiche del processo di costruzione che influenzano direttamente la resistenza e la durabilità della struttura.

Ecco una panoramica di questi processi:

Confezionamento delle armature:

- Progettazione: La progettazione delle armature è il primo passo. Gli ingegneri determinano il tipo di armature necessarie per garantire la resistenza strutturale richiesta, tenendo conto delle forze applicate e delle condizioni ambientali.
- Taglio e piegatura: Le barre d'acciaio vengono tagliate e piegate secondo le specifiche di progettazione. Questo può essere fatto in loco o presso strutture specializzate.
- Assemblaggio: Le barre d'acciaio vengono quindi assemblate per formare le armature complete, che possono includere gabbie di armatura per pilastri, travi, solai e altri elementi strutturali.

Posizionamento delle armature nel cemento armato:

- Preparazione della casseratura: Prima di versare il calcestruzzo, è necessario preparare la casseratura, che è il modulo temporaneo che tiene il calcestruzzo in posizione fino a quando non si è solidificato. Le armature sono posizionate all'interno della casseratura secondo il disegno di progettazione.
- Supporto delle armature: Le armature devono essere posizionate in modo tale da rimanere al centro del getto di calcestruzzo e ad una distanza corretta dalla superficie della casseratura. Possono essere utilizzati supporti temporanei per mantenere le armature nella posizione corretta durante il versamento del calcestruzzo.
- Versamento del calcestruzzo: Una volta che le armature sono posizionate correttamente, il calcestruzzo viene versato nella casseratura. È importante che il calcestruzzo venga compattato adeguatamente intorno alle armature per garantire una buona aderenza e un trasferimento efficace delle forze.

Il corretto confezionamento e posizionamento delle armature nel cemento armato sono fondamentali per garantire la sicurezza e la stabilità della struttura, nonché per massimizzare la sua resistenza e durabilità nel tempo. Errori o carenze in queste fasi possono compromettere la qualità e l'affidabilità della struttura.

4) Getto e costipamento (o compattazione) del cls

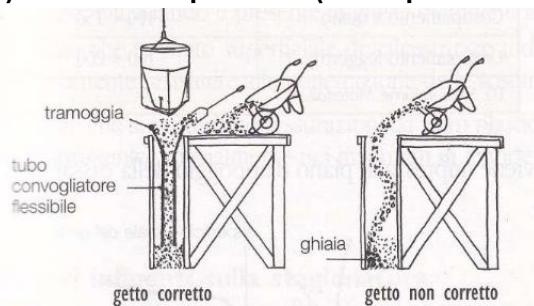


Fig. 5.9 Getto in casseforme verticali. Per evitare la segregazione si ricorre all'impiego di un tubo convogliatore flessibile che eviti gli urti dell'impasto contro le pareti e l'armatura.

Il getto e il compattamento del calcestruzzo armato sono fasi fondamentali nella costruzione di strutture in cemento armato.

Getto del calcestruzzo:

- Preparazione della miscela specifica.
- Trasporto del calcestruzzo al cantiere.
- Versamento uniforme nella cassaforma preparata.

Compattamento del calcestruzzo:

- Scelta del metodo di compattazione appropriato.
- Compattazione del calcestruzzo fresco per eliminare bolle d'aria e assicurare una distribuzione uniforme degli aggregati.

Monitoraggio costante della densità e dell'uniformità del calcestruzzo durante il processo.

Queste fasi richiedono attenzione e competenza per garantire che il calcestruzzo sia versato e compattato correttamente, assicurando così la qualità e la durabilità della struttura finale.

5) Stagionatura cls e disarmo casseforme

La stagionatura del calcestruzzo armato e il disarmo delle casseforme sono due fasi fondamentali nella costruzione di strutture in cemento armato.

Il calcestruzzo viene lasciato indurire per un periodo specificato.

Le condizioni ambientali vengono controllate e regolate per favorire un corretto indurimento.

La durata della stagionatura dipende dalle caratteristiche del calcestruzzo e dalle condizioni ambientali.

Durante questo periodo, viene monitorato il calcestruzzo per eventuali problemi.

Disarmo delle casseforme:

Le casseforme vengono rimosse dopo che il calcestruzzo ha raggiunto una resistenza sufficiente.

La rimozione viene eseguita con attenzione per evitare danni al calcestruzzo.

Dopo il disarmo, la superficie del calcestruzzo viene ispezionata per eventuali difetti.

Se necessario, vengono eseguite riparazioni o trattamenti superficiali.

Queste fasi sono cruciali per garantire la qualità, la resistenza e la durabilità della struttura finale.

Il cls faccia a vista

Finiture da contatto con la cassaforma

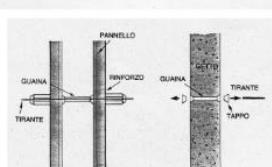
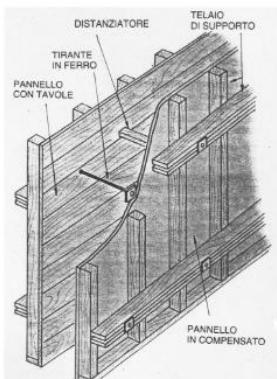


Superficie a vista del calcestruzzo che riproduce le fibre del legno delle casserature.

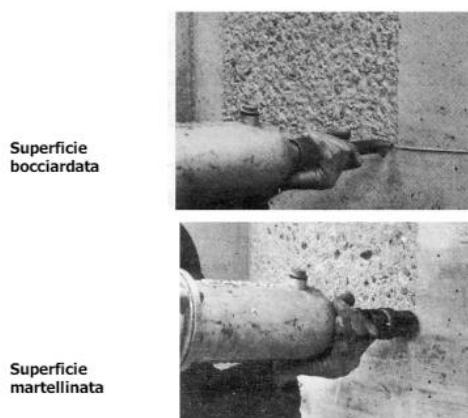
Tiranti, per opporsi alla spinta del cls fresco.

Distanziatori, per regolare la distanza fra le due pareti della cassaforma

In alto:
prime soluzioni
In basso:
soluzioni più recenti

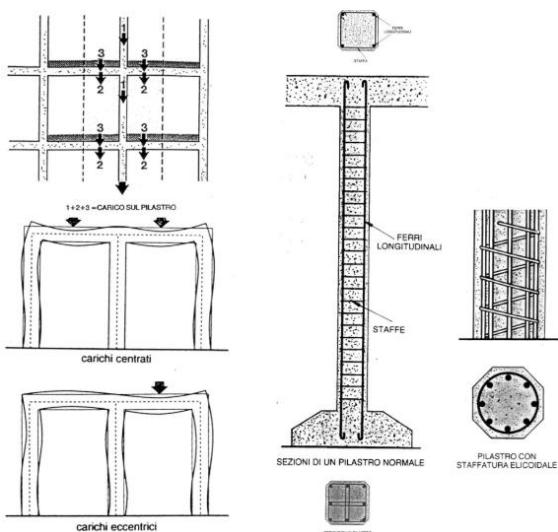


Finiture da trattamento successivo al disarmo

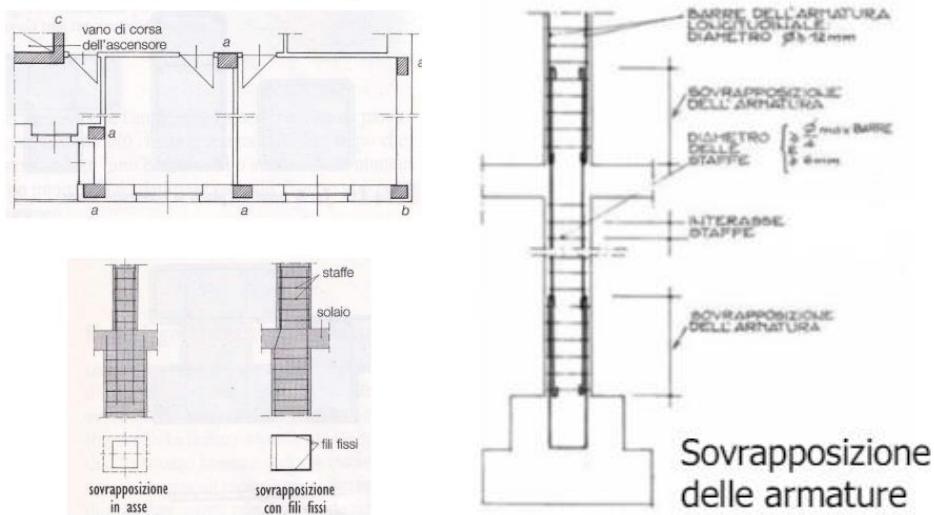


Gli elementi delle strutture a telaio in cemento armato. Pilastri

Ogni pilastro sostiene una porzione di carico che corrisponde alla metà delle campate ad esso adiacenti. I pilastri più carichi sono quindi quelli disposti al centro della pianta.



Scelta della sezione e tracciamento dei pilastri



Negli edifici a telaio in cemento armato, i pilastri sono elementi verticali fondamentali che sostengono il carico della struttura e trasferiscono le forze verticali alle fondazioni. Ecco alcuni punti chiave sugli elementi dei pilastri nelle strutture a telaio:

Funzione dei pilastri:

- Sostegno verticale: I pilastri sono progettati per sopportare il carico verticale delle strutture sovrastanti, come travi, solai e muri.
- Trasferimento del carico: Trasferiscono le forze verticali verso il terreno attraverso le fondazioni, distribuendo uniformemente il carico sulla superficie del terreno sottostante.

Caratteristiche dei pilastri:

- Dimensioni: Le dimensioni dei pilastri dipendono dal carico che devono sopportare e dalle normative di progettazione. Possono variare in altezza, larghezza e spessore.
- Armatura: I pilastri sono rinforzati con barre d'acciaio per migliorare la loro resistenza alla trazione e alla flessione. La disposizione e la quantità di armatura dipendono dalle sollecitazioni strutturali e dalle condizioni di carico.
- Forma: Possono avere varie forme, tra cui rettangolari, quadrati, circolari o poligonali, a seconda del progetto e delle esigenze strutturali.

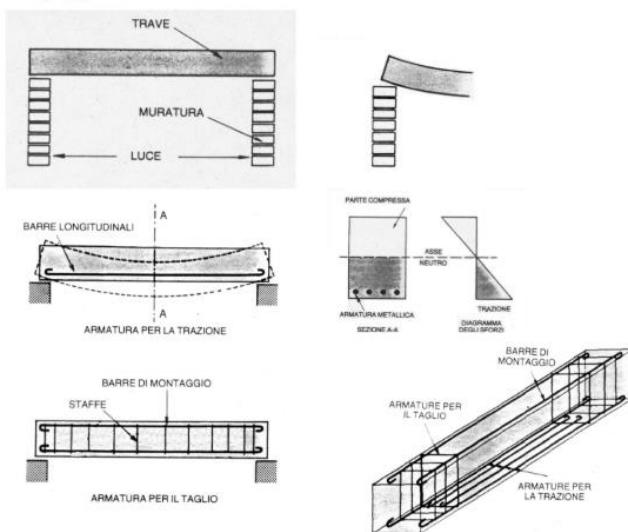
Processo di costruzione:

- Preparazione della casseratura: Prima del getto del calcestruzzo, viene costruita una cassaforma temporanea intorno al pilastro per conferirgli la forma desiderata.
- Posizionamento dell'armatura: Le barre d'acciaio vengono posizionate all'interno della cassaforma secondo il progetto strutturale.
- Getto del calcestruzzo: Il calcestruzzo viene versato nella cassaforma intorno all'armatura dei pilastri.
- Compattazione e stagionatura: Dopo il getto, il calcestruzzo viene compattato per eliminare bolle d'aria e garantire una distribuzione uniforme degli aggregati. Successivamente, viene lasciato indurire e stagionare per acquisire la resistenza strutturale necessaria.

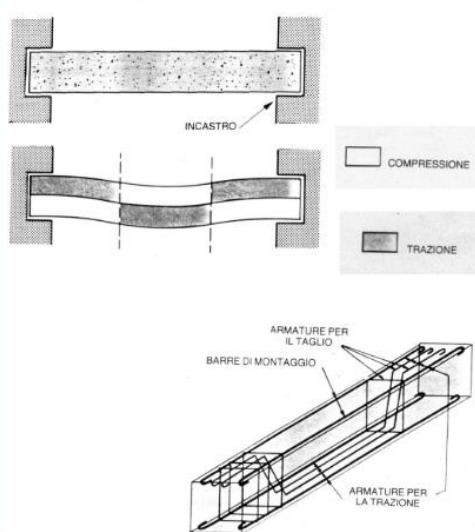
In sintesi, i pilastri nelle strutture a telaio in cemento armato sono elementi verticali essenziali che forniscono supporto strutturale e trasferiscono le forze verticali alle fondazioni. La loro progettazione, costruzione e rinforzo sono cruciali per garantire la stabilità e la sicurezza dell'edificio.

Gli elementi delle strutture a telaio in calcestruzzo armato. Travi

Travi appoggiate



Travi incastrate



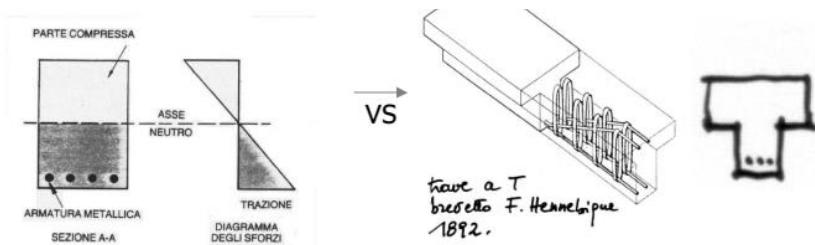
La forma della sezione trasversale della trave in cemento armato

Travi rettangolari con elevato rapporto altezza-base

Efficaci dal punto di vista statico, sono adottate negli edifici in zona sismica e nei solai soggetti a forti carichi su luci maggiori di 5 m.

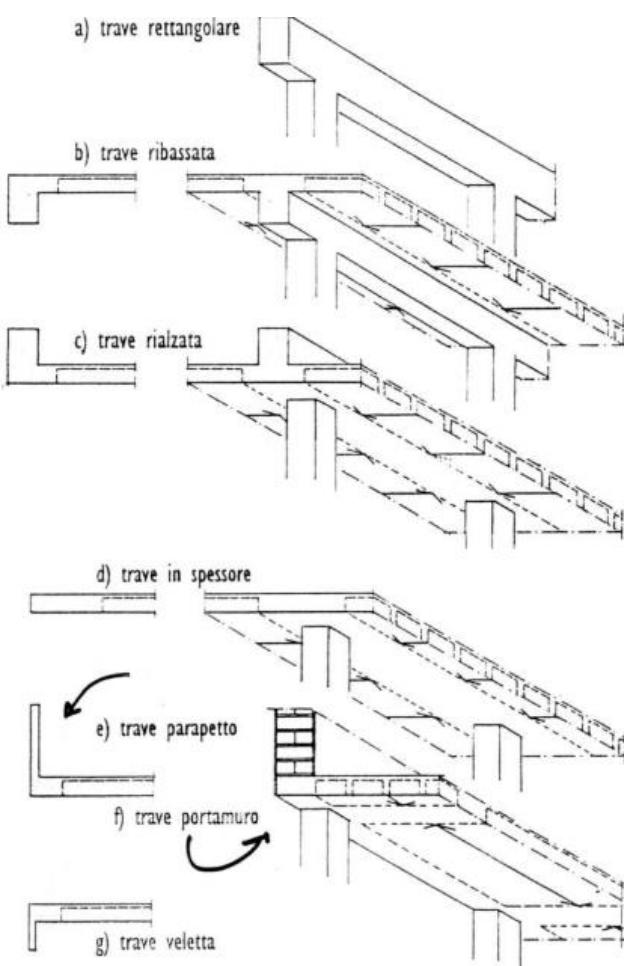
Travi a T

Rappresentano una ottimizzazione, dal punto di vista strutturale, delle travi rettangolari, volta a contenere il peso proprio della trave (si impiega, nella zona tesa, solo la quantità di cls necessaria a contenere l'armatura metallica).



Travi rettangolari in spessore di solaio

Sono poco efficaci dal punto di vista statico: la forma è poco rigida in flessione (e infatti non adatta per edifici in zona sismica), ma spesso utilizzata per i vantaggi che offre da altri punti di vista.

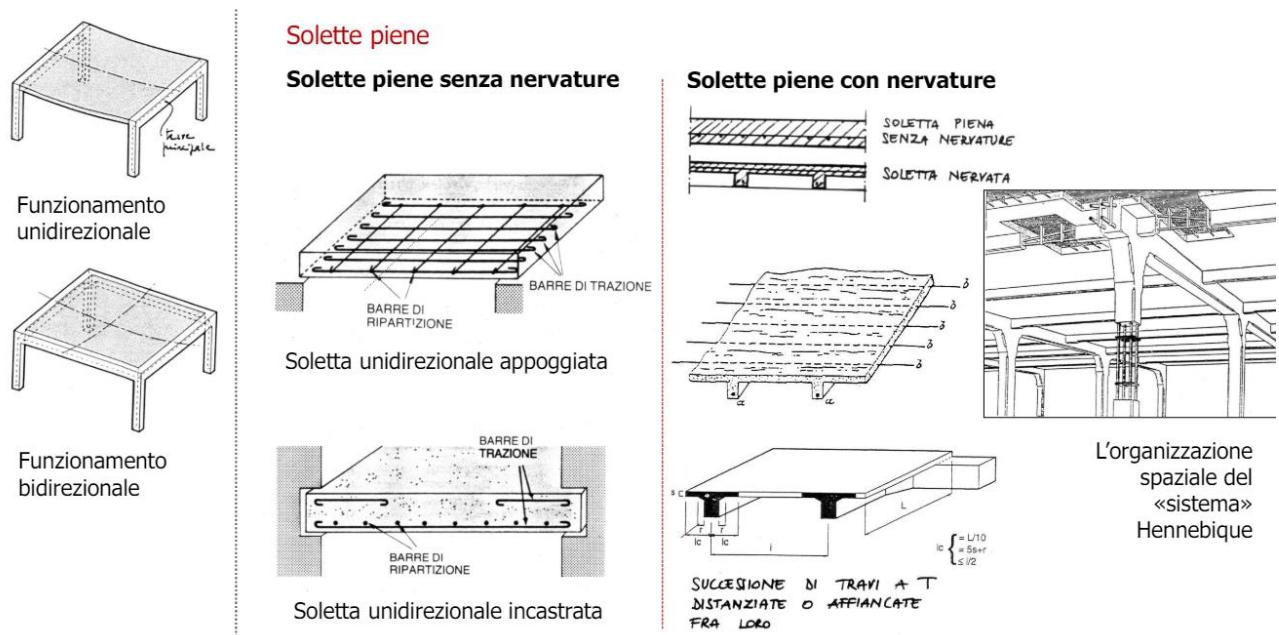


Solai in calcestruzzo armato

I solai in calcestruzzo armato sono elementi orizzontali utilizzati per coprire gli spazi tra i pilastri o le pareti portanti all'interno di una struttura. Ecco alcuni punti chiave riguardanti i solai in calcestruzzo armato:

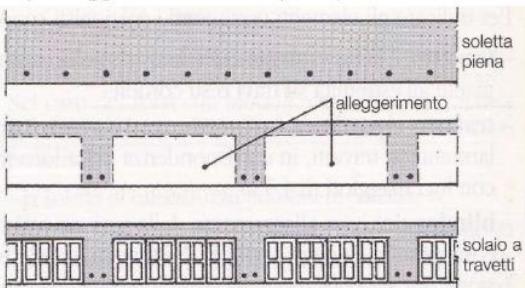
Tipologie di solai:

- **Solai senza nervature:** Sono costituiti da una lastra di calcestruzzo armato che copre lo spazio tra i pilastri senza l'aggiunta di travi o nervature interne.

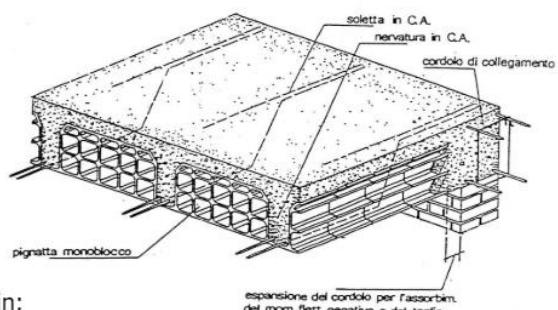


- **Solai con nervature:** Presentano nervature o travi integrate nella struttura del solai, che possono essere utilizzate per aumentare la resistenza e la rigidità della lastra e per ridurre lo spessore complessivo del solai.

Il passaggio dalla soletta piena, alla soletta nervata, al solaio misto con elementi laterizi



Solaio misto con «pignatte», che si alternano ai travetti o nervature in c.a. (con $i = \text{ca. } 50 \text{ cm}$)



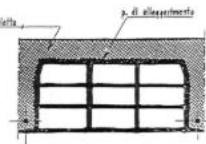
I solai misti in base alla modalità di realizzazione si dividono in:

- solai gettati completamente in opera
- solai con elementi prefabbricati (travetti o pannelli)

- Solai misti: Combinano elementi prefabbricati con calcestruzzo gettato in opera per ottenere vantaggi in termini di velocità di costruzione e resistenza strutturale.

Tipi di pignatte

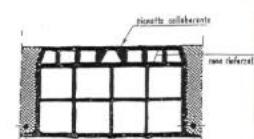
di alleggerimento
(tipo a)



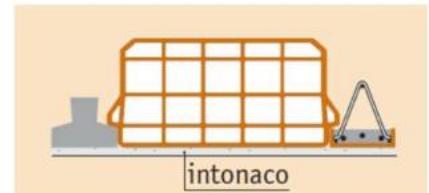
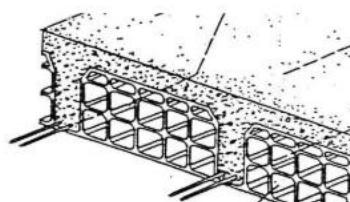
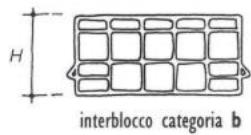
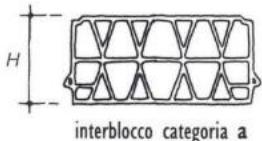
Pignatte per solai
gettati in opera



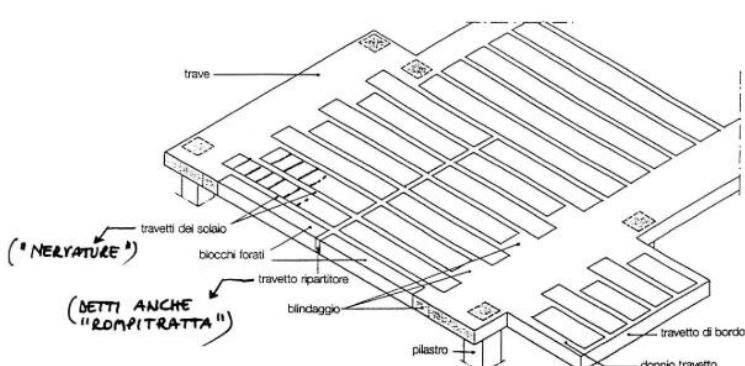
collaboranti
(tipo b)



Pignatte per solai con
travetti prefabbricati



Organizzazione di un solaio misto



Rompitratta

Nel caso di luci superiori di 4,5 m o nel caso di carichi concentrati notevoli è necessario disporre perpendicolarmente ai travetti un «rompitratta» o travetto ripartitore, per favorire una diffusione del carico.

Blindaggio

È un allargamento della sezione resistente di cls realizzato ove necessario per assorbire le sollecitazioni di compressione che si manifestano, in corrispondenza dei collegamenti con le travi, nella parte inferiore della sezione (le pignatte inferiormente non sono «rinforzate», né è possibile contare su solette collaboranti).

Dimensionamento di massima di un solaio misto

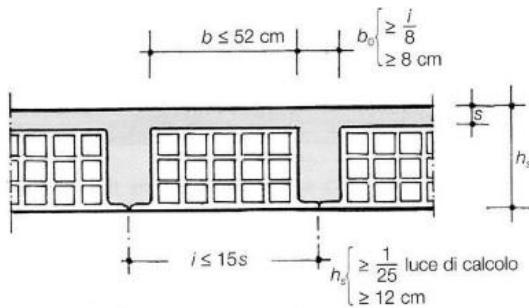
Altezza del solaio (h_s): non minore di 1/25 della luce | 1/30 per travetti precompressi e comunque non minore di 12 cm

Soletta (s):

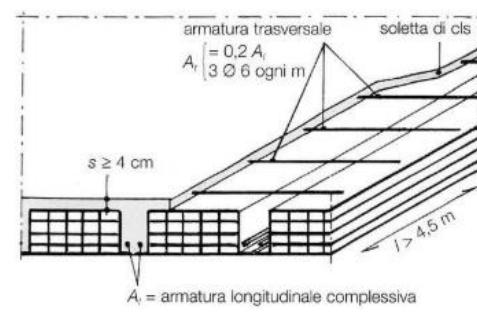
- nel caso dei solai con pignatte di solo alleggerimento: la soletta deve avere sp. min. 4 cm
- nel caso dei solai con pignatte collaboranti: se la luce è minore di 4,5 m, la soletta di sp. min. 4 cm può essere omessa, perché si considera che la zona rinforzata di laterizio sia in grado di collaborare alla resistenza statica.

Altezza della pignatta: min. 12 cm e poi variabile di 2 in 2 cm

Larghezza minima delle nervature (travetti): 8 cm Interasse fra i travetti: ca. 50 cm

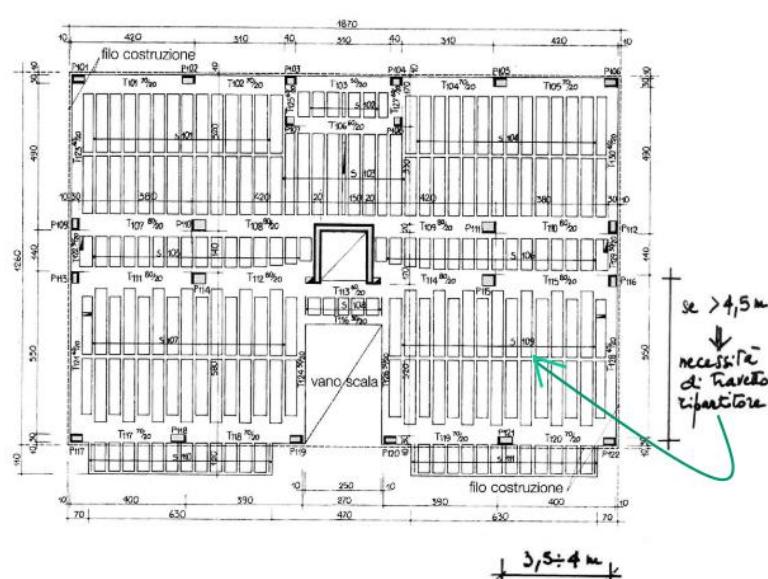
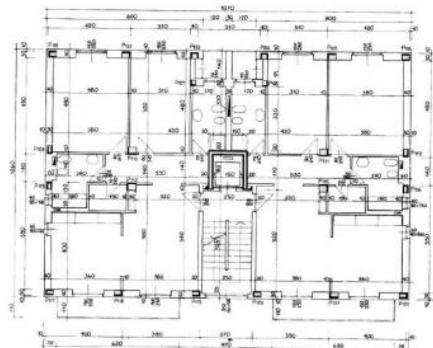


Dimensioni prescritte per i solai misti gettati in opera
che non siano di semplice copertura.



Armatura trasversale dei solai misti.

Esempio di solaio misto in un edificio multipiano



Fasi di realizzazione di un solaio misto gettato in opera

1. Predisposizione delle casseforme



3. Posizionamento delle armature



4. Getto del cls



2. Posizionamento delle pignatte



1. Preparazione: Definizione del progetto e pulizia dell'area di lavoro.

2. Posizionamento degli elementi prefabbricati: Travi o pannelli vengono collocati sulla struttura portante.

3. Preparazione della cassaforma: Costruzione di una cassaforma intorno agli elementi prefabbricati.

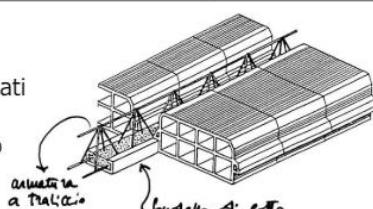
4. Posizionamento dell'armatura: Installazione delle barre d'acciaio per rinforzare il calcestruzzo.

5. Versamento del calcestruzzo: Getto del calcestruzzo nella cassaforma.

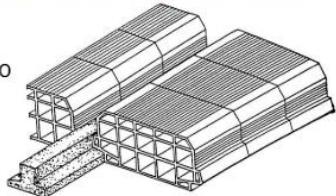
6. Compattazione e finitura: Compattazione del calcestruzzo e rifinitura della superficie.

Solai misti con travetti prefabbricati

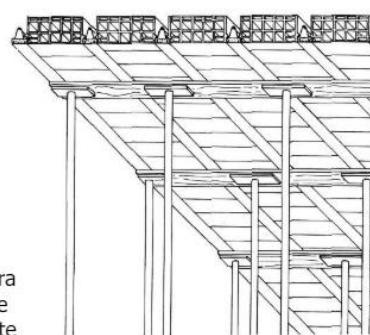
con travetti armati
a traliccio con
fondello in cotto



con travetti in cls
armato precompresso
(C.A.P.)



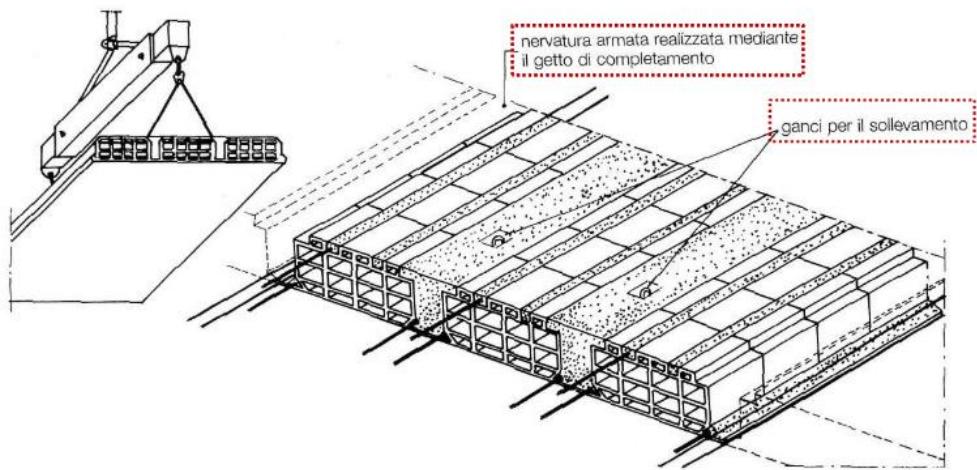
Posa in opera
dei travetti e
delle pignatte



Solai misti con pannelli prefabbricati

Solai a pannelli prefabbricati di laterocemento

(due tipi di larghezza in commercio: 80 o 120 cm | sp. 12, 16, 20, 24 cm)



Vantaggi dei solai in calcestruzzo armato:

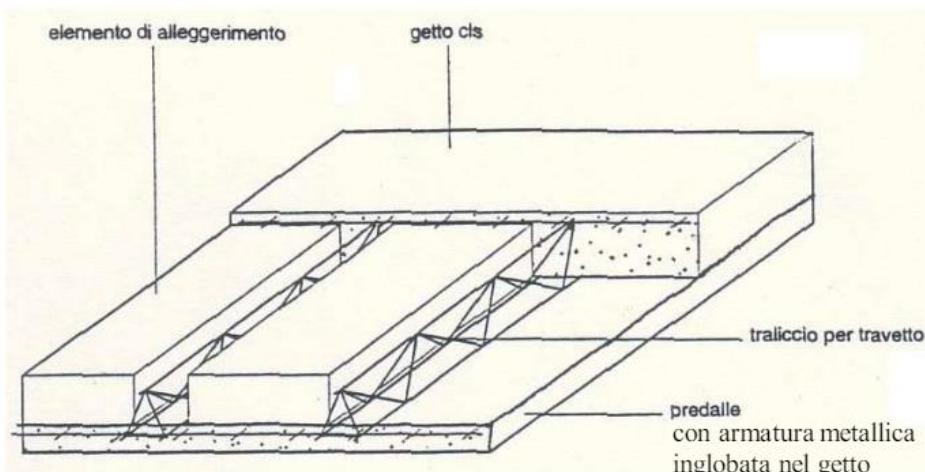
- Elevata resistenza: Il calcestruzzo armato offre una resistenza elevata sia alla compressione che alla trazione, rendendolo adatto per solai che devono sopportare carichi pesanti.
- Flessibilità di progettazione: I solai in calcestruzzo armato possono essere progettati per adattarsi a diverse configurazioni e carichi strutturali.
- Durabilità: Il calcestruzzo armato è resistente all'usura e agli agenti atmosferici, garantendo una lunga durata della struttura.

In sintesi, i solai in calcestruzzo armato sono elementi fondamentali nelle costruzioni moderne, offrendo resistenza, durabilità e flessibilità di progettazione per una vasta gamma di applicazioni edilizie

Solai con pannelli prefabbricati tipo predalles

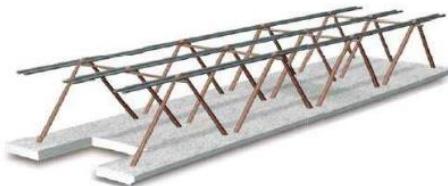
Vantaggi

- Riduzione/soppressione delle casseforme, riduzione dei puntelli
- Superficie d'intradosso piane e regolari, tali da offrire un livello di finitura accettabile per alcuni tipi di impieghi



Solai prefabbricati in cemento armato

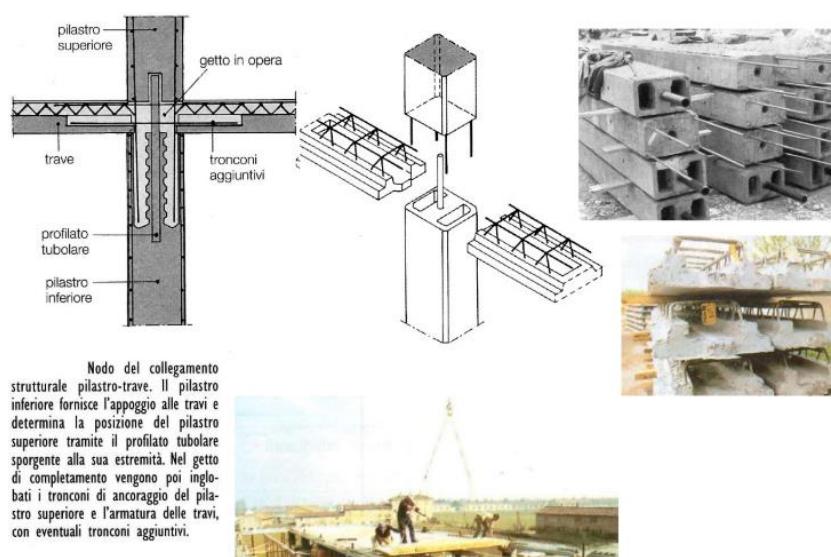
Anche le travi principali possono essere realizzate con elementi prefabbricati («suola» in cls + armatura in acciaio), da completare in opera con un getto di cls



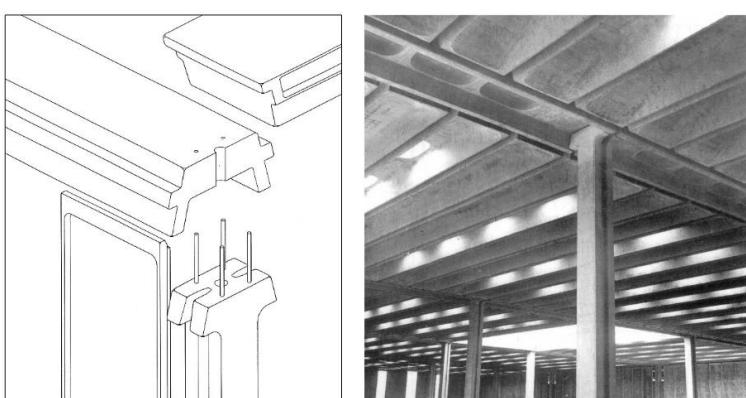
Sistemi prefabbricati a telaio in cemento armato

Elementi base del sistema: pilastri, travi, solai. Gli elementi integrativi (dalle rampe scale ai tamponamenti) possono essere realizzati anche servendosi di altre tecnologie.

1. Sistemi di assemblaggio mediante getto di completamento di cls entro tasche presenti nella zona di interfaccia dei componenti da unire



2. Sistemi di assemblaggio a secco. Elementi di acciaio, piastre o angolari, possono essere inclusi negli elementi prefabbricati in c.a. durante la loro realizzazione, in modo da realizzare la connessione per bullonatura o saldatura.



Sistemi prefabbricati in c.a. a grandi pannelli

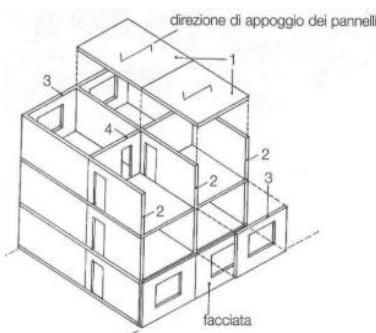


Fig. 20.36 Sistemi a pannelli portanti trasversali; 1) pannelli-solaio; 2) pannelli-parete interna portanti; 3) pannelli-parete esterna non portanti; 4) pannelli-parete interna non portanti (e di irrigidimento).

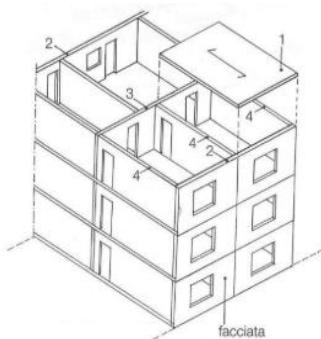
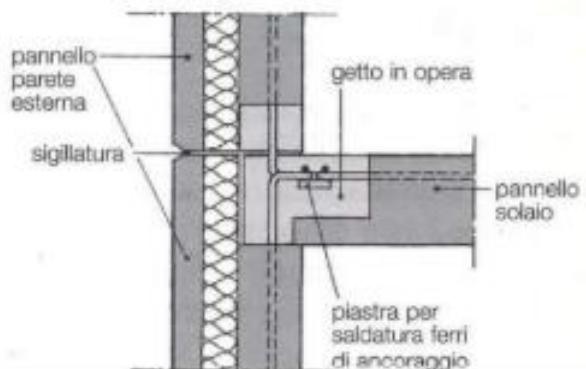
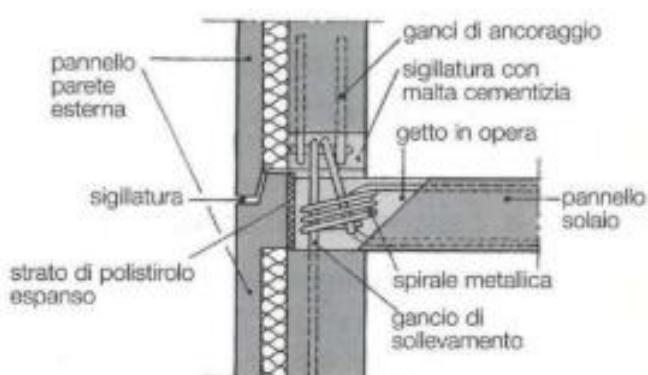
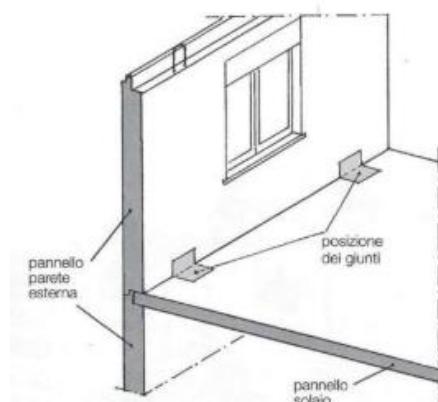


Fig. 20.37 Sistemi a pareti portanti longitudinali; 1) pannelli-solaio; 2) pannelli-parete esterna portanti; 3) pannelli-parete interna portanti; 4) pannelli-parete interna non portanti (e di irrigidimento).

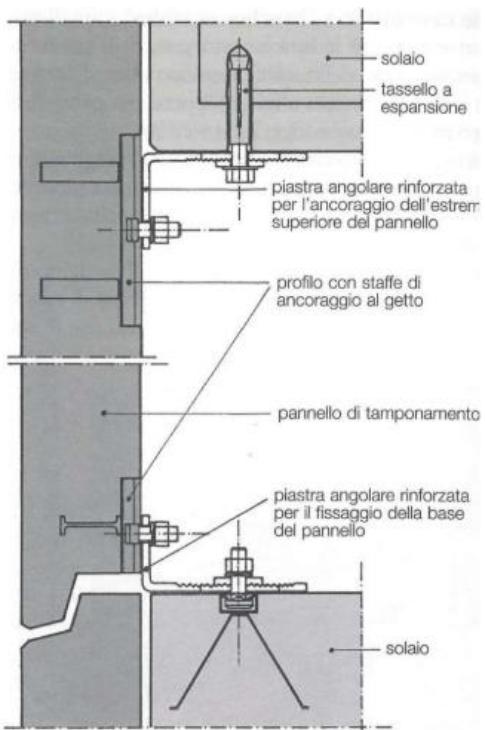
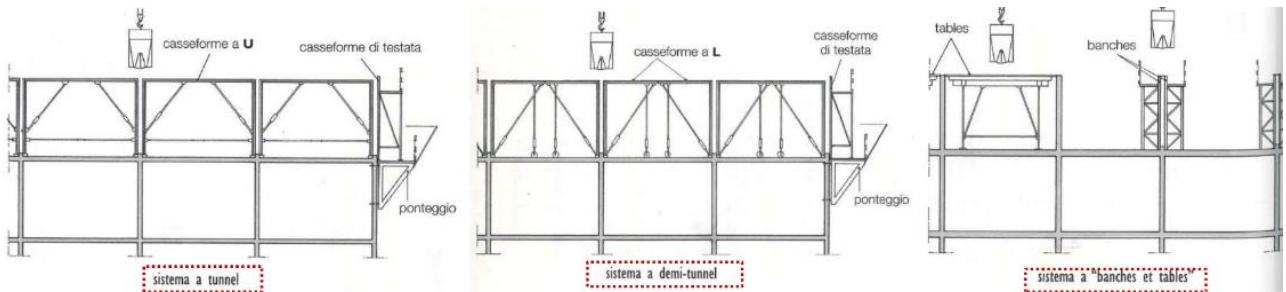


Sistemi di industrializzazione dei getti (sistemi di casseforme)

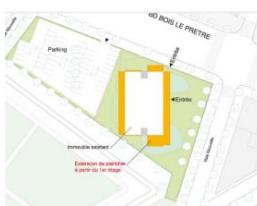
Programmazione della sequenza e dei tempi delle fasi di lavoro.

Ciclo di lavoro di 24 ore (48 nel sistema banches et table).

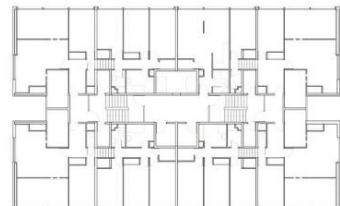
1. armo del tunnel: posizionamento delle casseforme e delle armature metalliche (con le predisposizioni per le aperture e per le tubazioni degli impianti)
2. getto e vibrazione del cls
3. maturazione accelerata del getto (ore notturne)
4. disarmo (e conseguenti possibilità di reimpiego delle casseforme nel ciclo di lavoro industrializzato)



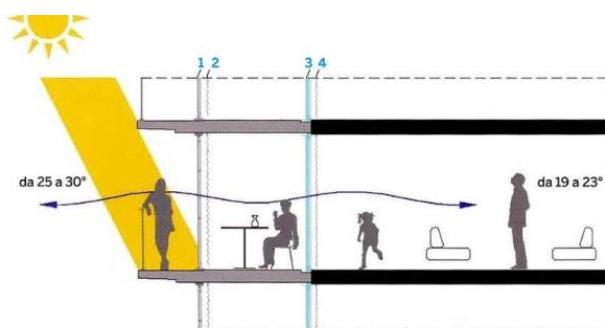
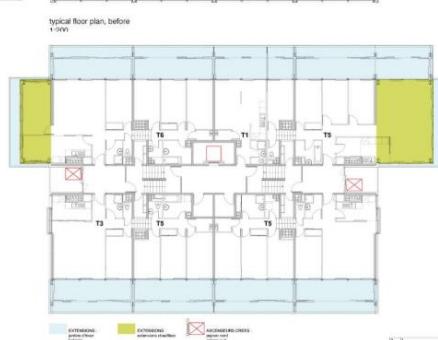
Il recupero della Torre Bois le Prêtre di Druot, Lacaton & Vassal (2011)



Aumento della superficie abitabile, riconfigurazione del layout e differenziazione delle tipologie degli alloggi



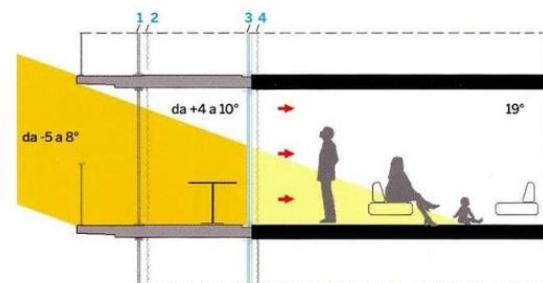
Fronti nord e sud: addizione con nuovi moduli abitabili + balconi
Fronti est e ovest: addizione con giardini d'inverno + balconi



▲ Estate (orientamento Ovest - 21 giugno - 13h - inclinazione 63°). Protezione dall'irraggiamento solare e ventilazione naturale

Summer (West orientation - 21 June - 13h - inclination 63°). Protection from sun radiation and natural ventilation

1. parete leggera policarbonato/vetro: aperta
2. tenda ombreggiamento: chiusa
3. facciata vetrata: aperta
4. tenda termica: aperta
1. lightweight partition polycarbonate/glass: open
2. curtain: closed
3. glazed facade: open
4. thermal curtain: open



▲ Inverno (orientamento Est - 21 dicembre - 10h30 - inclinazione 20°) Apporti solari diretti. Isolamento termico del giardino d'inverno (effetto serra)

Winter (east orientation- 21 December - 10h30 - inclination 20°) Direct solar gains. Thermal insulation of the winter garden (greenhouse effect)

1. parete leggera policarbonato/vetro: chiusa
2. tenda ombreggiamento: aperta
3. facciata vetrata: chiusa
4. tenda termica aperta
1. lightweight partition polycarbonate/glass: closed
2. curtain: open
3. glazed facade: closed
4. thermal curtain: open

Nel recupero della Torre Bois le Prêtre, Anne Lacaton e Jean-Philippe Vassal hanno adottato un approccio innovativo utilizzando pannelli prefabbricati

- Aggiunta di balconi prefabbricati: I balconi sono stati realizzati come pannelli prefabbricati, fabbricati in acciaio e vetro. Questi pannelli sono stati progettati e costruiti in una fabbrica, garantendo un alto livello di precisione e qualità nella realizzazione.
- Montaggio rapido e efficiente: Una volta pronti, i pannelli prefabbricati sono stati trasportati sul sito e installati lungo la facciata dell'edificio esistente. Grazie alla loro natura prefabbricata, il montaggio dei balconi è avvenuto in modo rapido ed efficiente, riducendo i tempi di costruzione e i disagi per gli occupanti dell'edificio.
- Rispetto delle esigenze abitative: L'aggiunta di questi balconi prefabbricati ha migliorato significativamente la qualità della vita degli occupanti dell'edificio. I nuovi spazi esterni forniti dai

balconi offrono agli abitanti un'opportunità di godere del panorama circostante e di godere di una maggiore ventilazione naturale e luce solare.

- **Integrazione estetica:** Nonostante l'uso di materiali moderni come l'acciaio e il vetro, i balconi prefabbricati sono stati progettati in modo da integrarsi armoniosamente con l'architettura esistente dell'edificio, rispettandone il carattere originale e il contesto urbano.

L'utilizzo di pannelli prefabbricati ha permesso agli architetti di trasformare radicalmente l'edificio esistente in modo efficiente, migliorando la qualità abitativa e rispettando contemporaneamente il carattere e l'identità dell'edificio e del suo contesto urbano.

Fasi di cantiere

- Demolizione progressiva chiusure verticali (facciate) esistenti
- Sostituzione con chiusure trasparenti
- Montaggio dei moduli (pilastri, soletta con parapetto)

06. L'involucro edilizio: chiusure trasparenti

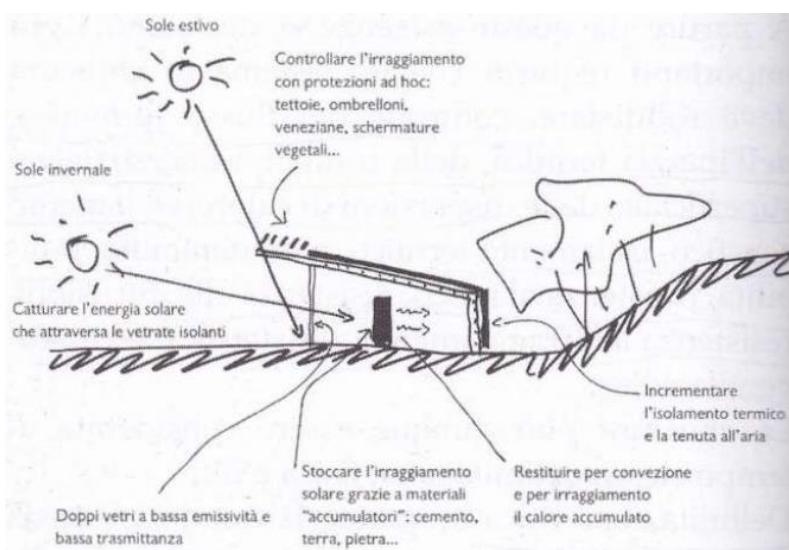
- ♣ Serramenti
- ♣ Facciate continue (curtain wall)

Chiusure trasparenti: requisiti

Le chiusure trasparenti devono offrire risposte ai requisiti propri delle chiusure opache (...) e devono inoltre consentire e regolare l'ingresso della luce naturale e della radiazione solare, la visibilità interno/esterno, la ventilazione, il passaggio di persone e cose.

L'irraggiamento solare

Gli apporti solari «gratuiti»: da favorire nelle stagioni fredde, evitare in quelle calde



Isolamento termico

Le norme esprimono la rispondenza al requisito di isolamento termico facendo riferimento alla prestazione di trasmittanza termica U (l'inverso della resistenza termica R), che si misura in W/m^2K . Più il valore di U è basso, minori saranno le dispersioni termiche.

DM Requisiti Minimi (26 giugno 2015)

– fissa i valori limite della trasmittanza termica

Zona climatica E (Torino)

Strutture opache verticali o inclinate di copertura

- dal 2021: $U < 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Chiusure tecniche trasparenti

- dal 2021 : $U < 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Un involucro vetrato è più disperdente di un involucro opaco (rendendo l'edificio molto più energivoro)

- Minori capacità del vetro di isolare

- Discontinuità presenti nelle chiusure vetrate (giunti fra parti fisse e apribili, e fra parti fisse e perimetro murario)

N.b. In genere, nelle chiusure trasparenti, gli apporti di calore della radiazione solare non compensano le dispersioni complessive.

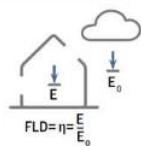
Illuminazione naturale e ventilazione

Che cosa dice la normativa? Nell'ambito dell'edilizia residenziale vige il D.M. 05/07/1975, che viene ripreso dalla maggior parte delle normative regionali e locali.

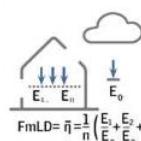
Art. 5 «Tutti i locali degli alloggi, eccettuati quelli destinati a servizi igienici, disimpegni, corridoi, vanisca e ripostigli debbono fruire di illuminazione naturale diretta, adeguata alla destinazione d'uso. Per ciascun locale d'abitazione, l'ampiezza della finestra deve essere proporzionata in modo da assicurare un valore di fattore luce diurna medio non inferiore al 2 per cento, e comunque la superficie finestrata apribile non dovrà essere inferiore a 1/8 della superficie di pavimento»

«...assicurare un **valore di fattore luce diurna medio non inferiore al 2 per cento...**»

Il fattore di luce diurna [FLD] è la grandezza adimensionale espressa in percentuale, definita come il rapporto fra l'illuminamento [lux] misurato in un punto specifico dell'ambiente interno (E) e l'illuminamento misurato all'esterno su una superficie che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni in condizioni di cielo coperto (E₀). In sostanza **ci dice** quanta luce abbiamo in un ambiente rispetto a quella idealmente disponibile fuori.

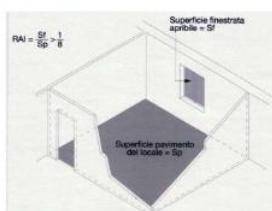


Il fattore medio di luce diurna [FmLD] è la media matematica di tutti i valori puntuali misurati nell'ambiente considerato, esclusi i primi 50 cm circa dalle pareti.



«...la **superficie finestrata apribile non dovrà essere inferiore a 1/8 della sup. di pavimento...**»

Rapporto aeroilluminante
 $S_f \geq 1/8 S_p$



(tratto da Documentazione Velux)

Che cosa avviene in pratica

Il rapporto di 1/8 fra superficie apribile e superficie di pavimento, introdotto per garantire la ventilazione e il ricambio d'aria, viene usato in ambito autorizzativo come requisito minimo anche per l'illuminazione e definito «rapporto aeroilluminante» (RAI).

Utilizzando questa prassi, la Pubblica Amministrazione di solito non richiede la verifica del fattore medio di luce diurna (FmLD). Il rispetto del solo RAI però potrebbe garantire luce a sufficienza oppure no, in funzione di alcune variabili (ad es. la forma delle finestre e la loro posizione).

Fattore medio di luce diurna	<1%	1% - 2%	2% - 4%	4% - 7%	7% - 12%	>12%
Impressione di luminosità	Da buio a poco luminoso		Da poco luminoso a luminoso		Da luminoso a molto luminoso	
Atmosfera	L'ambiente sembra chiuso su se stesso			L'ambiente si apre verso l'esterno		

Ricerca del Politecnico di Milano del 2008 - prof. Federico Butera

Suggerimenti

- Dalla ricerca riportata sopra:
 - Il 2% del FmLD è il limite minimo per la legge italiana;
 - Il 4% è il minimo per percepire una stanza come luminosa e aperta verso l'esterno;
 - Il 7% corrisponde a un ambiente molto luminoso.

E' buona regola progettare ambienti con il almeno il 4% di FmLD;

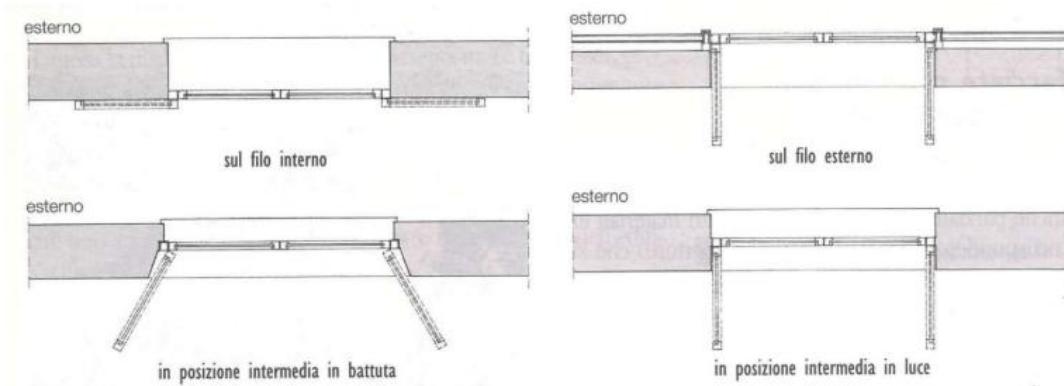
Chiusure trasparenti. Serramenti: esempi

Serramenti:

- ♣ finestre ♣ porte-finestre
- ♣ porte ♣ luci fisse

Serramenti: posizione rispetto al vano murario

Ai lati: stipiti a squadro (con serramento in luce) o con mazzetta (con serramento in battuta) In basso: davanzale o soglia (oggi si tende a realizzarli non continui per evitare un ponte termico) In alto: arco o piattabanda o architrave



Serramenti: posizione rispetto al vano murario

Nei progetti di edilizia, la posizione dei serramenti rispetto al vano murario ha un impatto significativo sull'estetica, sull'efficienza energetica e sulla funzionalità dell'edificio. Ecco alcuni punti chiave riguardanti la posizione dei serramenti:

Posizione in pianta: La disposizione dei serramenti nelle pareti esterne dell'edificio è importante per garantire una distribuzione uniforme della luce naturale e una ventilazione adeguata all'interno degli spazi abitativi.

Allineamento verticale: L'allineamento verticale dei serramenti può influenzare l'illuminazione naturale all'interno dell'edificio e la percezione dello spazio.

Allineamento orizzontale: L'allineamento orizzontale dei serramenti può influenzare l'aspetto estetico dell'edificio e la percezione della sua proporzione e simmetria.

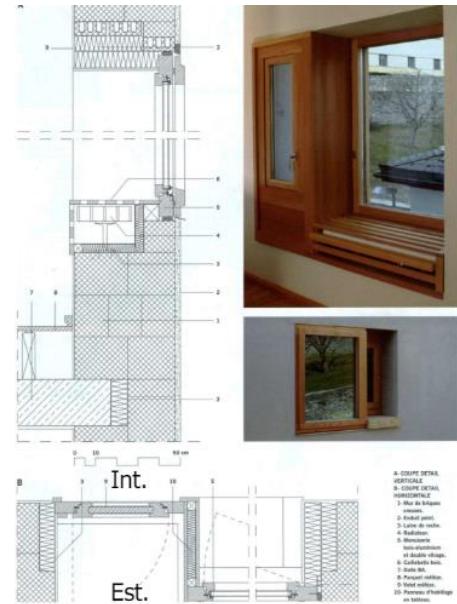
Distanza dal piano di facciata: La distanza dei serramenti dal piano di facciata può influenzare l'efficienza energetica dell'edificio. Un adeguato distanziamento può ridurre l'effetto delle radiazioni solari dirette durante i mesi estivi, riducendo il surriscaldamento degli interni, mentre un'insufficiente distanza può aumentare il carico termico e l'abbagliamento.

Orientamento solare: L'orientamento dei serramenti rispetto al sole può influenzare la quantità di calore solare che entra nell'edificio. Posizionare serramenti sul lato sud può massimizzare l'apporto di calore solare in inverno, riducendo così il fabbisogno di riscaldamento, mentre ridurre i serramenti sul lato ovest può ridurre il surriscaldamento estivo.

In sintesi, la posizione dei serramenti rispetto al vano murario deve essere attentamente considerata durante la progettazione di un edificio, tenendo conto di fattori estetici, funzionali ed energetici per garantire un ambiente interno confortevole, efficiente e piacevole.

La finestra come uno spazio a sé

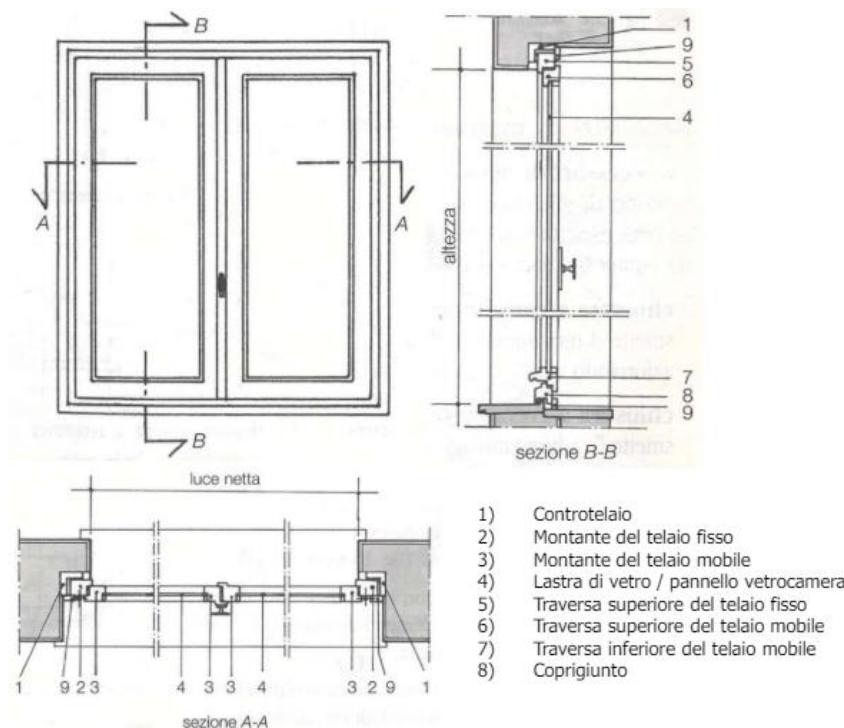
Gion A. Caminada, Collegio femminile del convento Disentis a Mustér (Svizzera), 2004 ("Moniteur Architecture AMC", n.154/2005)



I serramenti vanno da prodotti artigianali, spesso molto raffinati a prodotti a catalogo, seriali, tecnologicamente evoluti (assemblaggio di semilavorati: profili, ferramenta, guarnizioni, lastre vetro).

Le parti del serramento

- Controtelaio
- Telaio fisso
- Telaio mobile
- Vetro / pannello vetrocamera
- Fermavetro
- Coprigiunto



Le parti del serramento: vetri

Vetri singoli | sp. 6 mm | $U=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pannelli vetrocamera | 4+6+4 | $U=2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pannelli vetrocamera con vetro basso-emissivo | 4+16+4 | $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ Vetri basso emissivi : sono rivestiti su una faccia da uno strato di ossidi metallici che aiutano a limitare le perdite di calore dall'interno verso l'esterno (ma nei climi caldi e in periodo estivo questo si può tradurre in un discomfort).

Pannelli vetrocamera con vetro basso-emissivo e argon nell'intercapedine | 4+16+4 | $U=1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ Per evitare il surriscaldamento, in periodo estivo, si possono usare vetri a controllo solare, che consentono il passaggio solo di una parte della radiazione solare e riducono la trasmissione della luce.

Telaio fisso e telaio mobile. Tenuta all'aria e all'acqua

Fra telaio fisso e telaio mobile:

- superfici di contatto, dette battute, intervallate da una o più camere d'aria;
- le infiltrazioni d'aria vengono limitate dalla presenza delle battute e rallentate dai cambiamenti di direzione che subiscono all'interno delle camere d'aria.
- Le battute garantiscono anche la tenuta all'acqua (ma nella traversa inferiore bisogna adottare soluzioni ad hoc)

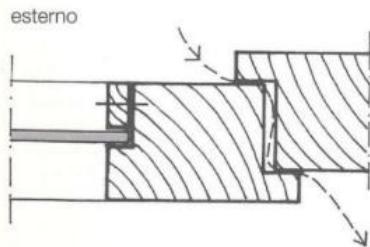
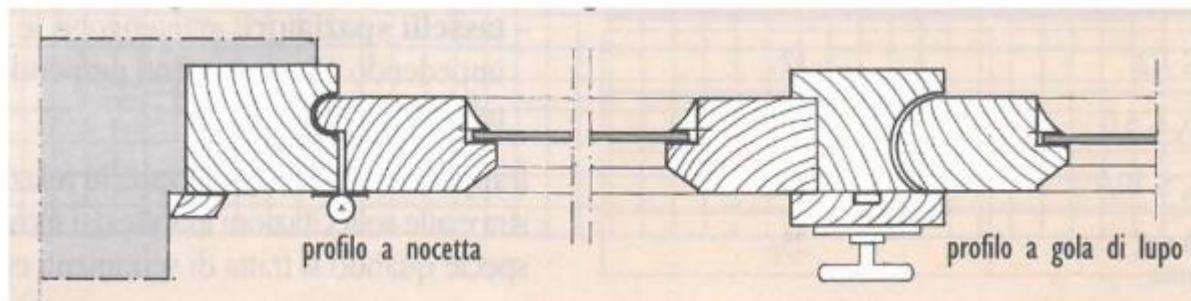


Fig. 15.16 Disegno schematico delle battute e della camera d'aria formate dall'accostamento dei profili dei serramenti di legno.

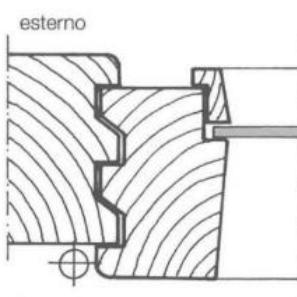


Fig. 15.17 Esempio di profili a tripla battuta.

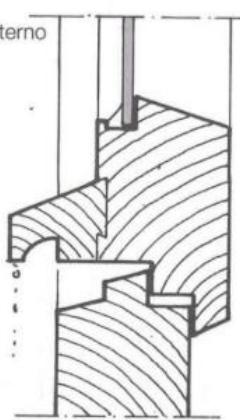


Fig. 15.18 Particolare di traversa inferiore con gocciolatoio.

Serramenti con guarnizioni e elementi di tenuta

Piccole deformazioni e movimenti possono essere dovuti a:

- diversi coefficienti di dilatazione termica dei materiali che entrano in gioco (vetro, telai, contorno murario);
- spinta del vento;
- assestamenti o cedimenti delle cerniere, dovuti all'uso.

L'assemblaggio delle diverse parti deve quindi lasciare spazi di tolleranza.

Per garantire la tenuta all'aria e all'acqua e per ovviare alle cadute di prestazione si può ricorrere:

- nei giunti fra t. fisso e t. mobile, a **guarnizioni** in materiale plastico elastico, la cui adozione è oggi consentita dal tipo di profili di cui ci si può avvalere;
- nei giunti fra telaio fisso, controtelaio e muro, a **sigillanti**, come le schiume poliuretaniche.

Tenuta all'acqua nella battuta della traversa inferiore

Evoluzione delle soluzioni volte a migliorare la tenuta all'acqua nella battuta fra traversa inferiore di telaio mobile e telaio fisso

1. Listello conformato a gocciolatoio
2. Scanalatura continua nella traversa inferiore del telaio fisso
3. Soluzione a giunto aperto (con guarnizione centrale)

Il principio della «camera di decompressione». Quando il vento batte sulla facciata, il lieve moto d'aria che attraversa il giunto fa sì che la pressione all'interno della camera aumenti fino a egualare la pressione esterna; annullato il gradiente di pressione, i moti d'aria attraverso il giunto cessano.

Questa camera si realizza con un profilo speciale in alluminio, e una guarnizione centrale. L'acqua che eventualmente dovesse ancora entrare viene smaltita attraverso appositi fori di scarico.

Alloggiamento (e sostituzione) dei vetri. Fermavetro (e alternative)

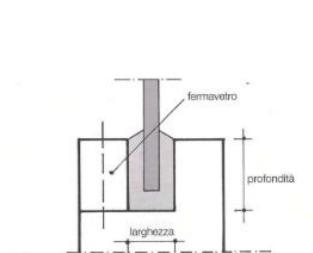
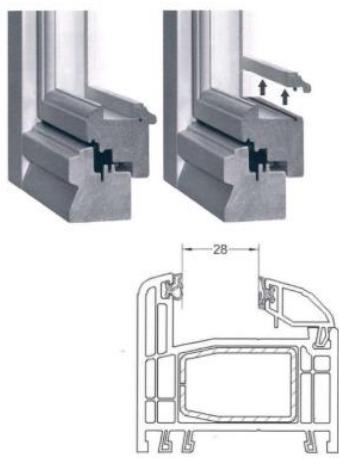


Fig. 15.14 Alloggiamento delle lastre a battuta con fermavetro (a scanalatura).

Tabella 15.4 Profondità della scanalatura di alloggiamento delle lastre di vetro.

Superficie vetrata S_v [m ²]	Profondità [mm]
$S_v \leq 1,2$	12
$1,2 < S_v \leq 5,0$	16
$5,0 < S_v \leq 10,0$	20
$10,0 < S_v$	25

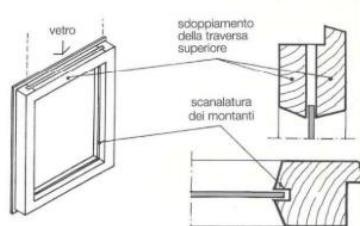


Fig. 15.15 Esempio di serramento in legno con vetro "a infilare".

Fissaggio alla muratura. Assenza o presenza del controtelaio

assenza

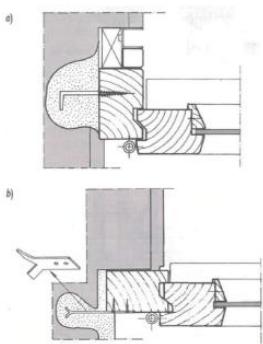


Fig. 15.27 Montaggio di finestra senza controtelaio: a) con persiana avvolgibile, b) senza persiana avvolgibile.

Il telaio è fissato direttamente alla muratura, tramite zanche.

presenza

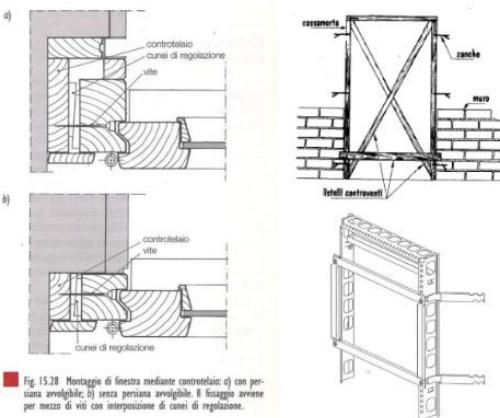


Fig. 15.28 Montaggio di finestra mediante controtelaio: a) con persiana avvolgibile, b) senza persiana avvolgibile. Il fissaggio avviene per mezzo di viti con interposizione di coni di regolazione.

Si adotta il controtelaio, la cui posa avviene sul muro grezzo, non intonacato.

Fissaggio alla muratura. Assenza o presenza del controtelaio

Il fissaggio dei serramenti alla muratura può avvenire con o senza l'utilizzo di un controtelaio. Ecco una sintesi delle differenze:

Fissaggio senza controtelaio:

- Il serramento viene installato direttamente nel vano murario senza un telaio aggiuntivo.
- Aspetto più semplice ed esteticamente discreto.
- Riduzione dell'ingombro complessivo del serramento.
- Potenzialmente minore tenuta termica e acustica.

Fissaggio con controtelaio:

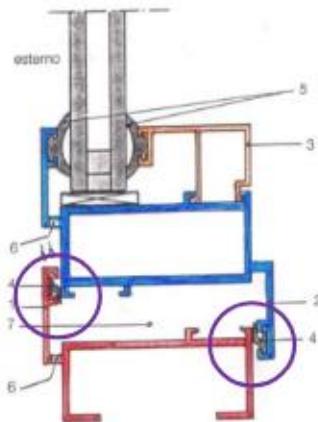
- Il serramento è inserito in un controtelaio fissato al vano murario.
- Fornisce stabilità strutturale aggiuntiva al serramento.
- Migliora la tenuta contro infiltrazioni d'aria e rumori esterni.
- Alcuni tipi permettono regolazioni per un'installazione più precisa.

La scelta dipende dalle esigenze specifiche del progetto, considerando estetica, prestazioni termiche e acustiche, stabilità strutturale e praticità di installazione.

Serramenti metallici (e in leghe di alluminio in particolare)

Tenuta all'acqua e all'aria

Profilati con guarnizioni nelle alette di battuta

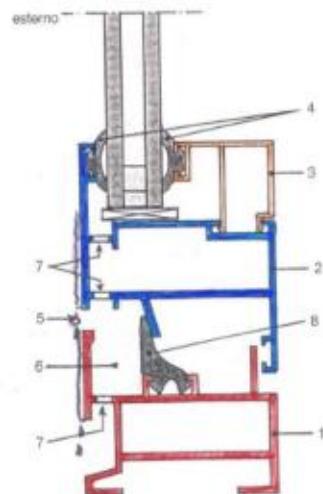


Disegno schematico di profilo di lega di alluminio con guarnizioni nelle alette di battuta: 1) alette di battuta del telaio fisso; 2) alette di battuta del profilo del telaio mobile; 3) fermavetro inseribile a scatto; 4) guarnizione di tenuta delle alette; 5) guarnizione di tenuta del vetro; 6) fori di scarico; 7) camera d'aria.

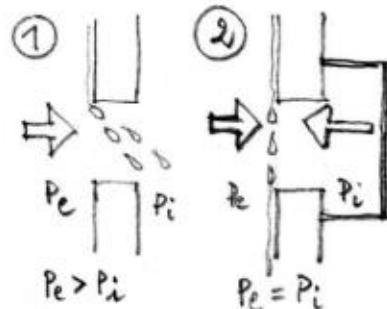
Se la pressione del vento è elevata, l'acqua può entrare all'interno.

La pressione che si viene a creare nella camera d'aria è infatti minore di quella esterna ma è maggiore di quella dell'ambiente interno.

Profilati con guarnizione in posizione centrale (soluzione a giunto aperto)



Disegno schematico di profilo di lega di alluminio con guarnizione in posizione centrale (a giunto aperto): 1) profilo del telaio fisso; 2) profilo del telaio mobile; 3) fermavetro inseribile a scatto; 4) guarnizione di tenuta del vetro; 5) apertura del giunto di penetrazione dell'acqua (con dimensioni maggiori di quelle della goccia d'acqua); 6) precamera di raccolta (o camera di decompressione); 7) fori di scarico; 8) guarnizione di tenuta dell'acqua.

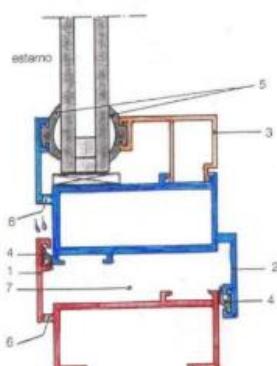


Con l'impiego di una soluzione a giunto aperto (camera di decompressione e guarnizione di tenuta in posizione centrale) si migliora la tenuta all'acqua.

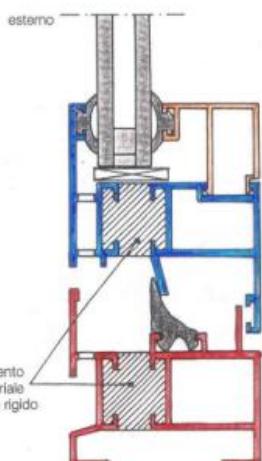
Isolamento termico

Serramenti metallici senza taglio termico:

- elevata conducibilità termica
- conseguente pericolo di condensazione superficiale del vapore acqueo



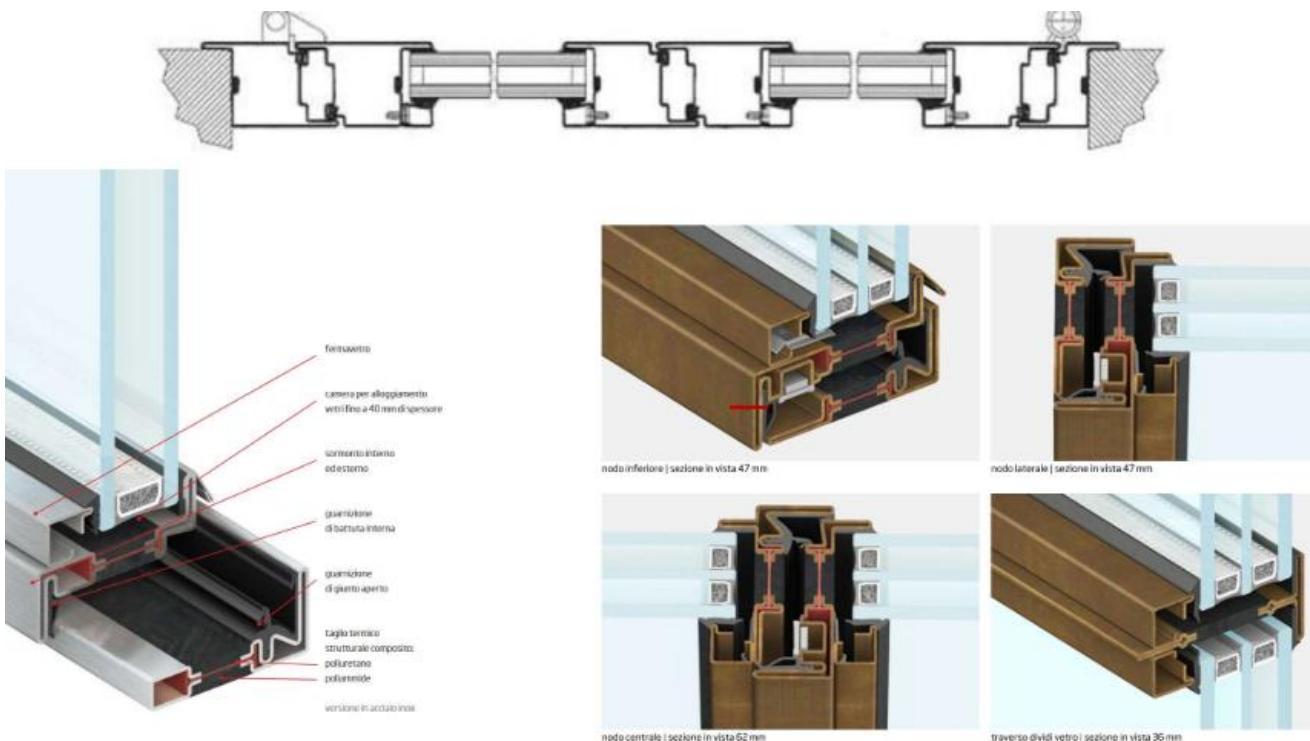
Serramenti metallici con profilati a taglio termico



Disegno schematico di profilo a taglio termico.

Serramenti metallici

Piegatura a freddo di lamiera in acciaio zincato, in acciaio inox o corten, in lega di rame e zinco preossidata.



Serramenti in pvc

- ♣ Buon isolamento termico e acustico: riduce la dispersione di calore e il rumore
- ♣ Scarsa resistenza meccanica (necessità di rinforzi strutturali in acciaio)
- ♣ Elevato coefficiente di dilatazione
- ♣ Manutenzione: Bassa, facile da pulire e non richiede verniciatura.
- ♣ Costo: Generalmente inferiore rispetto ad altri materiali come legno o alluminio.
- ♣ Varietà: Disponibile in vari colori e finiture, anche effetto legno.
- ♣ Eco-sostenibilità: Riciclabile e spesso prodotto con materiali riciclati.

Movimentazione delle ante

- esigenze d'uso (spazi interni, esterni)
- possibilità di affaccio
- facilità di pulizia dei vetri
- capacità di impedire le cadute all'esterno

Rotazione (cerniere)

Traslazione (carrello + pattino)

Tipo di movimento	Senso di apertura	Denominazione	Disegno schematico
Rotazione su asse verticale laterale	Verso l'esterno	All'inglese	
	Verso l'interno	Alla francese	
Rotazione su asse verticale intermedio	-	Girevole	
Rotazione su asse orizzontale superiore	Verso l'esterno	A visiera esterna	
	Verso l'interno	A visiera interna	
Rotazione su asse orizzontale inferiore	Verso l'esterno	A vasistas esterno	
	Verso l'interno	A vasistas interno	
Rotazione su asse orizzontale intermedio	-	A bilico	
Rotazione su asse verticale laterale e su asse orizzontale inferiore	Verso l'interno	Oscillobattente (o anta ribalta)	
Traslazione in direzione orizzontale	-	Scorrevole	
Traslazione in direzione verticale	-	Saliscendi (contrappesato, autobilanciato)	
Traslazione in direzione perpendicolare al piano del serramento	-	Pantografo	
Rotazione su assi di rotazione verticali più traslazione	-	A libro (o fisarmonica)	
Rotazione su asse inferiore orizzontale più traslazione	-	Basculante	

Serramenti scorrevoli

I serramenti scorrevoli sono un tipo di finestre o porte caratterizzati da un meccanismo che permette loro di scorrere lateralmente su un binario, anziché aprire verso l'interno o l'esterno.

Possono essere realizzati in diversi materiali e configurazioni, come finestre, porte finestre o pareti vetrate. Offrono vantaggi come il risparmio di spazio, una maggiore luminosità e connessione con gli spazi esterni. Possono fornire un buon isolamento termico e acustico, e richiedono una manutenzione periodica dei binari e delle ruote. È importante dotarli di sistemi di sicurezza adeguati.

pattino



Collegamenti al contorno e isolamento termico

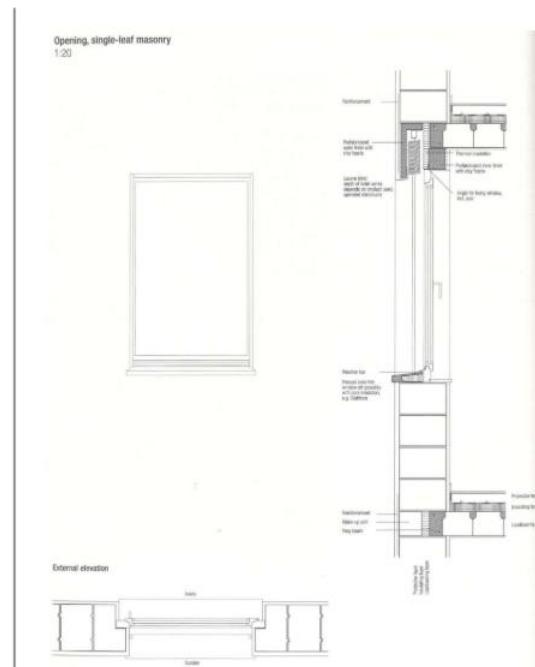
Stipiti, architrave, davanzale, cassonetto



Fig. 15.105 Isolamento termico del cassonetto.



Il davanzale non è oggi più – di solito – un elemento continuo fra esterno ed interno.



La ricerca della trasparenza

n.b. la posizione relativa fra facciata vetrata e struttura portante verticale



Facciate continue (curtain walls)

Intelaiatura metallica di sostegno appesa ai solai. Specchiature trasparenti e opache.

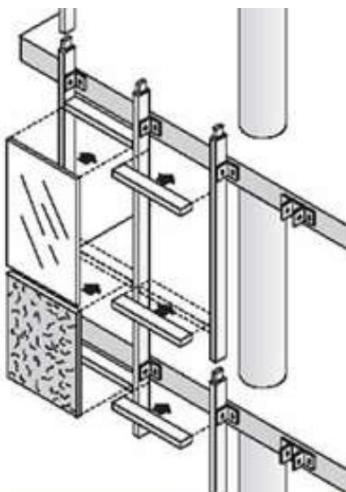
Facciate continue: il sistema di chiusura vetrato corre a filo esterno rispetto alla struttura portante, senza interruzioni.

A seconda delle modalità di fissaggio delle lastre vetrate si suddividono in:

- 1) facciate continue a montanti e traversi
- 2) facciate continue a cellule
- 3) vetrature strutturali
- 4) vetrature strutturali sospese

Facciate continue a montanti e traversi

Fasi di assemblaggio (necessità di un ponteggio)



Il sistema strutturale di ancoraggio dei montanti deve:

- ♣ sostenere il peso della facciata e trasmettere i carichi dinamici del vento;
- ♣ adattarsi alle piccole imprecisioni costruttive, cioè alle tolleranze ammesse nella costruzione (ad es. fuori piombo);
- ♣ assorbire le deformazioni della struttura portante e della facciata (dilatazioni termiche). Il sistema deve quindi consentire movimenti in tre direzioni:
 - ♣ 2 nel piano della facciata, verticale e orizzontale;
 - ♣ 1 ortogonale al piano della facciata.

Un sistema di ancoraggio nelle diverse fasi di posa



Facciate continue a montanti e traversi

Montanti

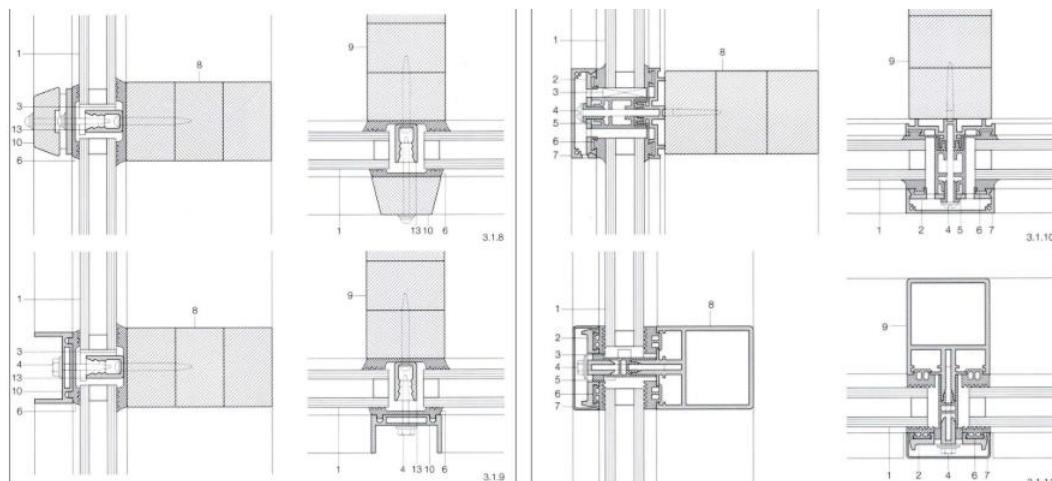
- larghezza 50 mm
- profondità variabile

1. Montanti tubolari, dotati di una «forchetta filettata»
2. Elemento in poliammide per il taglio termico
3. Telaio esterno con funzione di pressore (viti di fissaggio)
4. Coprifilo

Assemblaggio a secco, sistema reversibile

Variazioni sul tema

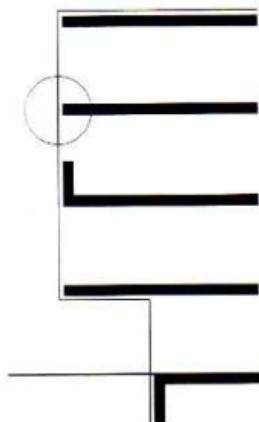
- ♣ Legno
- ♣ Legno, alluminio
- ♣ Alluminio



- | | |
|----------------------|--|
| Vetrocamera | 9 Profilo di montante |
| Profilo di pressione | 10 Fermavetro a scatto |
| Tassello | 11 Bussola distanziatrice |
| Vite | 12 Profilo di pressione e tenuta (profilo integrale) |
| Profilo isolante | 13 Profilo di fissaggio e di isolamento |
| Guarnizione | |
| Profilo di copertura | |
| Profilo di traversa | |

Interfaccia fra facciata continua e solai

Diverse necessità di protezione antincendio, acustiche e termiche portano ad adottare soluzioni diverse, che si ripercuotono sull'immagine architettonica.



In alto. Non vi è protezione antincendio, acustica e termica.
La sicurezza alla penetrazione è garantita da un tubo in acciaio

In centro. Separazione termica e acustica, ma non antincendio.
La correlazione fra solai e vetrata deve essere elastica (i carichi del solai non devono essere riportati in facciata).

In basso. Soluzione anche antincendio

07. L'involucro edilizio: chiusure opache

Chiusure. Esigenze, requisiti, prestazioni

Esigenze: benessere, sicurezza, salvaguardia ambientale, aspetto, gestione

Requisiti: isolamento termico, inerzia termica, controllo della condensazione superficiale e interstiziale, isolamento acustico, controllo del flusso luminoso, ventilazione, resistenza al fuoco, resistenza meccanica, resistenza alle intrusioni, manutenibilità, pulibilità, ecc.

Prestazioni

Benessere termo-igrometrico

Temperatura 18-23 gradi Umidità relativa (U.R.) 40%-60%

U.R. : esprime percentualmente il rapporto fra quantità di vapore acqueo realmente contenuto in un ambiente, a una data temperatura, e la quantità max di vapore acqueo che l'aria potrebbe contenere, senza condensare, a quella stessa temperatura. La quantità di vapore acqueo che un determinato volume di aria può contenere senza condensare varia in funzione della temperatura, e cioè aumenta con l'aumentare della temperatura e diminuisce con il diminuire della temperatura.

Isolamento termico

Resistenza termica

$R = s / \lambda$ s = spessore dell'elemento edilizio considerato

λ = coefficiente di conducibilità termica del materiale di cui l'elemento edilizio è costituito

n.b.: la trasmittanza termica U è l'inverso di R

$U = \lambda / s$

Esigenza: benessere | Requisito: isolamento termico

Il requisito di isolamento termico si valuta tramite il riferimento alla **prestazione di resistenza termica R** (o più spesso del suo inverso, la **trasmittanza termica K o U**), e questa è funzione di due parametri.

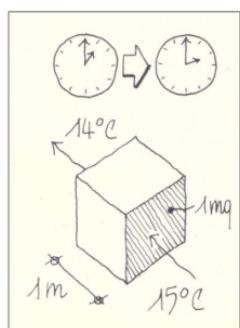
$R = s / \lambda$

s = spessore dell'elemento edilizio considerato

λ = **coefficiente di conducibilità termica** del **materiale** impiegato = $W / m K$
[W è il simbolo del Watt | m del metro | K del Kelvin]

Che cos'è λ ?

λ misura la quantità di calore che (per una superficie considerata di 1 mq) attraversa lo spessore di 1 m di quel materiale, in 1 ora, quando la differenza di temperatura fra le due facce vale 1 °C.



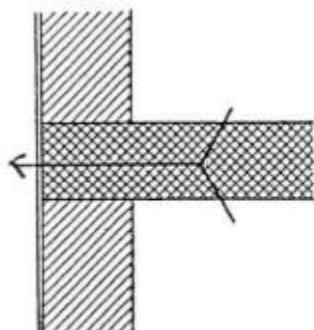
	Conducibilità termica [W/mK]
Aria (in quiete)	0,025
Acqua	0,6
Acciaio	51,9
Acciaio inossidabile	16,2-27
Ghisa	36-46
Leghe di alluminio	130-222
Calcestruzzo	1,25-1,75
Gesso	0,3
Granito	3,2
Intonaco	0,75
Legno	0,12-0,22
Laterizio (mattoni pieni)	0,55-0,65
Vetro	1
Polistirene	0,1

... considerazioni sui valori di λ dei diversi materiali da costruzione ...

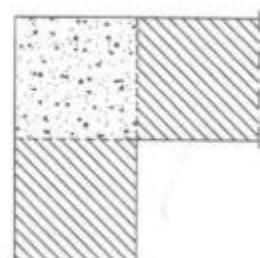
Il fenomeno del ponte termico

Si verifica in presenza di:

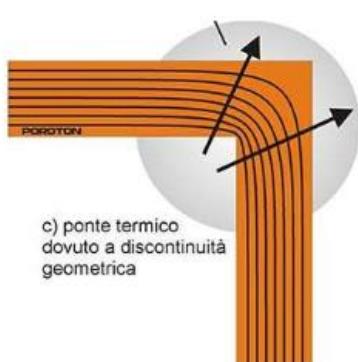
- ♣ discontinuità di tipo geometrico (s | forma) ad es
 - angoli
 - parapetti di spessore ridotto
 - «velette» dietro alle quali sono collocati i cassonetti.
- ♣ discontinuità di tipo materico (λ)



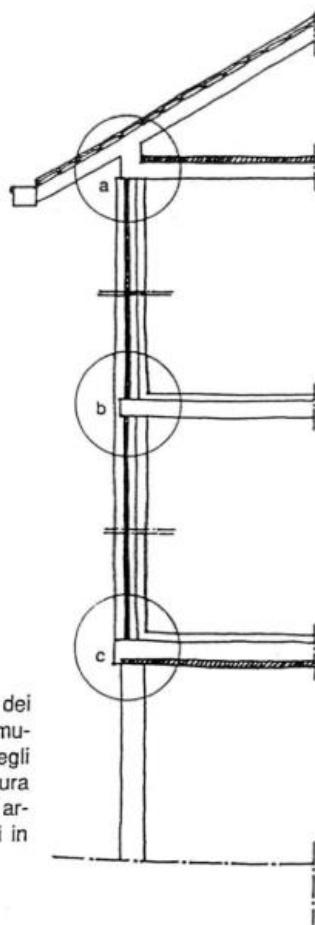
IN CORRISPONDENZA DEL SOLAIO



I ponti termici vanno ridotti o ancor meglio eliminati.



c) ponte termico
dovuto a discontinuità
geometrica



Indicazione schematica dei
tipi di ponti termici più comuni-
nemente riscontrabili negli
edifici realizzati con struttura
portante in calcestruzzo ar-
mato e pareti perimetrali in
laterizio a cassa vuota.

Condensazione del vapore acqueo

Il progetto deve puntare a un controllo dei ponti termici, che sono:

- vie privilegiate di dispersione del calore;
- punti nei quali si possono verificare fenomeni di condensazione del vapore acqueo.

Fenomeno della condensazione del vapore acqueo

Il vapore acqueo tende a diffondersi dagli ambienti ad alta concentrazione a quelli a minor concentrazione, e quindi ad attraversare le chiusure. Diffondendosi nelle pareti, se incontra strati «freddi» può condensare (può cioè trasformarsi in acqua):

- se condensa sulle superfici, si parla di condensazione superficiale;
- se condensa nella massa dell'elemento, si parla di condensazione interstiziale.

Condensazione superficiale

Si può facilmente verificare in corrispondenza dei punti di ponte termico

Condensazione interstiziale

Si verifica se la successione degli strati che compongono la parete (o altro elemento dell'involucro edilizio) non viene correttamente progettata. Nella progettazione, per evitare che si verifichi condensazione interstiziale, occorre valutare la necessità di impiego della cosiddetta «barriera al vapore», che intercetta il vapore acqueo e gli impedisce di raggiungere lo strato freddo nel quale potrebbe condensare.

La barriera al vapore. Un esempio nella progettazione di un tetto piano.

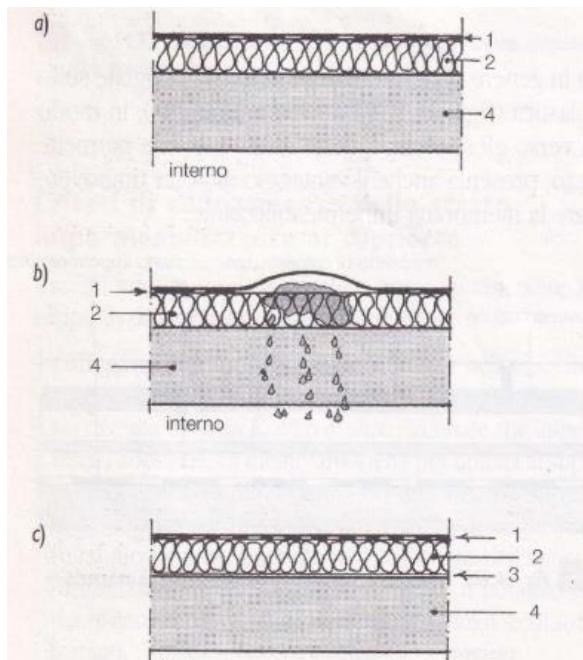


Fig. 14.103 Impermeabilizzazione realizzata in modo scorretto (a) e conseguenti alterazioni (b). Corretto posizionamento della barriera al vapore (c). 1) Strato impermeabilizzante; 2) strato di isolamento termico; 3) barriera al vapore; 4) soletta.

Dove va posizionata la barriera al vapore? Sul «lato caldo» del materiale isolante.

Barriera al vapore

Materiali: fogli di alluminio, membrane bitume-polimero, membrane di polietilene, ecc.

Molti tipi di pannelli isolanti sono prodotti con la barriera al vapore già applicata su un lato. Quando si utilizzano materiali isolanti di per sé non permeabili al vapore (es. vetro cellulare) la barriera al vapore non è necessaria.

Altri requisiti

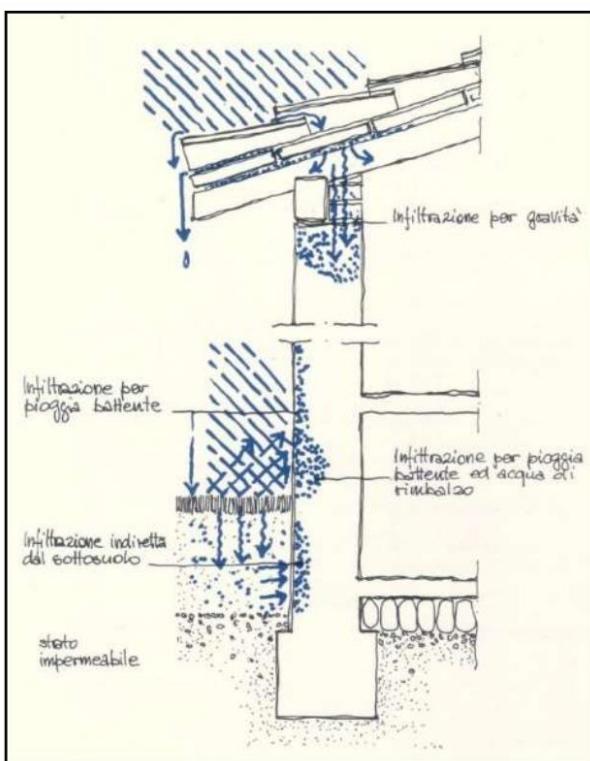
Inerzia termica

Utilizzo della massa come volano termico per evitare condizioni di surriscaldamento o eccessivo raffreddamento all'interno dell'edificio.

- smorzare (attenuare) l'effetto prodotto all'interno dell'edificio dalle escursioni termiche esterne
- sfasarle nel tempo

Tenuta all'acqua

Ciascuna modalità di organizzazione dell'involucro va compresa e discussa alla luce sia delle problematiche di carattere costruttivo sia di quelle relative al maggiore o minore soddisfacimento dei principali requisiti elencati.



L'involucro edilizio: chiusure verticali opache

Una classificazione:

- Chiusure opache a massa

Utilizzano elementi massivi, dotati di elevata densità, ad esempio in pietra, calcestruzzo, laterizio

- Chiusure a doppia parete
- Chiusure monostrato
- Chiusure con isolamento interno
- Chiusure con isolamento esterno
- Pareti ventilate
- Pareti a pannelli

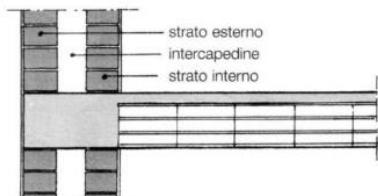
- Chiusure opache leggere

Utilizzano una intelaiatura alla quale sono collegati strati di isolamento e di rivestimento

- Con intelaiatura in acciaio
- Con intelaiatura in legno
- Con pannelli sandwich

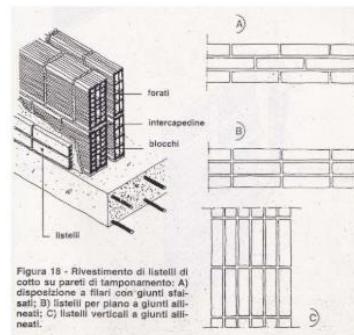
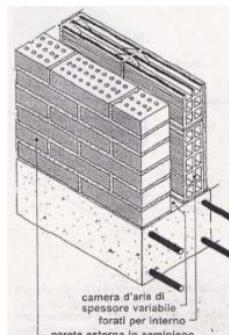
Chiusure opache a massa

Chiusure a doppia parete (a intercapedine, a cassa vuota, ...)

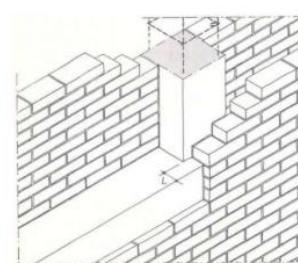
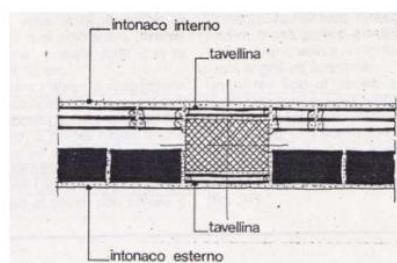


Disegno schematico di parete a cassa vuota.

Anni '50-'60: soluzioni economiche e leggere
Pareti inserite (completo appoggio sui solai).
Struttura in c.a. in vista, ponti termici



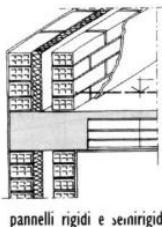
Pareti semi-inserite
(parzialmente aggettanti
rispetto al filo esterno della
struttura portante).
Parziale correzione del ponte
termico.



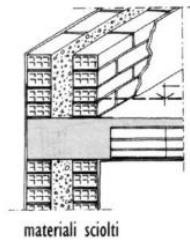
Il tamponamento
termicamente isolato è posto
parzialmente all'esterno rispetto
al filo della struttura perimetrale,
così da rivestirla per ridurre i
ponti termici.

Primi anni '70.

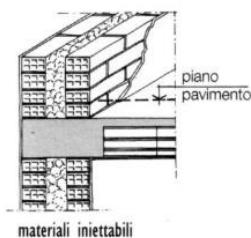
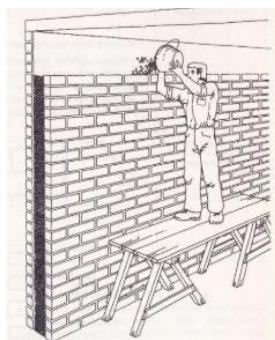
Il problema energetico e l'inserimento di strati di isolamento termico (ma scarsa attenzione al tema dell'inerzia termica)



pannelli rigidi e semirigidi



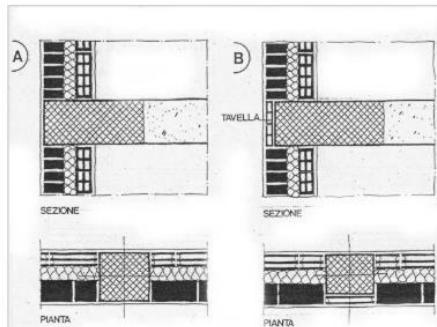
materiali sciolti



materiali iniettabili



Pareti inserite e semi-inserite (esempi).



Progressivo differenziarsi delle soluzioni

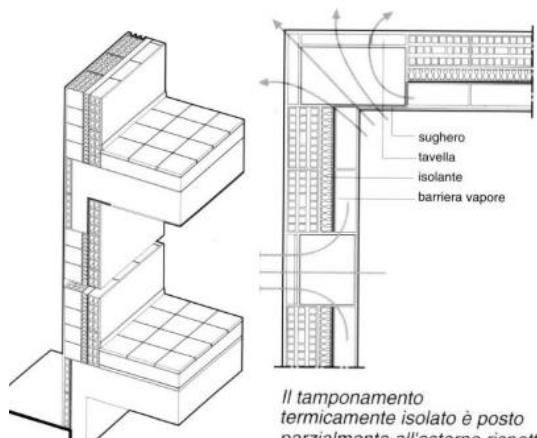
- Attenzione via via maggiore all'isolamento termico e al controllo dei ponti termici.
- Rivalutazione dell'importanza, nei climi caratterizzati da forti escursioni termiche stagionali e giornaliere, dell'inerzia termica (conseguente esclusione delle soluzioni troppo leggere).

Vengono introdotti sul mercato nuovi prodotti volti a migliorare l'isolamento e l'inerzia termica (come blocchi di laterizio a massa alveolata, rettificati, ecc. e di argilla espansa e cls cellulare).

Modelli funzionali

Soluzione con parete più spessa e pesante vs l'esterno (parete esterna semi-inserita)

- ♣ Garantisce una buona tenuta all'acqua
- ♣ È difficile controllare i ponti termici
- ♣ L'inerzia termica è limitata
- ♣ È necessaria una barriera al vapore



Il tamponamento termicamente isolato è posto parzialmente all'esterno rispetto al filo della struttura perimetrale, così da rivestirla per ridurre i ponti termici.

Soluzione con parete più spessa e pesante vs l'interno

- ♣ la tenuta all'acqua può costituire un aspetto problematico
- ♣ l'isolamento termico, nella soluzione a destra, può correre continuo e eliminare situazioni di ponte termico
- ♣ la parete possiede buone doti di inerzia termica (soluzione idonea all'uso continuativo, giorno e notte, dell'edificio)
- ♣ va valutata la necessità di una barriera al vapore

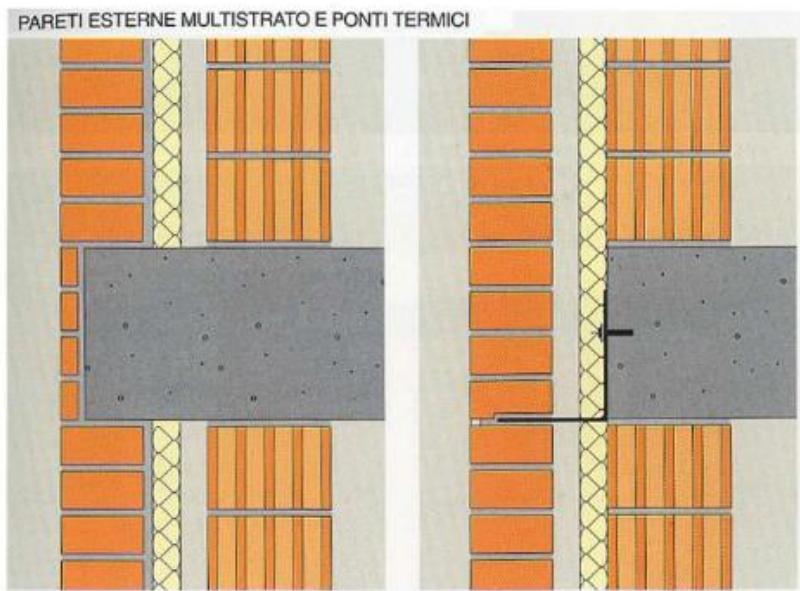
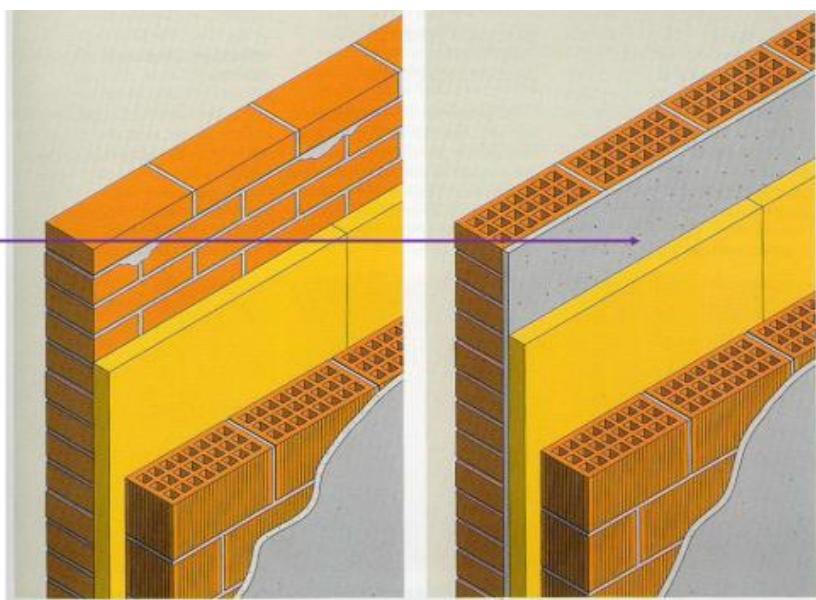


Fig. 22. Se l'isolante è addossato alla parete esterna questa viene normalmente costruita per prima. E' bene che essa sia rinforzata con intonaco per proteggere l'isolante dall'umidità che dovesse eventualmente penetrare nella muratura, soprattutto se realizzata con mattoni semi-pieni. In questa soluzione, la soletta, anche se rivestita con dei listelli, costituisce un ponte termico che può produrre spiacevoli conseguenze, anche di ordine estetico.

Fig. 23. Se l'isolante è addossato alla parete interna, questa può essere costruita per prima, meglio se a filo della soletta, in modo da eliminare ogni ponte termico. Il collegamento della parete esterna con la struttura può essere assicurato da appositi ancoraggi o, se l'edificio è molto alto, mediante appositi sistemi metallici di supporto della muratura, ad esempio fissati alla soletta, ciascuno dei quali supporta il tratto di muratura soprastante.

Tenuta all'acqua

- Pareti in laterizio faccia a vista: strato esterno in mattoni pieni o semipieni
- Faccia interna del setto esterno: rinzaffo di malta (specie se la parete è faccia a vista e utilizza elementi semipieni)

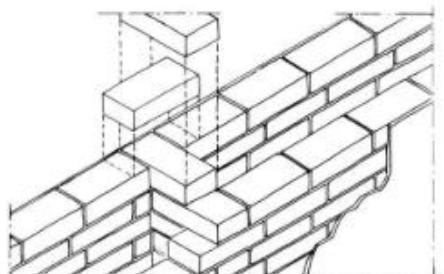


Figg. 3-4. Se l'isolante viene addossato alla parete esterna, i giunti sul lato interno vanno ben rifiniti chiudendo ogni fessura e rimuovendo le sporgenze di malta. Meglio se la parete viene intonacata, soprattutto quando realizzata con mattoni semipieni.

Legamenti fra i due strati della parete

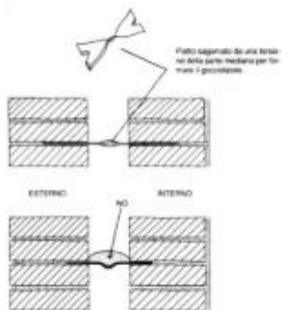
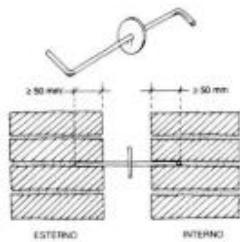
con «gambette» di mattoni

soluzione oggi superata



Legamento degli strati costituenti la parete a cassa vuota mediante mattoni

con legamenti metallici



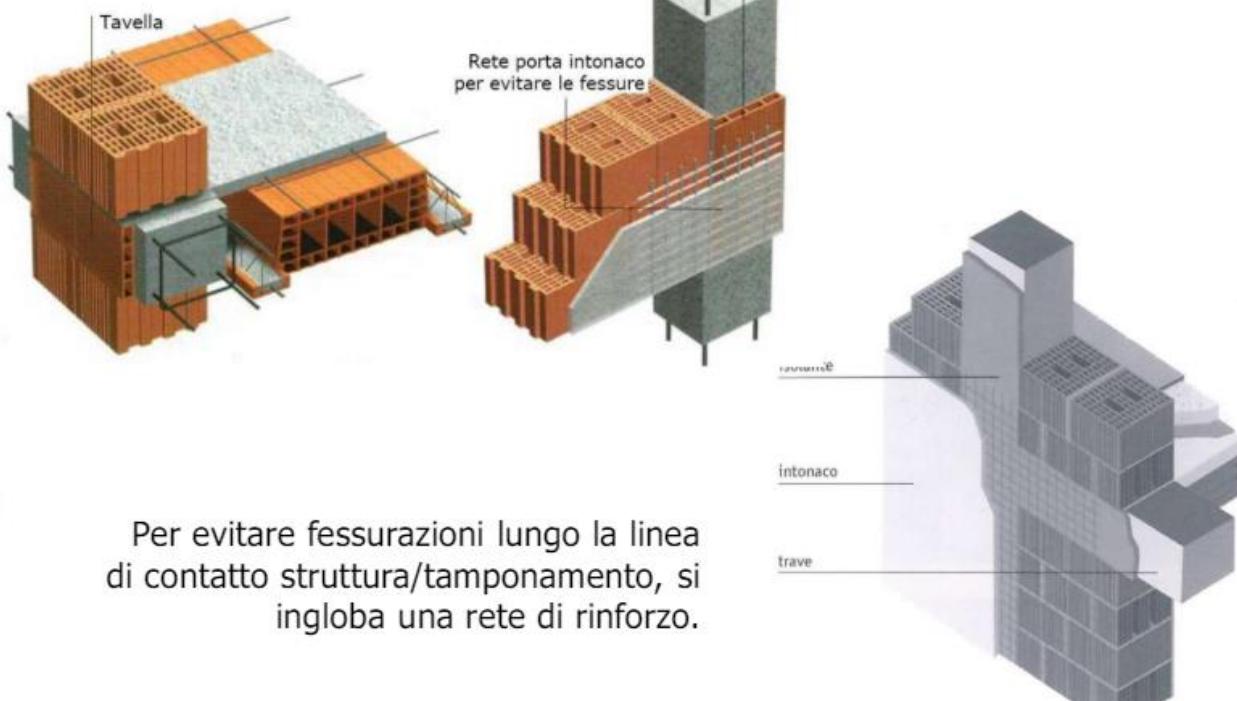
Evitare che la malta cada e rimanga sulla staffa perché costituirebbe ponte per l'umidità (si ricorda che le staffe devono essere in materiale inossidabile o protette contro l'ossidazione).

Chiusure monostrato

- ♣ l'assenza di strati isolanti viene compensata dall'impiego di blocchi in grado di assicurare buona resistenza termica.
- ♣ occorre individuare soluzioni capaci di ridurre i ponti termici.
- ♣ si tratta di soluzioni pesanti, dotate di elevata inerzia termica.
- ♣ il maggior peso si traduce in maggiori costi.

Impiego di pezzi speciali per ammorsare, con opportuno sfalsamento dei giunti, due murature monostrato

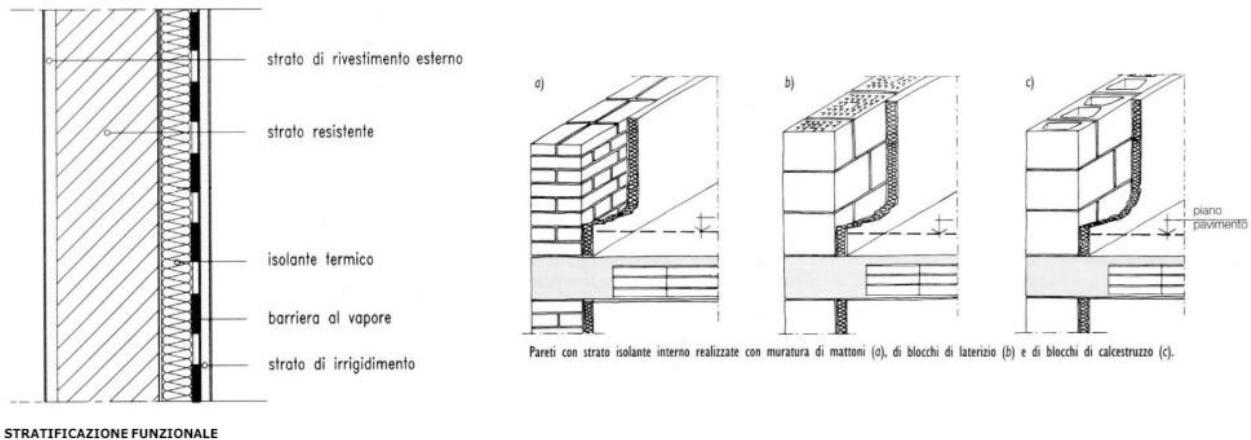
Parete senza intercapedine composta da un'unica parte di blocchi o mattoni che assumono contemporaneamente la funzione di chiusura e isolamento.



Per evitare fessurazioni lungo la linea di contatto struttura/tamponamento, si ingloba una rete di rinforzo.

Chiusure con strato isolante interno

Le chiusure con strato isolante interno sono componenti architettonici progettati per migliorare l'efficienza energetica degli edifici. Utilizzano materiali isolanti ad alta prestazione termica e possono essere integrati in finestre, porte e pareti. Offrono vantaggi come il risparmio energetico, il comfort termico e una maggiore resistenza alle variazioni climatiche. Possono essere personalizzati in termini di design e colore e richiedono un'installazione corretta per massimizzare le loro prestazioni.



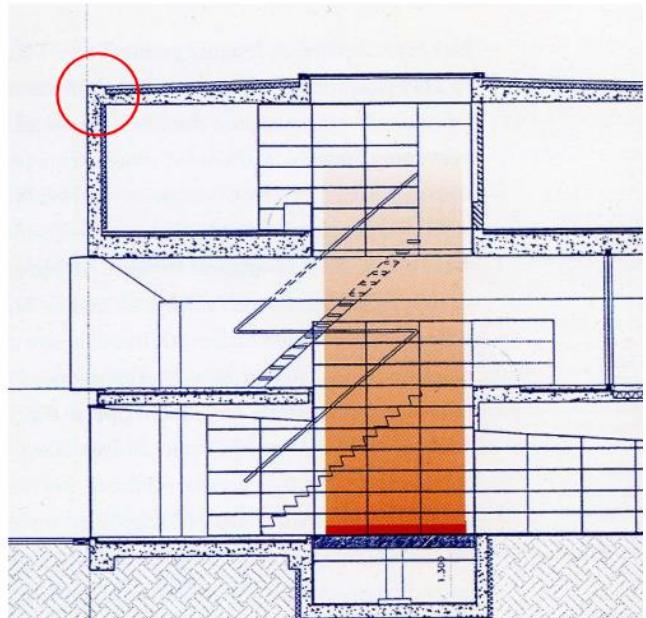
Quando può essere conveniente usare questo tipo di pareti?

Rem Koolhas, Casa Lemoine a Bordeaux



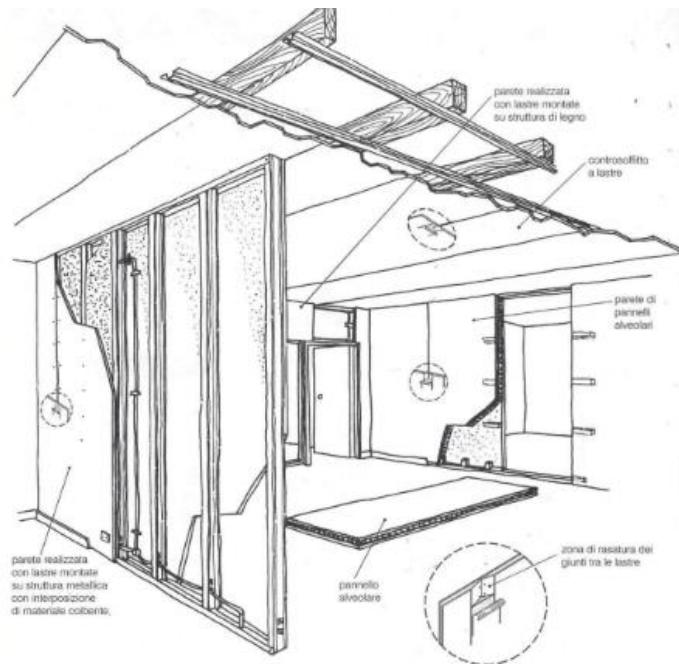
CHIUSURE VERTICALI IN CLS ARMATO

Scarsa resistenza termica della parete in c.a., conseguente utilizzo sul lato interno di uno strato di materiale isolante.



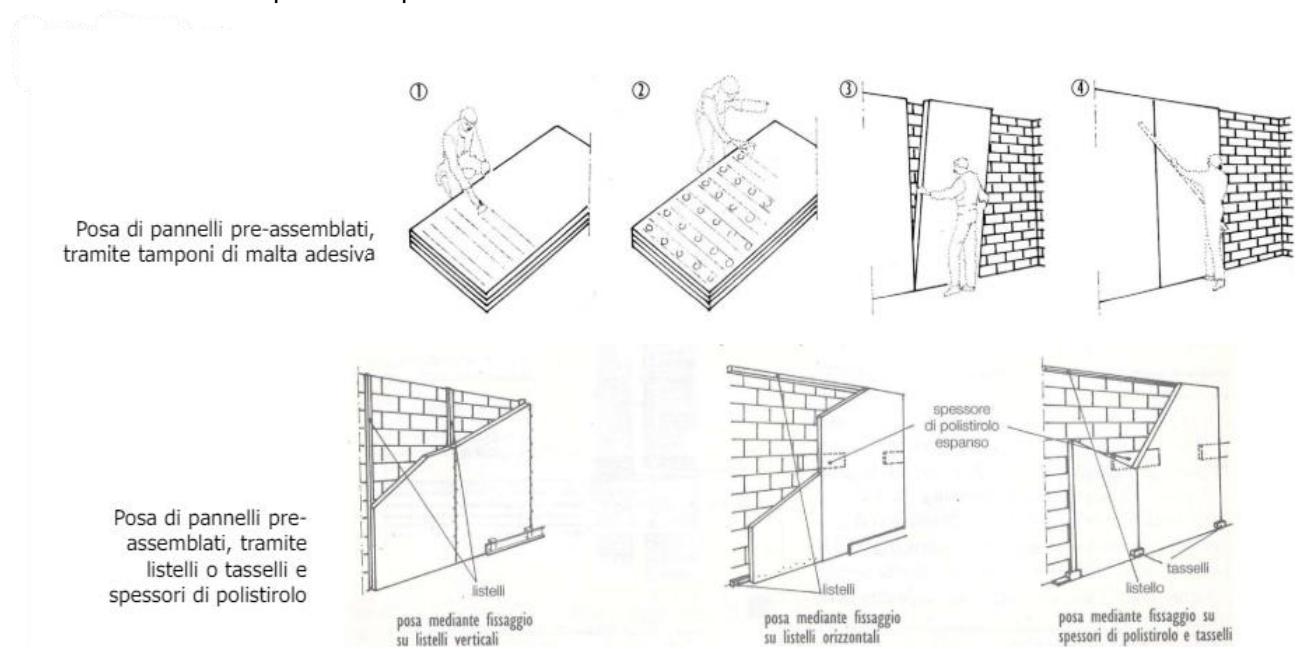
Strato interno

1) Pannelli di materiale isolante e strato di rivestimento interno (di solito in cartongesso, avvitato a una sottostruttura di solito metallica)



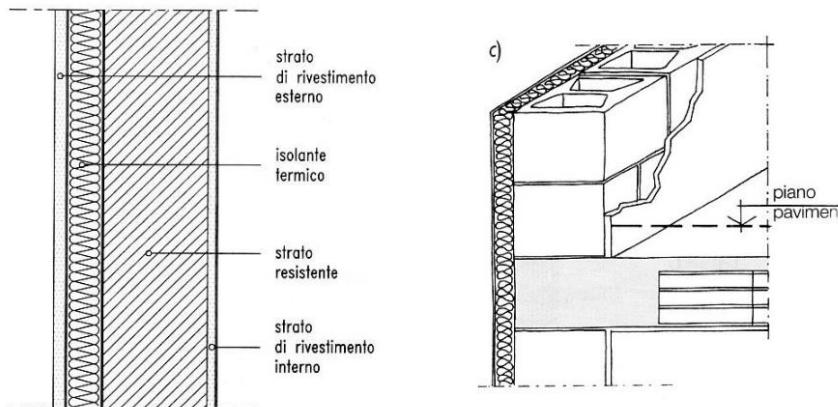
2) Pannelli isolante-rivestimento già preassemblati Posa in opera tramite:

- ♣ tamponi di malta adesiva
- ♣ listelli o tasselli e spessori di polistirolo

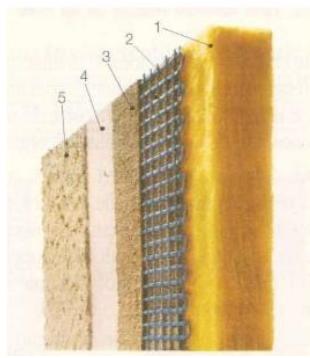


Chiusure con strato isolante esterno

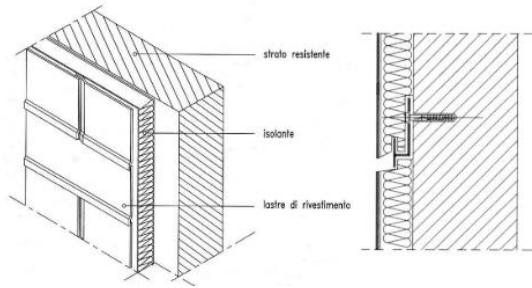
sistemi a cappotto, sistemi a vêture



Sistema a cappotto
(strato isolante, intonaco)



Sistema a *vêture*
(strato isolante, lastre di rivestimento)



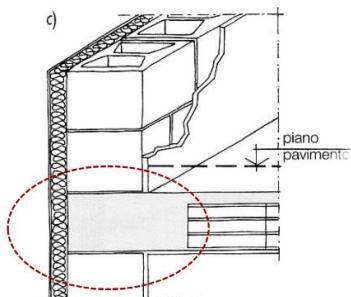
Chiusure con strato isolante esterno (pareti a cappotto)

Vantaggi

- ♣ Efficace isolamento termico ed eliminazione dei ponti termici
- ♣ Corretto comportamento termo-igrometrico della parete
- ♣ Costi contenuti
- ♣ Limitazione dei disagi agli occupanti durante la posa in opera (recupero)

Aspetti problematici

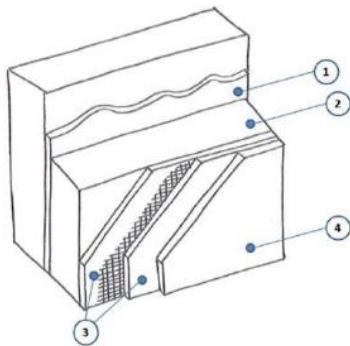
- ♣ Necessità di gestire al meglio i punti di discontinuità geometrica e di raccordo con gli altri componenti del sistema edilizio
- ♣ Urti, acqua, stabilità degli intonaci
- ♣ Tendenziale univocità del risultato architettonico



Pareti a cappotto

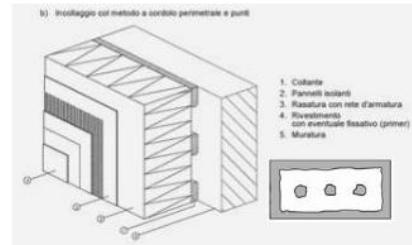
Strati funzionali e posa in opera

Un «sistema» di materiali e componenti
(ETICS - External Thermal Insulation Composite System)



1) collegamento alla muratura, tramite:

- malte adesive
- malte adesive e fissaggi meccanici (obbligatori per edifici esistenti, per sistemi isolanti con massa superiore ai 30 kg/mq, per edifici con altezza superiore ai 22 m, per spessori isolanti > 10 cm)
- 2) strato coibente
- 3) intonaco di base con rete di rinforzo in filato di vetro
- 4) intonaco di finitura (in genere con un primo strato di fondo)

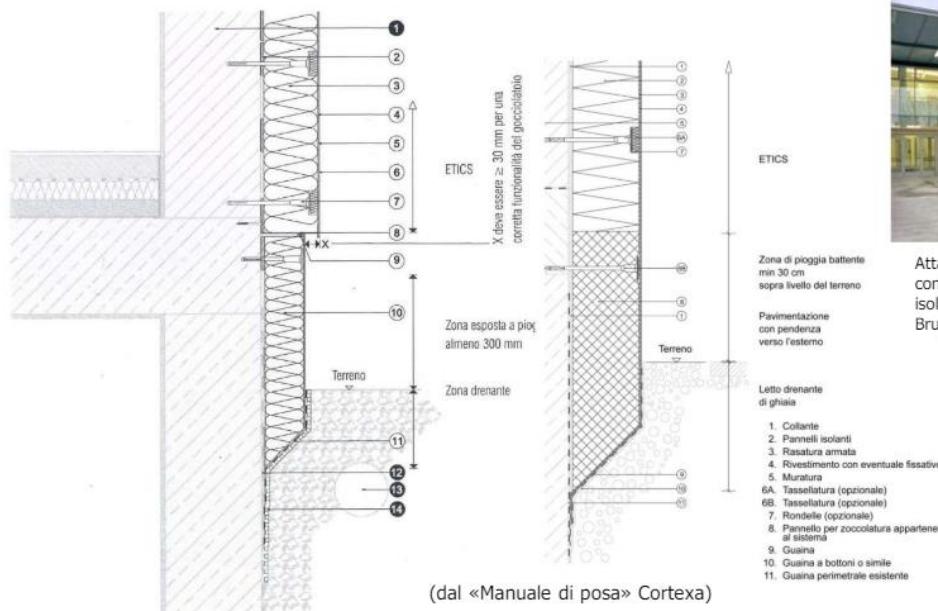


Tassello di fissaggio con rondella di copertura a incasso

In tutti i punti di discontinuità geometrica (angoli, aperture, coronamento, attacco a terra), l'isolante viene protetto da profili speciali.

Chiusure a massa: con strato isolante esterno (pareti a cappotto)

Raccordo del sistema a cappotto a terra



Attacco a terra del sistema a cappotto risolto con un leggero arretramento dello strato isolante (ampliamento scuola elementare, Brugnera. Pordenone, 2004-07)

Pareti a cappotto

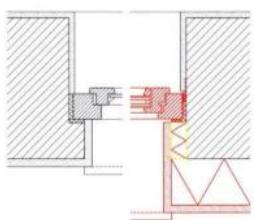
Differenziazione del trattamento di facciata, a partire ad esempio da una riflessione sul ruolo funzionale e tecnologico delle diverse parti dell'involturo

Interventi di recupero dell'esistente

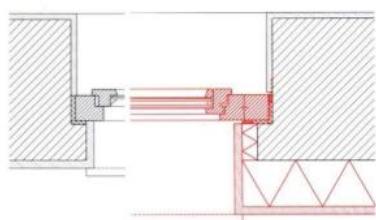
Lo strato isolante esterno va raccordato con gli infissi e con tutti gli elementi che contornano le aperture: davanzale, stipiti con eventuali mazzette, piattabanda o architrave.

Aspetti che entrano in gioco:

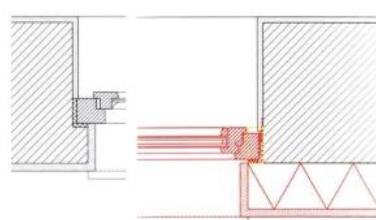
- ♣ controllo dei ponti termici
- ♣ conservazione/mutamento dell'immagine dell'edificio
- ♣ eventuale riduzione della superficie aero-illuminante
- ♣ necessità di eventuali demolizioni
- ♣ costi



1) Demolire la mazzetta ...

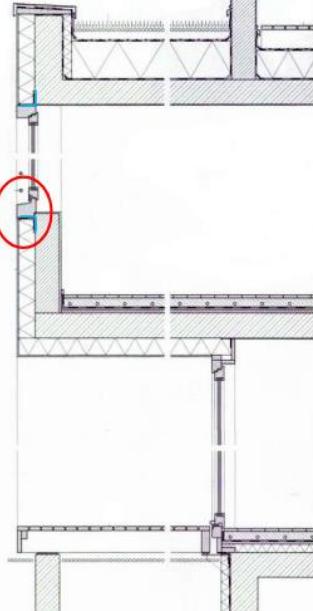


2) Non demolire la mazzetta ...



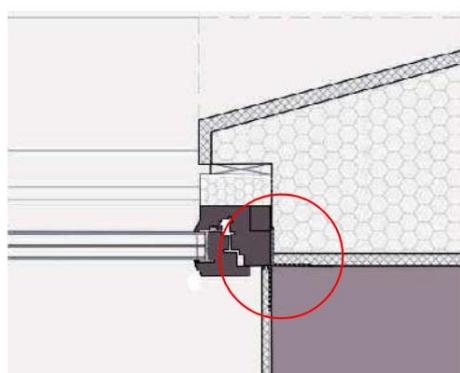
3) Demolire la mazzetta e spostare i serramenti a filo esterno del muro esistente

4) Sostituire i serramenti, spostandoli a filo esterno del nuovo sistema di parete



Arch. C. Wallner,
Casa a Monaco di Baviera

Telaio fisso di legno, di grande spessore, che caratterizza il disegno della facciata e semplifica le operazioni di posa dell'isolante (evitato il risvolto dell'isolante sull'imbotte dell'apertura).
Problema: assenza di davanzale con gocciolatoio.



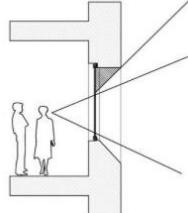
Pareti a cappotto: casi-studio

M. Tribus, Recupero del Palazzo delle Poste di Bolzano (1954) a sede dell'Amministrazione provinciale («L'architettura naturale», 2005, n. 28)

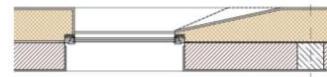
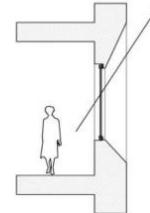
Cappotto di sp. 35 cm, conformazione a sguincio dei lati delle aperture.



Ombra costruttiva nei piani superiori tramite la profondità degli sguinci. Vista confortevole attraverso il vetro a protezione solare.



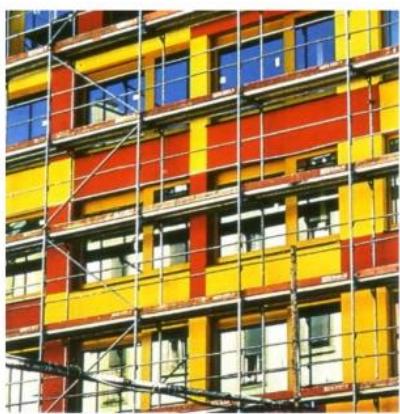
Maggiore infiltrazione di luce nei piani inferiori tramite apertura verticale degli sguinci delle finestre



Trattamento della superficie dell'intonaco (grana, colore)

Arch. M. Meili, M. Peter,
Edificio residenziale e commerciale a Zurigo

- Stesura di un intonaco civile a grossa granulometria colorato in pasta, giallo e rosso.
- Successiva stesura di una vernice a velo grigia per opacizzare la colorazione intensa dell'intonaco



Kaden Kingbell Architekten, Edificio per appartamenti a Berlino

Utilizzo di un intonaco con diverso trattamento superficiale



Pareti ventilate e microventilate

Che cosa sono, di quali strati si compongono?

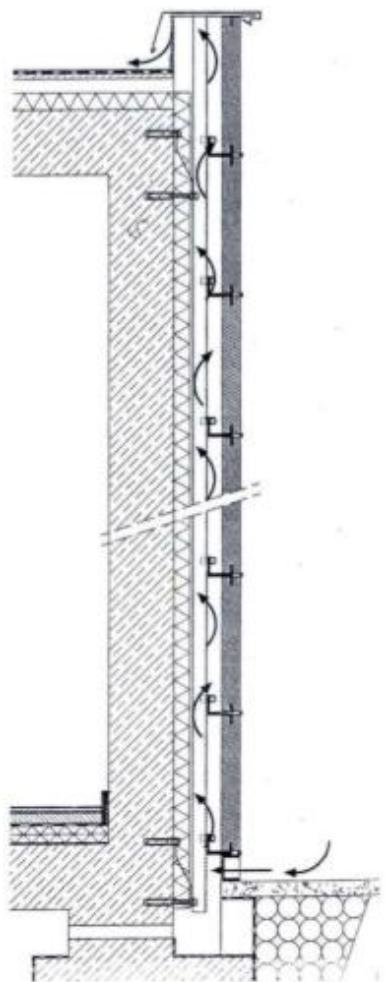
Aspetti interessanti

- sia di natura figurativa e prestazionale
- sia di natura processuale (legati cioè al processo di realizzazione)

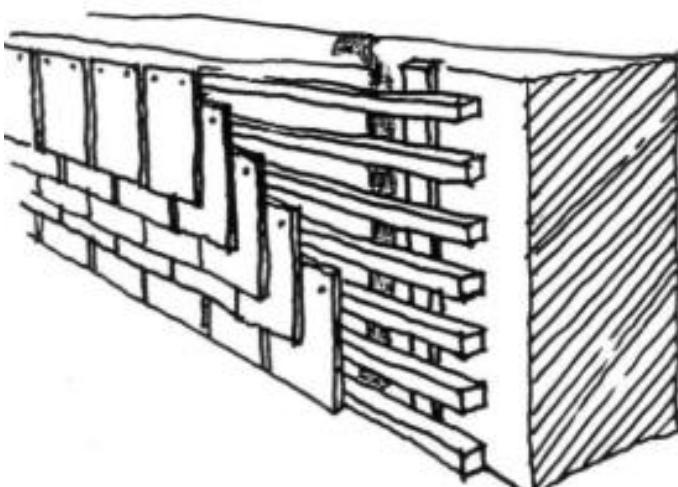
La norma UNI 11018 del 2003 (facciate ventilate con rivestimenti lapidei e ceramici) distingue due tipi di sistemi.

Facciata ventilata «Tipo di facciata a schermo avanzato in cui l'intercapedine tra il rivestimento e la parete è progettata in modo tale che l'aria in essa presente possa fluire per effetto camino in modo naturale e/o in modo artificialmente controllato, a seconda delle necessità stagionali e/o giornaliere, al fine di migliorarne le prestazioni termoenergetiche complessive».

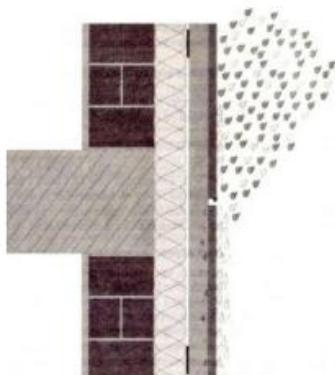
Facciata microventilata «Parete opaca di facciata in cui il rivestimento esterno è costituito da elementi di varia fattura, messi in opera a secco tramite dispositivi di sospensione e fissaggio di tipo meccanico, il cui lato nascosto rimane separato dal fronte di parete retrostante (sul quale può trovarsi un pannello termoisolante) tramite un'intercapedine sottile, la quale ha uno spessore comunque sufficiente a interrompere la continuità fisica tra il rivestimento esterno e gli strati di parete» (ma non sufficiente a innescare l'effetto camino).



Radici in alcune soluzioni costruttive tradizionali (volte a risolvere problemi di tenuta all'acqua)

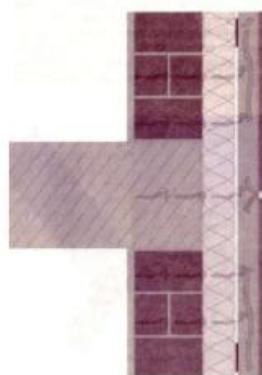


Funzionamento della parete ventilata



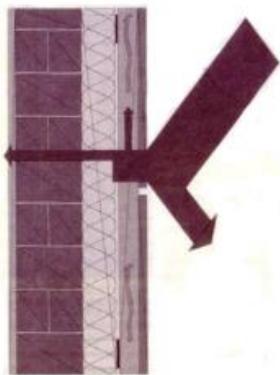
1.

Il rivestimento esterno staccato dal supporto murario garantisce una buona protezione dall'acqua («rain screen walls»). E comunque opportuno usare isolanti di tipo non idrofilo (cioè che non assorbono l'acqua).



2.

La circolazione dell'aria dietro al rivestimento favorisce la cessione all'ambiente esterno del vapore acqueo prodotto negli ambienti interni e che tende ad attraversare la parete attraverso le porosità dei materiali impiegati.



3.

In **estate** si riduce il surriscaldamento della parete, dovuto all'irraggiamento solare, grazie all'effetto di riflessione superficiale e soprattutto di ventilazione in intercapedine (per l'innesto dell'effetto camino). In **inverno** lo strato isolante garantisce l'isolamento termico.

Pareti ventilate: strati e componenti

1. Strato di supporto murario

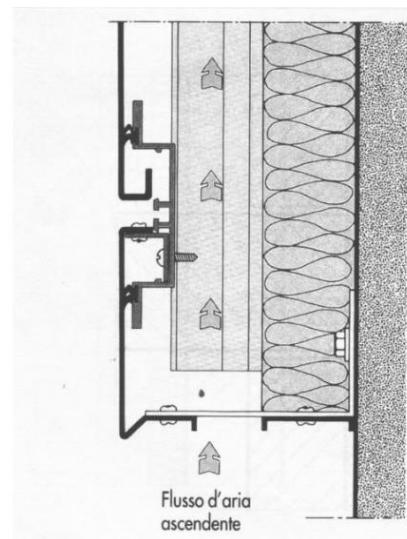
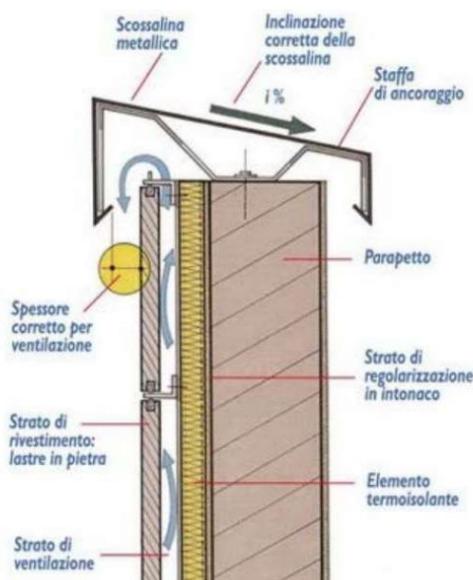


2. Strato di regolarizzazione

3. Strato isolante

4. Strato di ventilazione

- Per garantire la ventilazione è necessario predisporre opportune aperture di presa d'aria alla base e scarico d'aria alla sommità della parete.
- Per ottimizzare l'effetto camino lo spessore dello strato di ventilazione viene compreso in genere tra i 5 ed i 7 cm.



5. Sottostruttura di ancoraggio

Scelta del sistema di ancoraggio

- caratteristiche dello strato di supporto
- tipo di rivestimento: materiale e sue caratteristiche fisico-meccaniche, formato, disposizione e peso degli elementi, ecc.
- sollecitazioni dinamiche agenti (vento)
- valutazione degli aspetti indotti dalle dilatazioni termiche
- valutazione degli aspetti manutentivi (facile sostituzione degli elementi danneggiati)

Materiali

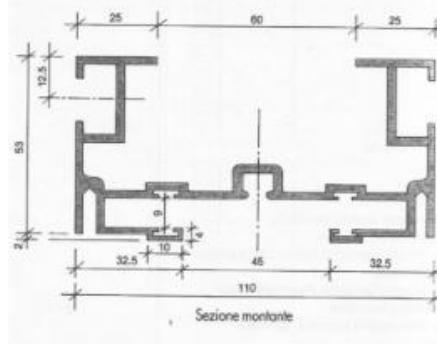
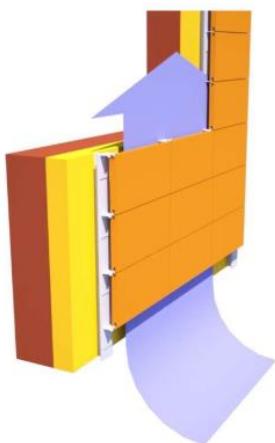
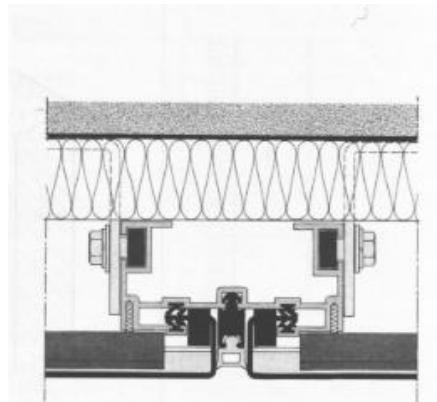
- acciaio inox, acciaio zincato (per rivestimenti pesanti, ad es. in pietra)
- leghe di alluminio (ad es. per riv. metallici, in cotto, in legno, ecc.)
- legno (ad es. per rivestimenti leggeri, ad es. in doghe di legno).

5 tipologie di sistemi di ancoraggio (Norma UNI 11018 del 2003)

- Puntiforme
- Su traversi
- Su montanti
- Su sottostruttura composta da montanti e traversi
- Su sottostruttura snodata, analoga alla precedente, ma adatta a vincere le irregolarità del supporto

Coefficienti medi di dilatazione termica di alcuni materiali per murature.

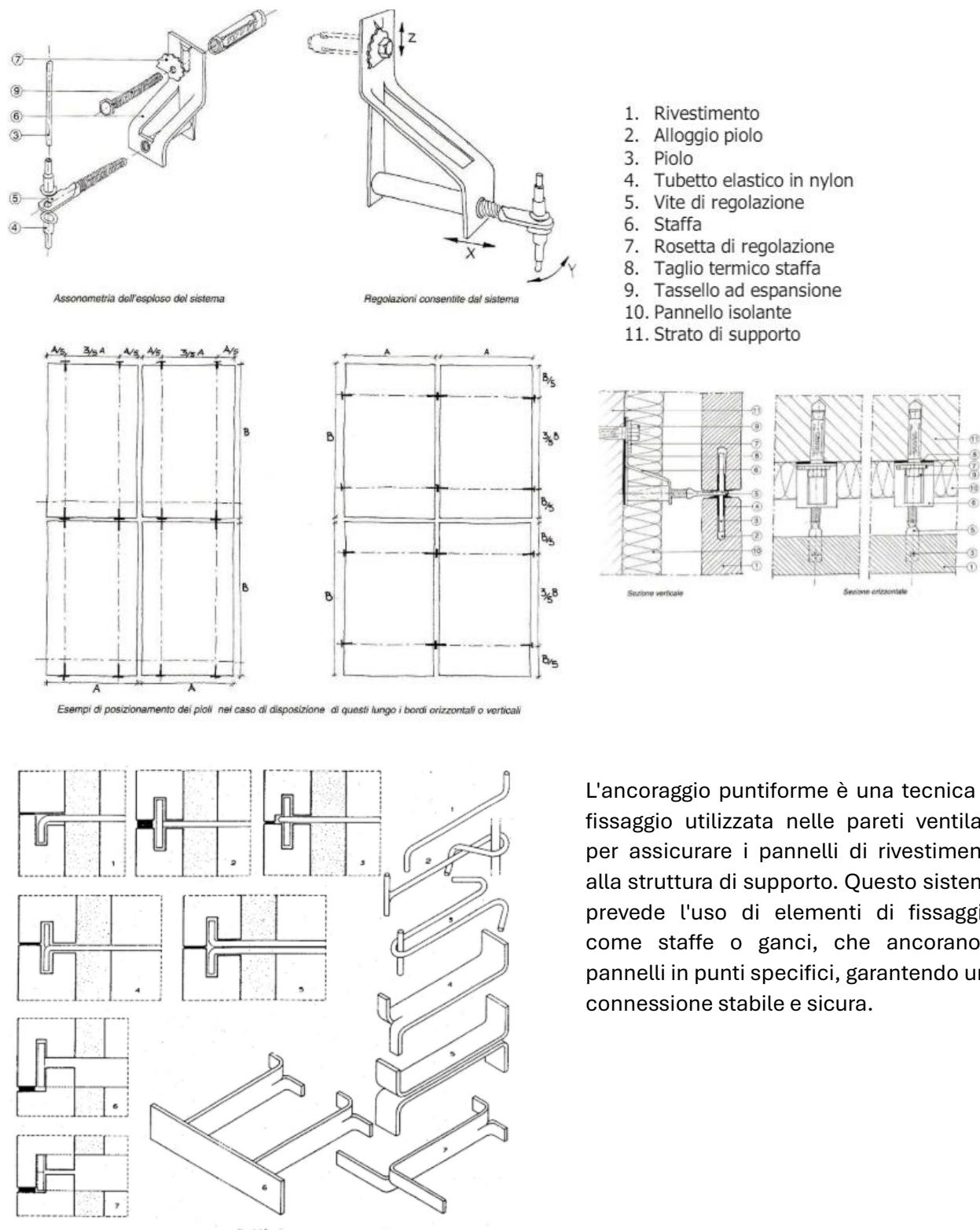
	mm/mm/°C
Laterizio	0,0000065
Blocchi di cls. normale	0,0000094
Blocchi di cls. leggero	0,0000077
Granito	0,0000085
Calcare	0,0000079
Marmo	0,0000131
Calcestruzzo normale	0,0000099
Acciaio per costruzioni	0,0000117



Pareti ventilate: strati e componenti

a_ Ancoraggio puntiforme

I sistemi di ancoraggio puntuale per rivestimenti appesi sono l'evoluzione dei sistemi tradizionali di ancoraggio («imbottitura» di malta + fissaggi meccanici)

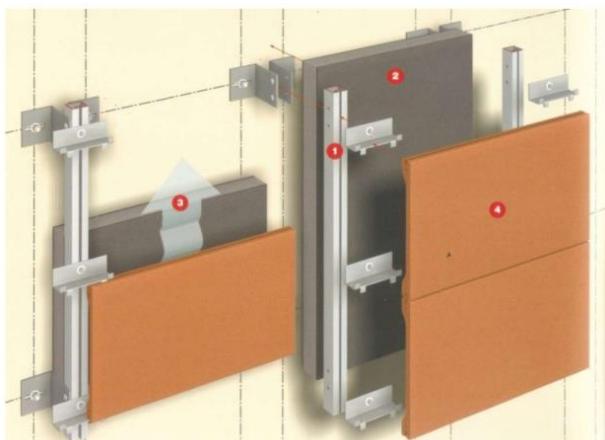


L'ancoraggio puntiforme è una tecnica di fissaggio utilizzata nelle pareti ventilate per assicurare i pannelli di rivestimento alla struttura di supporto. Questo sistema prevede l'uso di elementi di fissaggio, come staffe o ganci, che ancorano i pannelli in punti specifici, garantendo una connessione stabile e sicura.

b_ Ancoraggio tramite montanti

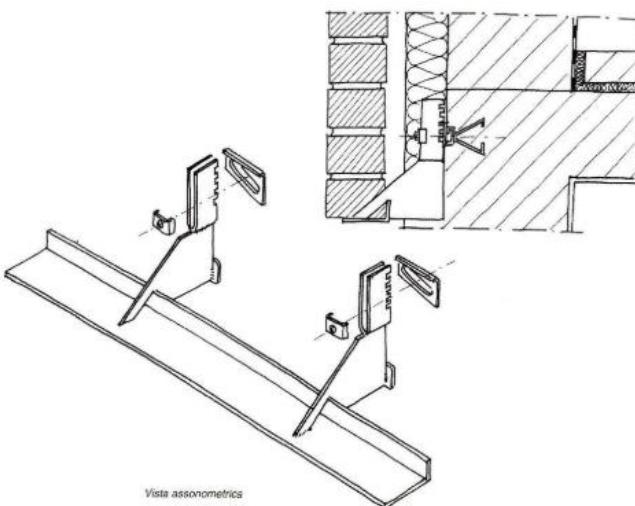
- 1) montanti
- 2) strato isolante
- 3) strato di ventilazione
- 4) strato di rivestimento in cotto

Prevede l'uso di profili verticali, chiamati appunto montanti, per sostenere i pannelli di rivestimento esterno. Questo metodo si distingue per la sua robustezza e per la capacità di supportare carichi significativi, rendendolo ideale per edifici di grandi dimensioni e per situazioni in cui è necessaria una maggiore stabilità.



c_ Ancoraggio su traversi

Prevede l'uso di elementi orizzontali, detti traversi, per sostenere i pannelli di rivestimento esterno. Questo tipo di ancoraggio è apprezzato per la sua capacità di distribuire il carico dei pannelli in modo uniforme e per la facilità con cui permette l'allineamento e la posa dei rivestimenti.



d_Ancoraggio su sottostruttura a montanti e traversi

Sistema di fissaggio che combina elementi verticali (montanti) e orizzontali (traversi) per sostenere i pannelli di rivestimento esterno. Questo metodo offre una robustezza superiore e una maggiore flessibilità progettuale, rendendolo adatto per una vasta gamma di applicazioni architettoniche.



e_Ancoraggio su sottostruttura snodata

È simile al tipo precedente, tranne che per la presenza di staffe di snodo fra montanti e parete, che consentono di distanziare di più o di meno i montanti dalle pareti, e di vincere le loro eventuali irregolarità e fuori piombo.

Strato di rivestimento e giunti

Il rivestimento deve garantire: tenuta all'acqua, resistenza all'azione del vento, resistenza agli urti, facile sostituibilità degli elementi. Il sistema può entrare in crisi in relazione a:

- ♣ dilatazioni termiche differenziate degli elementi del sistema
- ♣ possibili assestamenti delle strutture di supporto

Sistema dei giunti fra lastra e lastra: deve permettere il libero movimento delle lastre, evitando tensioni e rotture del rivestimento.

Giunti chiusi (2-3 mm) consentono piccoli movimenti fra le lastre (rivestimenti con lastre piccole e di limitata estensione).

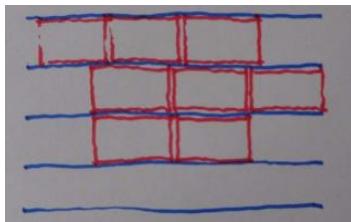
Giunti aperti (6-7 mm) Consentono movimenti più grandi (lastre grandi e rivestimenti di grande estensione) Maggiori tolleranze in fase di esecuzione.

Per evitare ingresso di acqua e polvere i giunti possono essere sigillati con elementi a tenuta ma elastici (es. neoprene).

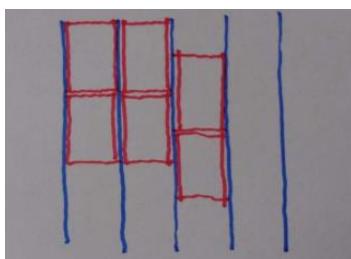
Organizzazione della sottostruttura e rivestimento

Sottostruttura composta da soli traversi (o da montanti e traversi):

- giunti orizzontali allineati, giunti verticali ...



Sottostruttura composta da soli montanti (o da traversi e montanti): - giunti verticali allineati, giunti orizzontali ... (denunciata la natura di strato «appeso»)



Pareti ventilate: giunti

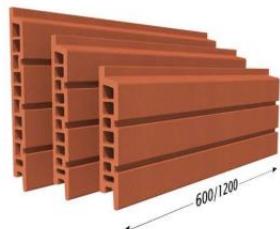
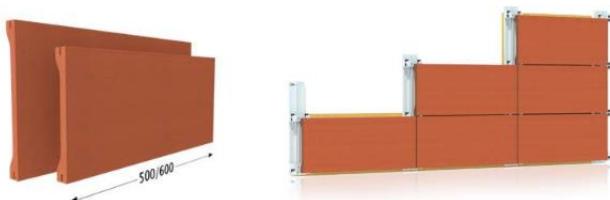
Giunti. Alternative progettuali (esempi)

Giunti sottolineati

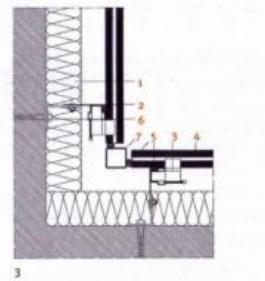
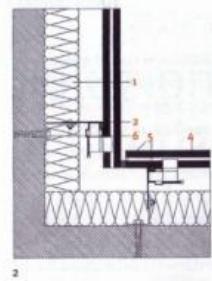
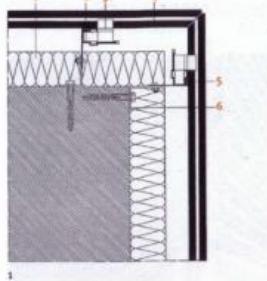
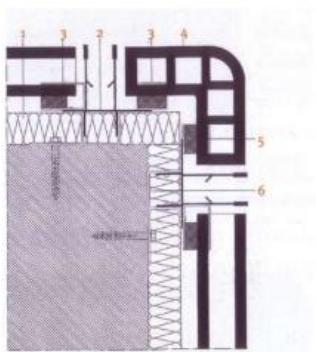
- lastre di rivestimento lisce dai bordi squadrati;
- profili metallici fra lastra e lastra

Giunti celati alla percezione

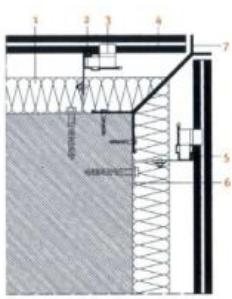
- lastre di rivestimento scanalate, con giunti a sormonto (si moltiplicano le linee d'ombra, si celano i giunti orizzontali)



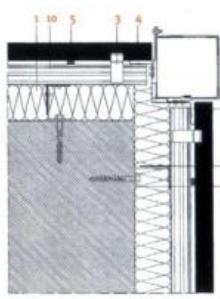
Pareti ventilate: gli angoli



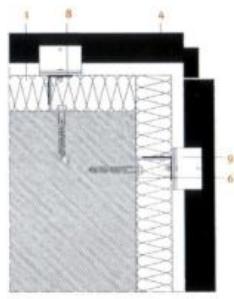
Soluzione angolare risolta con elementi estrusi, forati ortogonalmente rispetto agli altri



4) Soluzione d'angolo risolta con l'adozione di un profilo metallico a X fissato direttamente allo strato di supporto



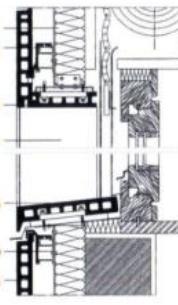
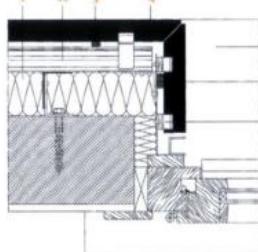
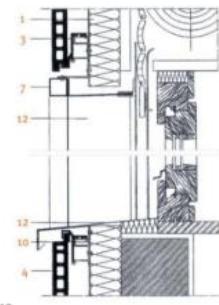
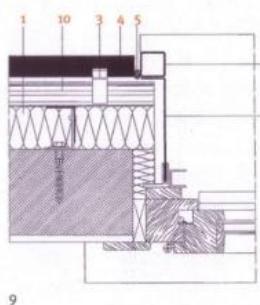
5) Soluzione d'angolo ottenuta inserendo un pluviale



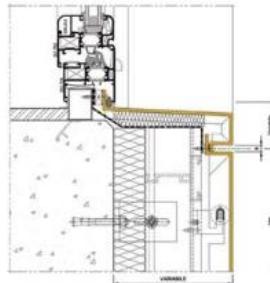
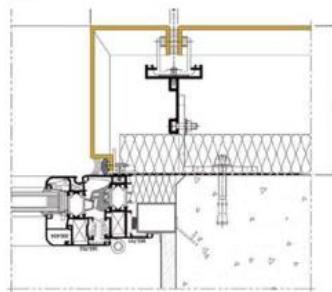
6) Connessione a doppio limbello

Pareti ventilate: relazione con le aperture e gli infissi

Serramenti a filo interno o in posizione intermedia: tutto il sistema di parete deve risvoltare sull'imbotte dell'apertura.



Serramenti a filo esterno della facciata



Sezione Verticale/Vertical Section - G

Pareti ventilate: alternative di progetto

Un sistema industriale: elementi a catalogo e regole combinatorie predefinite possono condurre a una omologazione dell'architettura.

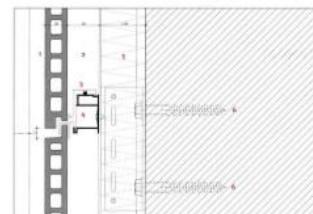
Una possibile tassonomia delle alternative di progetto:

- 1) lavorare sul tema del rapporto fra struttura e tamponamento, sottolineando le fasce marcapiano o l'intero telaio strutturale...
- 2) differenziare il trattamento dell'involucro, ad es. la fascia basamentale dell'edificio e quella di coronamento...
- 3) sottolineare un andamento orizzontale o verticale del disegno di facciata...
- 4) integrare pareti ventilate e schermature entro un unico disegno...
- 5) giocare sul tema dell'uniformità nel trattamento d'involucro (chiusure verticali, coperture), sottolineando la stereometria dei volumi...
- 6) porre l'accento sul carattere «industriale» del sistema di parete ventilata, portando in superficie la carpenteria metallica che sorregge il rivestimento esterno (simile a punto 1), o i fissaggi delle lastre alla sottostruzione ...
- 7) giocare con le variazioni cromatiche degli elementi di rivestimento...

Pareti ventilate: casi-studio

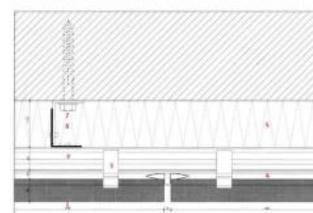
1_struttura/tamponamento

Thomas Herzog, Abitazioni sociali a Linz (Austria).



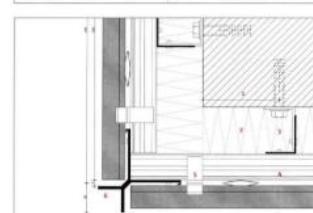
Sezione verticale del sistema di facciata.

- Legenda:
1. elementi di facciata in laterizio
 2. cavità ventilata
 3. profilo in alluminio per il fissaggio del paramento
 4. profilo in alluminio
 5. termoisolante tra i montanti della facciata
 6. tasselli di fissaggio dei montanti



Sezione orizzontale del sistema di facciata.

- Legenda:
1. elementi di facciata in laterizio
 2. corrente in alluminio
 3. elemento di fissaggio in alluminio
 4. cavità
 5. termoisolante
 6. montante
 7. squadra di fissaggio del montante al tassello



Sezione orizzontale del sistema di facciata in corrispondenza dell'angolo.

- Legenda:
1. distanza minima del tassello dalla superficie muraria: 100 mm
 2. termoisolante
 3. montante
 4. corrente
 5. elemento di fissaggio del paramento
 6. profilo speciale d'angolo in alluminio

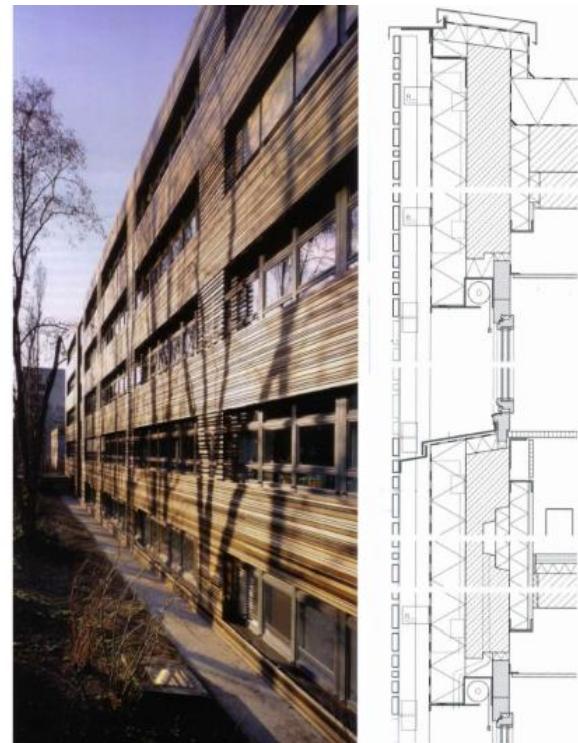
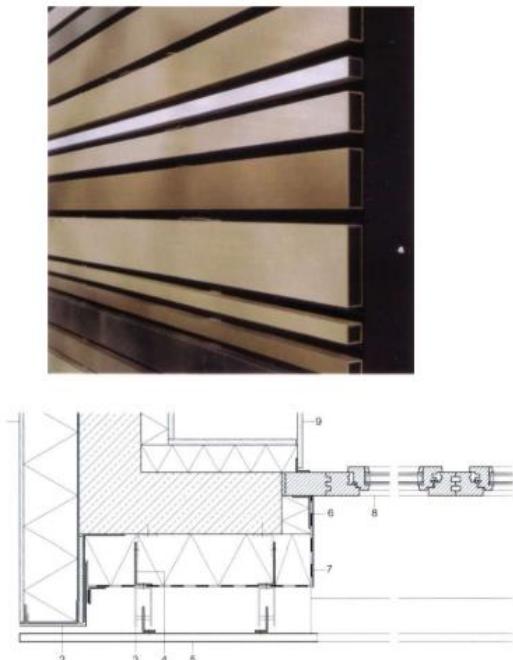
4_integrare parete ventilata e sistema di schermatura

Huber Staudt
Architekten, recupero
delle scuole Blumen e
Bernhard Rose, Berlino
("Detail", n. 9, 2009).

Parete ventilata con pannelli
prefabbricati a doghe in
alluminio di altezza e colore
differenti.



n.b. relazione fra infisso, parete esistente,
posizione del cassonetto



5_Sottolineare la stereometria dei volumi

Tommaso Bertini e Enrico Bianchini, recupero e ampliamento della scuola Marconi a Firenze, 2003

Complezzo anni '60 (struttura in acciaio e tamponature e tramezzi interni in pannelli di amianto).
L'intervento di ristrutturazione ha previsto: lo svuotamento dell'edificio, la bonifica di tutti gli elementi contenenti fibre di amianto, l'adeguamento della struttura esistente e la sopraelevazione della parte centrale.
Differenziazione volumetrica raggiunta utilizzando rivestimenti metallici di colore differente.

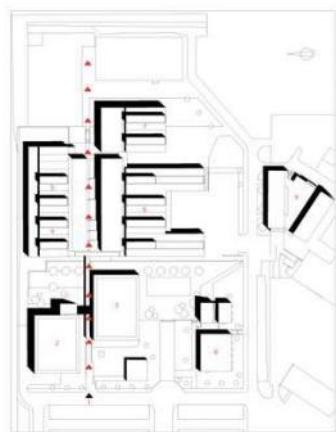


3_Sottolineare un andamento orizzontale o verticale del sistema di facciata

4_integrare parete ventilata e sistema di schermatura

F. Bulle, Recupero del Lycée des métiers d'art & de décor de l'habitat, Joué-les-Tours (Francia), 2006

Strato di rivestimento in pannelli di fibrocemento

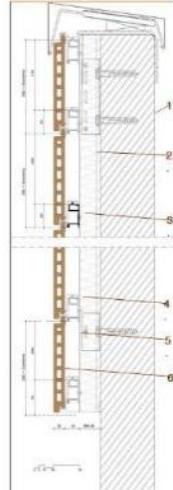
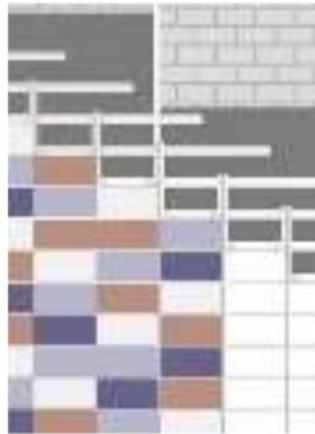


8_Variazioni cromatiche

Ute Piroeth, Recupero e riqualificazione di un complesso scolastico prefabbricato (anni '60), Heiligenhaus (Germania), 2003

Adozione di elementi in cotto in diverse combinazioni di colore nei diversi edifici del complesso. Gli elementi sono colorati in pasta (senza smaltature o colorazioni superficiali), cosicché il colore sia visibile anche sulle superfici eventualmente danneggiate superficialmente.

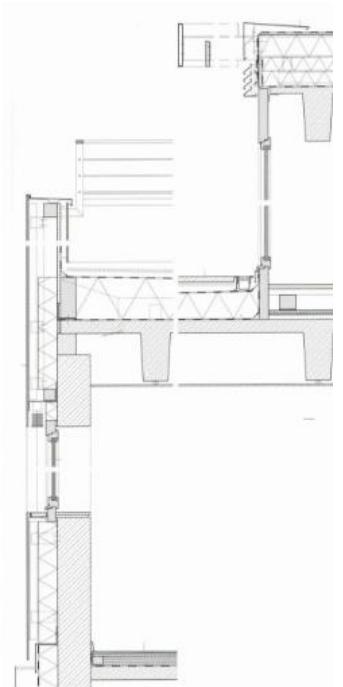
Sottostruttura in alluminio: montanti ancorati allo strato portante per mezzo di tasselli, e traversi a cui sono connesse le clips di fissaggio degli elementi di rivestimento.



Strato di rivestimento in lastre di fibrocemento

Gunter Hermann Architekten, recupero di scuola materna, Ulm-Böfingen (Germania)

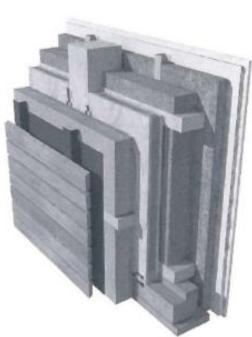
Parete microventilata con pannelli di fibrocemento su una sottostruttura in montanti di alluminio



Chiusure opache leggere

Utilizzano una intelaiatura alla quale sono collegati – tramite montaggio a secco (non si utilizzano malte) – strati di isolamento e di rivestimento.

- ♣ Elevata capacità di isolamento termico
- ♣ Scarsa inerzia termica (inerzia termica climi più caldi, isolamento termico climi più freddi)
- ♣ Limitata resistenza agli urti e capacità di portare carichi appesi.
- ♣ Rapidità di esecuzione. Montaggio e smontaggio rapido
- ♣ Reversibilità delle operazioni di montaggio (utile per la sostituzione di parti e – a fine vita dell'edificio – per la separazione degli elementi e il loro eventuale riciclo).



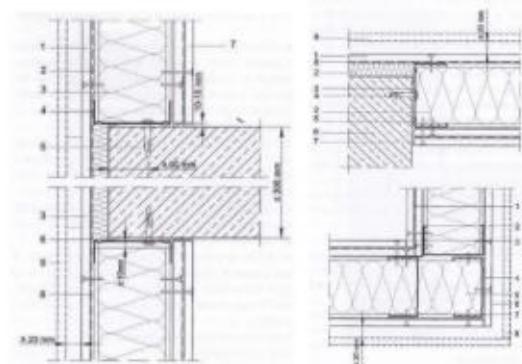
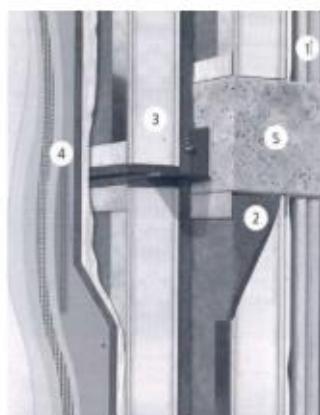
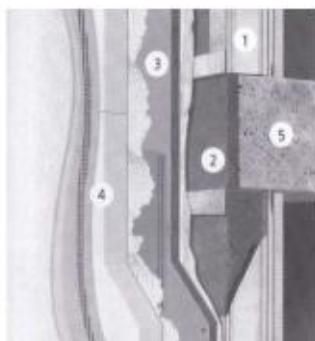
Chiusure opache leggere con intelaiatura in acciaio

L'intelaiatura in acciaio può essere:

- portante, tipo steel frame;
- di solo tamponamento.

Trasposizione del Balloon frame ma in acciaio

Inoltre, la parete può essere concepita a strato singolo o doppio.



Chiusure opache leggere con intelaiatura in legno

L'intelaiatura in legno può essere:

- portante, tipo balloon frame o sistema platform;
- di solo tamponamento

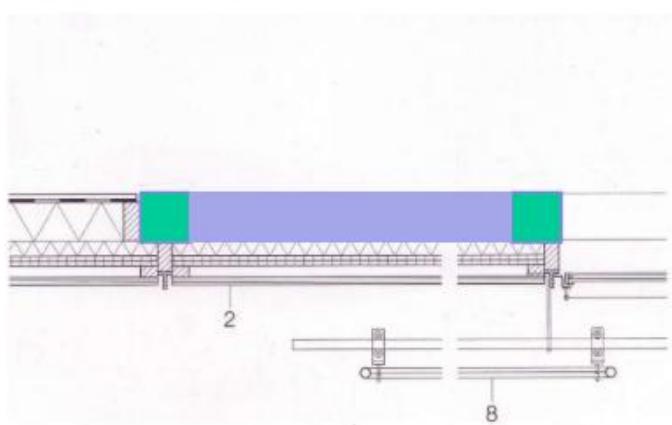
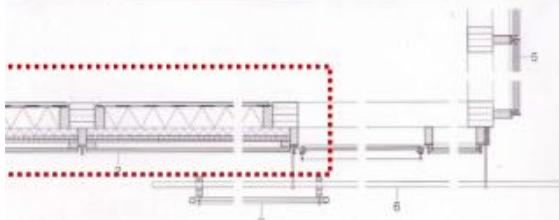


Chiusure opache leggere con intelaiatura in legno: un caso studio

Architetti Schaudt

Edificio residenziale ad Allensbach (Germania)

(da Atlante Utet "Case unifamiliari")



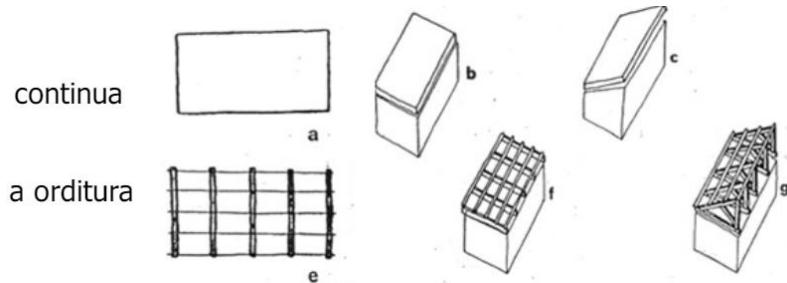
Legno lamellare

08. L'involucro edilizio: coperture

Esigenze e strati funzionali

- Esigenze di sicurezza:

Struttura portante: continua | a orditura



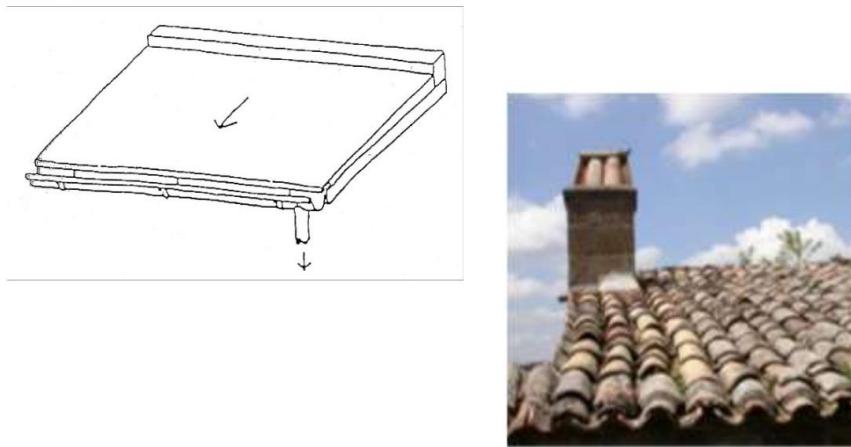
- Esigenze di riparo e protezione

Strato di tenuta all'acqua, il «manto»

continuo: - è necessario per le coperture piane, con pendenza < 5%;

- può essere impiegato anche per le coperture inclinate, con pendenza > 5%

discontinuo: - si impiega solo nei tetti inclinati, con pendenza > 5%



- Esigenze di benessere

A seconda delle necessità, i tetti possono essere:

- non isolati, isolati
- non ventilati, ventilati

Possono quindi entrare in gioco strati isolanti, di barriera al vapore, di ventilazione, ecc.

Coperture piane a manto continuo

Il manto deve essere continuo, per garantire la tenuta all'acqua. Sono dette coperture piane, ma è necessaria una pendenza per convogliare l'acqua verso i sistemi di smaltimento (gronde e pluviali). Sul perimetro, dei rilievi verticali evitano che l'acqua colli sulle facciate.



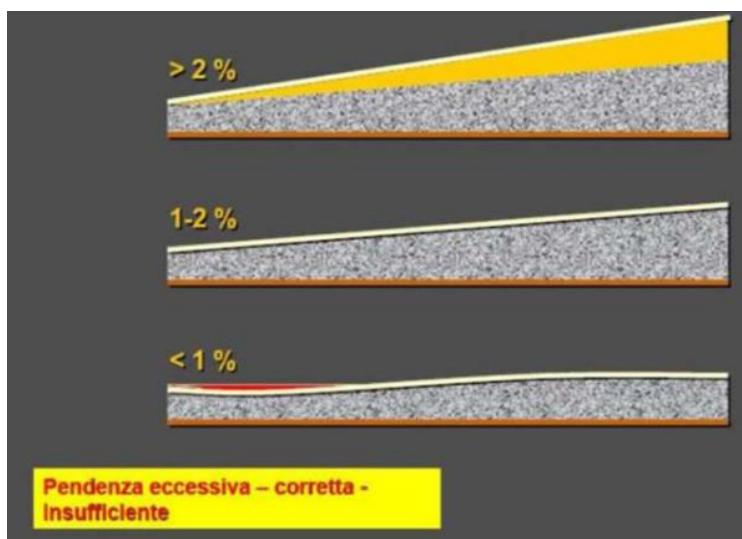
Coperture piane: la pendenza

Coperture piane: pendenza inferiore al 5%

- coperture piane orizzontali: con pendenza minore dell'1%
- coperture piane a bassa pendenza (sub-orizzontali): con pendenza fra l'1 e il 5%

La pendenza viene stabilita anche in relazione al tipo di fruizione:

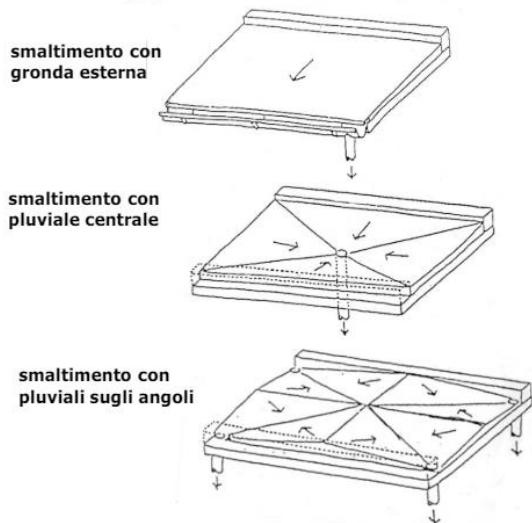
- coperture non praticabili
- coperture praticabili



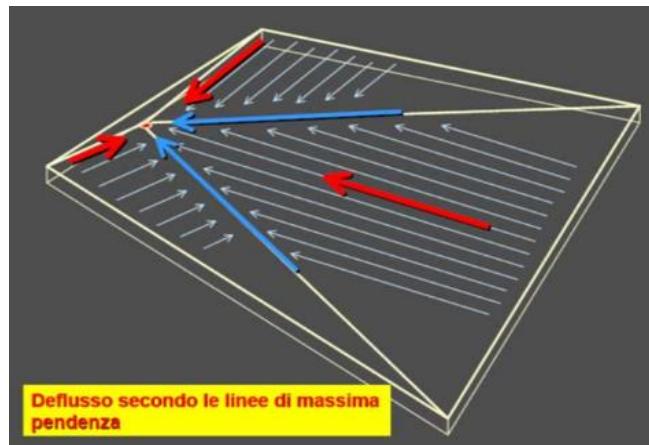
Smaltimento delle acque meteoriche

Il tetto piano va progettato come composto da un sistema di falde

Strato delle pendenze e suo tracciato geometrico – deflusso dell'acqua verso le gronde e i pluviali



L'acqua piovana viene convogliata verso bocchettoni, collocati preferibilmente lungo il perimetro, ai quali si collegano i canali discendenti (pluviali).

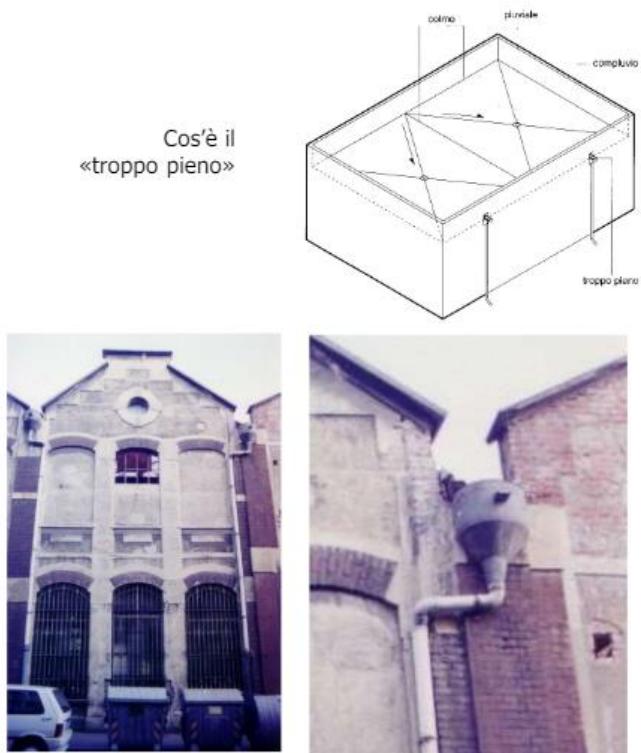


Correlazione fra sup. della copertura, numero e diametro dei pluviali

Scarico con imbocco cilindrico (1)		Scarico con imbocco tronco conico (1)			
Superficie interessata (m²)	Diametro minimo foro di scarico (cm)	Superficie interessata (m²)	∅ normale	∅ maggiorato	D (cm)
(in assenza di troppo pieno)		(in assenza di troppo pieno)			
50	33	8	71	47	8
64	43	9	91	61	9
79	53	10	113	75	10
95	63	11	136	91	11
113	75	12	161	107	12
133	88	13	190	127	13
154	103	14	220	147	14
177	118	15	253	168	15
201	134	16	287	191	16
227	151	17	324	216	17
254	169	18	363	242	18
284	189	19	406	270	19
314	209	20	449	300	20
346	230	21	494	329	21
380	253	22	543	362	22
415	277	23	593	394	23
452	302	24	646	430	24
490	327	25	700	466	25
530	400	26	758	570	26
570	472	27	815	680	27
615	550	28	880	785	28
660	625	29	945	890	29
700	700	30	1000	1000	30
755	755	31			
805	805	32			
855	855	33			
908	908	34			
960	960	35			
1000	1000	36			

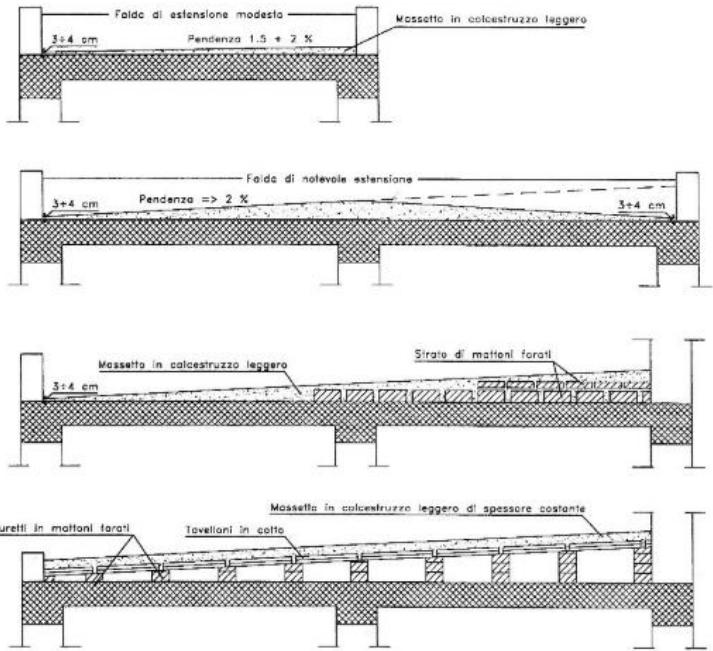
(1) La sezione degli scarichi di forma diversa da quella circolare deve essere aumentata del 5-10%.

Cos'è il «troppo pieno»



Lo strato delle pendenze

Falda unica su estensione limitata o doppia falda su estensione notevole (massetto in cls leggero)



Falda unica di notevole estensione (mattoni forati di alleggerimento o muretti e tavelloni)

Materiali

Materiali sciolti



Argilla espansa



Vengono usati come inerti per calcestruzzi destinati alla realizzazione dei massetti di pendenza

Lo strato di impermeabilizzazione

- stabilità dimensionale (in presenza di escursioni termiche),
- flessibilità (tendenza all'infragilimento di alcuni impermeabilizzanti),
- resistenza ai raggi ultravioletti,
- resistenza a trazione (possibili dilatazioni o assestamenti degli strati sottostanti)
- resistenza alle azioni meccaniche,
- resistenza all'azione perforante delle radici.

1) Prodotti sfusi



Impermeabilizzazione ad asfalto colato
(miscela di asfalto, bitume e sabbia/pietrisco)

Posa a caldo
Lentezza della posa in opera
Facile lacerabilità
Scarsa resistenza ai raggi ultravioletti



Impermeabilizzanti sintetici in materiali polimerici

Posa a freddo (a pennello, a rullo)
Possibilità di scelta della colorazione

2) Membrane prefabbricate

Maggiore uniformità di spessore | Maggiore rapidità di posa (soprattutto su superfici piane e regolari)

Membrane prefabbricate bitume-polimero

Miscela di bitume con sostanze polimeriche (che migliorano la resistenza agli agenti atmosferici, il comportamento elastico e la resistenza agli sbalzi termici).

Per migliorare la resistenza ai raggi ultravioletti: membrane bitume-polimero autoprotette



Membrane prefabbricate sintetiche in materiali polimerici (es. PVC)

Sono fissate al supporto tramite chiodature, saldature o tassellature.
Buona resistenza ai raggi ultravioletti (non richiedono protezione superficiale)
Hanno necessità di essere zavorrate



Lo strato di impermeabilizzazione

Protezione delle membrane di tipo bituminoso dall'azione degli agenti atmosferici

Parametri di scelta:

- ♣ praticabilità | non praticabilità della copertura
- ♣ vento
- ♣ facilità di manutenzione

1) Membrane bituminose autoprotette

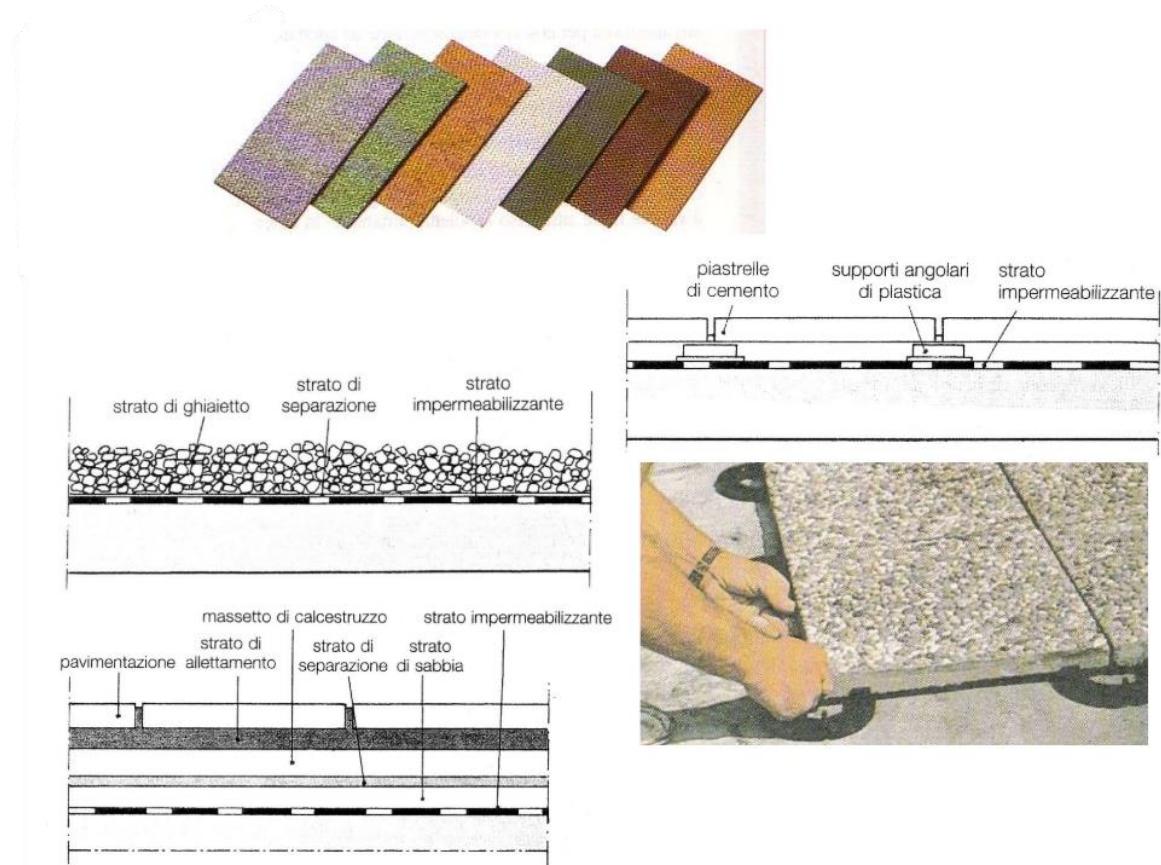
-Finitura con scaglie di ardesia o con lamine metalliche

2) Protezione pesante mobile

-Strato di impermeabilizzazione, strato di separazione, ghiaietto
- Strato di impermeabilizzazione, supporti angolari, pavimentazione

3) Protezione pesante fissa

- Strato di impermeabilizzazione, strati di separazione, massetto di cls, strato di allettamento, pavimentazione.



Tetti piani non isolati / isolati

Tipologie di tetti piani: Classificazione in base al comportamento termo-igrometrico

Tetti piani non isolati

Struttura, strato pendenze, strato di impermeabilizzazione

Tetti piani isolati

Struttura, strato delle pendenze, strato di isolamento termico, strato di impermeabilizzazione (necessità, nei tetti «caldi», di inserire una barriera al vapore)

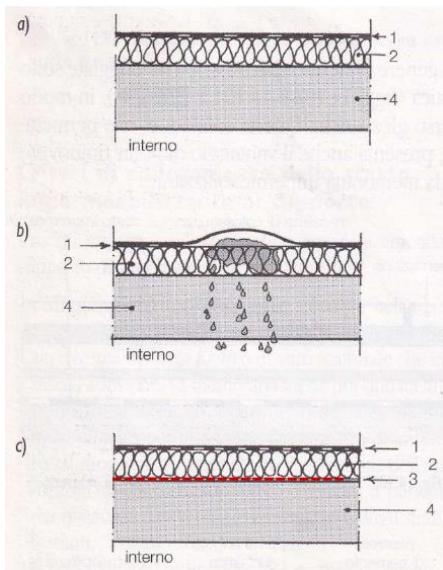
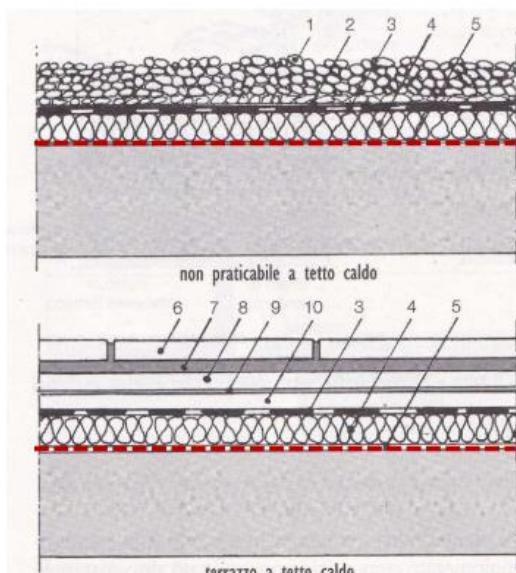


Fig. 14.103 Impermeabilizzazione realizzata in modo scorretto (a) e conseguenti alterazioni (b). Corretto posizionamento della barriera al vapore (c). 1) Strato impermeabilizzante; 2) strato di isolamento termico; 3) barriera al vapore; 4) soletta.

Tetti piani isolati

Tetto caldo



Tetto rovescio

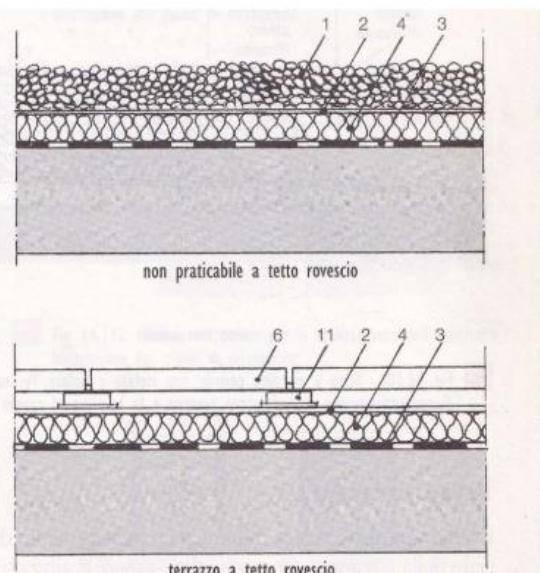


Fig. 14.105 Vari tipi di tetto piano isolato. 1) Strato di ghiaietto; 2) strato di separazione; 3) strato impermeabilizzante; 4) strato di isolamento termico; 5) barriera al vapore; 6) pavimentazione in piastrelle di cemento; 7) strato di allettamento (oppure strato di incollaggio); 8) massetto di calcestruzzo; 9) strato di separazione; 10) strato di sabbia; 11) supporti angolari delle piastrelle della pavimentazione.

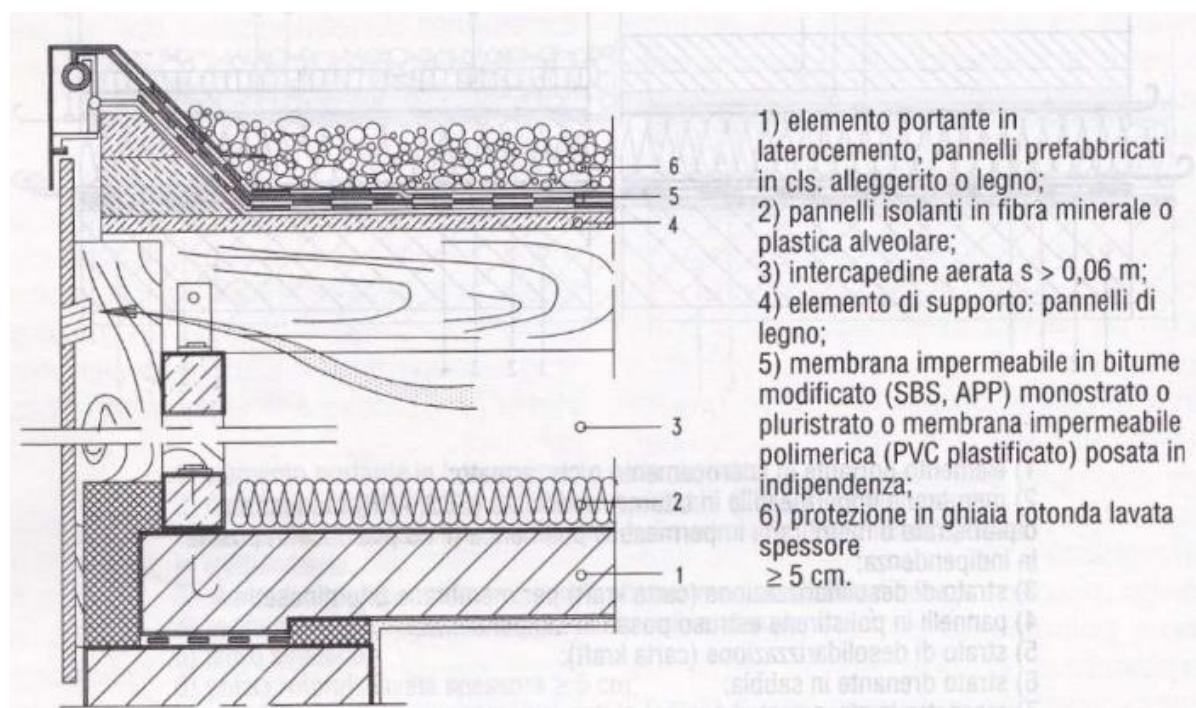
Manca però sempre in questi disegni uno strato indispensabile: lo strato delle pendenze!

Un esempio di tetto rovescio



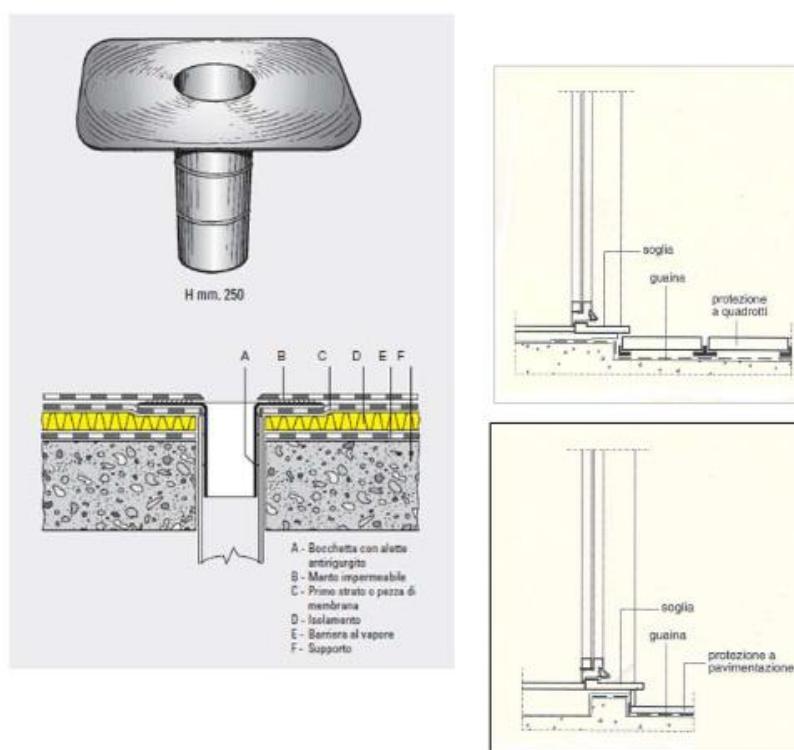
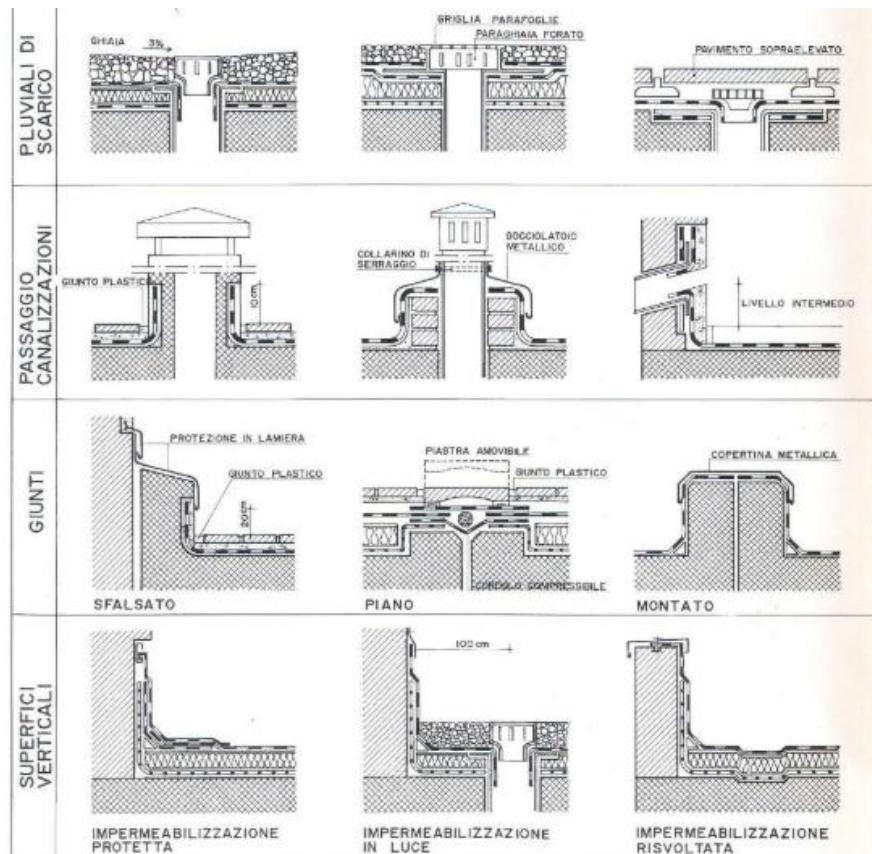
Tetti freddi (isolati e ventilati)

Tetti freddi, noti anche come tetti isolati e ventilati, sono un tipo di copertura progettata per migliorare l'efficienza energetica e il comfort abitativo. Questi tetti sono costruiti con uno strato di isolamento termico e uno strato di ventilazione che permette il passaggio dell'aria, contribuendo a mantenere una temperatura interna più stabile.



Coperture piane. Nodi singolari

Le coperture piane, o tetti piani, sono una soluzione architettonica comunemente utilizzata per edifici residenziali, commerciali e industriali. Tuttavia, presentano particolari sfide progettuali, specialmente nei punti chiamati "nodi singolari". Questi nodi sono aree critiche dove si incontrano diverse componenti della copertura, e sono particolarmente vulnerabili a infiltrazioni d'acqua e problemi di isolamento.



Tetti giardino

Un tetto giardino è una soluzione architettonica che integra la vegetazione sul tetto di un edificio.

- Riduzione dell'isola di calore urbana: l'evapotraspirazione della vegetazione consente di ridurre le temperature dell'ambiente circostante
- Riduzione del carico idrico sulle reti fognarie nei momenti di massimo carico (forti temporali)
- Aumento dell'inerzia termica della copertura
- Protezione degli strati di impermeabilizzazione da fattori di degrado e usura
- Maggior peso e costi conseguenti (dimensionamento delle strutture)
- Necessità di una esecuzione molto attenta (strati impermeabilizzanti)

Due tipologie

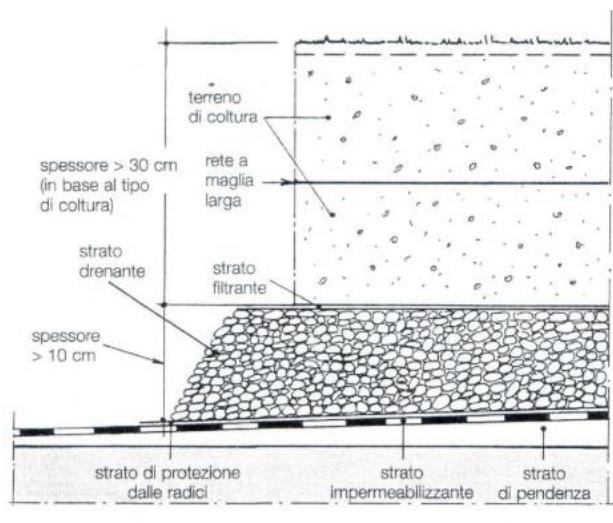
- di tipo estensivo (sedum, manutenzione limitata, spessori e pesi limitati)
- di tipo intensivo (ampia scelta nella piantumazione, manutenzione elevata, spessori e pesi maggiori)



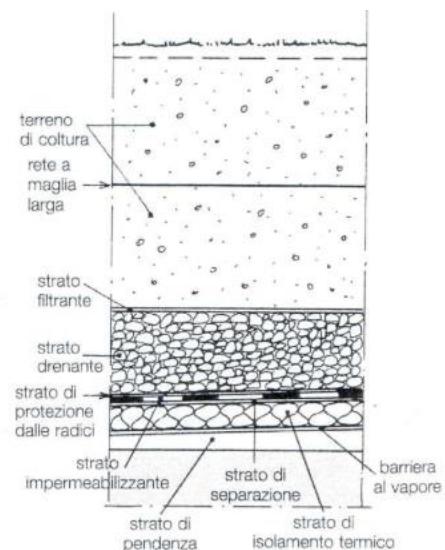
Soluzioni tradizionali

Stratificazione

- terreno di coltura
- rete a maglie larghe intorno a ciascuna pianta
- strato filtrante (strati di «tessuto non tessuto» in fibre sintetiche imputrescibili)
- strato drenante (ciottoli o argilla espansa)
- strato di impermeabilizzazione antiradice (in questa posizione nel caso, più ricorrente, dell'utilizzo della stratificazione propria del tetto «caldo»)
- strato isolante e barriera al vapore (se locale riscaldato)
- strato delle pendenze
- strato portante



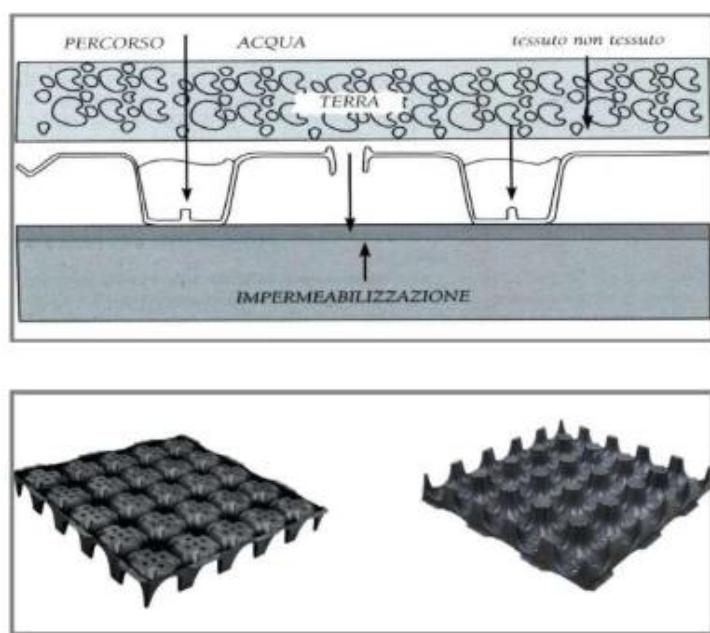
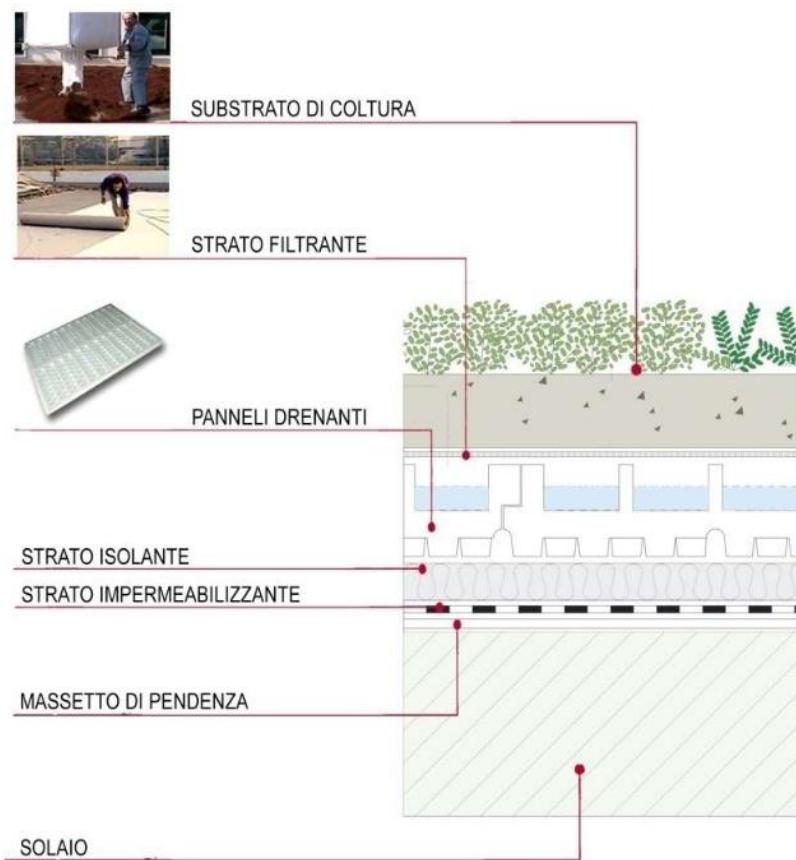
tetto non isolato



tetto isolato

Soluzioni di recente ideazione

Lo strato drenante tradizionale viene sostituito da pannelli drenanti prefabbricati, realizzati di solito in materiale plastico (vedi sotto) o in poliuretano espanso (come nel caso illustrato a fianco, che fa riferimento a una soluzione di tipo "rovescio") dotati di incavi superficiali per la riserva idrica. La funzione di questi pannelli è quindi ad un tempo di drenaggio e riserva idrica.



2 tipi di tetti giardino: estensivo e intensivo. Differiscono per struttura, manutenzione e utilizzo.

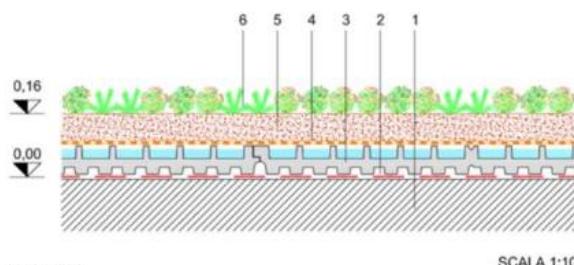
Tetto giardino estensivo

- Strato di substrato sottile: Generalmente, lo spessore del substrato è tra 5 e 15 cm.
- Vegetazione: Utilizza piante resistenti e a bassa manutenzione come sedum, erbe e muschi.
- Peso: Più leggero rispetto al tetto intensivo, con un carico aggiuntivo tra 60 e 150 kg/m².
- Manutenzione: Bassa manutenzione, con interventi minimi per la fertilizzazione e il controllo delle erbe infestanti.
- Costi: Inferiori rispetto ai tetti intensivi, sia per l'installazione che per la manutenzione.

Tetto giardino intensivo

- Strato di substrato profondo: Lo spessore del substrato varia da 20 cm a oltre 1 metro.
- Vegetazione: Può ospitare una vasta gamma di piante, inclusi piccoli alberi, arbusti, prati e giardini ornamentali.
- Peso: Più pesante rispetto al tetto estensivo, con un carico aggiuntivo tra 180 e 500 kg/m², o anche di più.
- Manutenzione: Richiede una manutenzione regolare e significativa, simile a un giardino a livello del suolo.
- Costi: Maggiori costi iniziali e di manutenzione rispetto ai tetti estensivi.

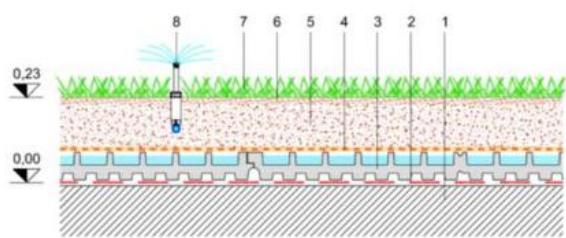
Tetto giardino di tipo estensivo



LEGENDA:

- 1 Solaio pendenziale
- 2 Manto impermeabile antiradice
- 3 DAKU FSD 20 [82 mm]
- 4 DAKU STABILFILTER SFE [1,30 mm]
- 5 DAKU ROOF SOIL 2 [80 mm]
- 6 Miscela di sedum

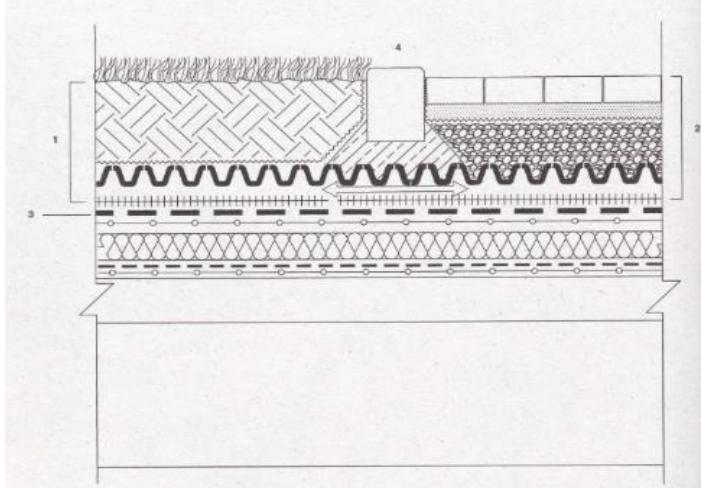
Tetto giardino di tipo intensivo



LEGENDA:

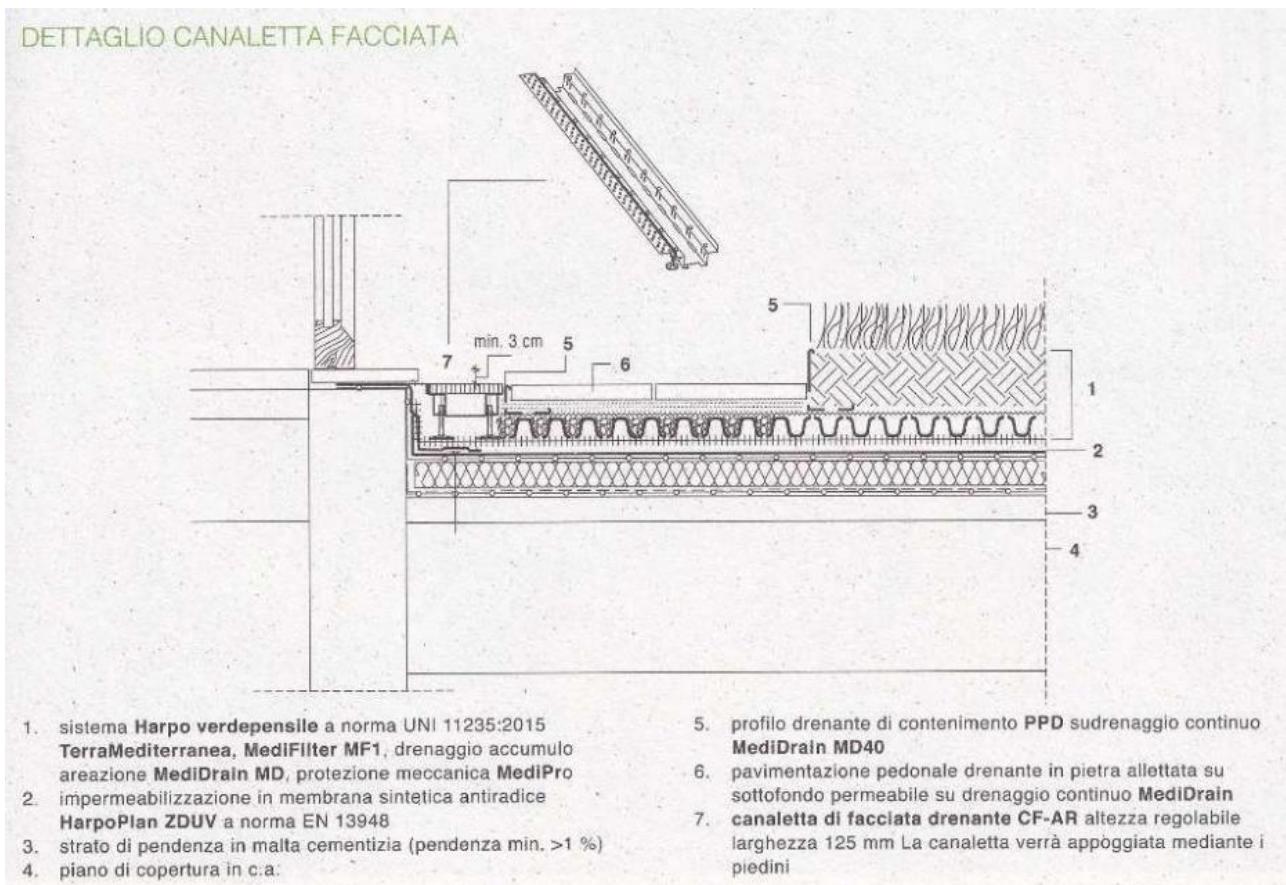
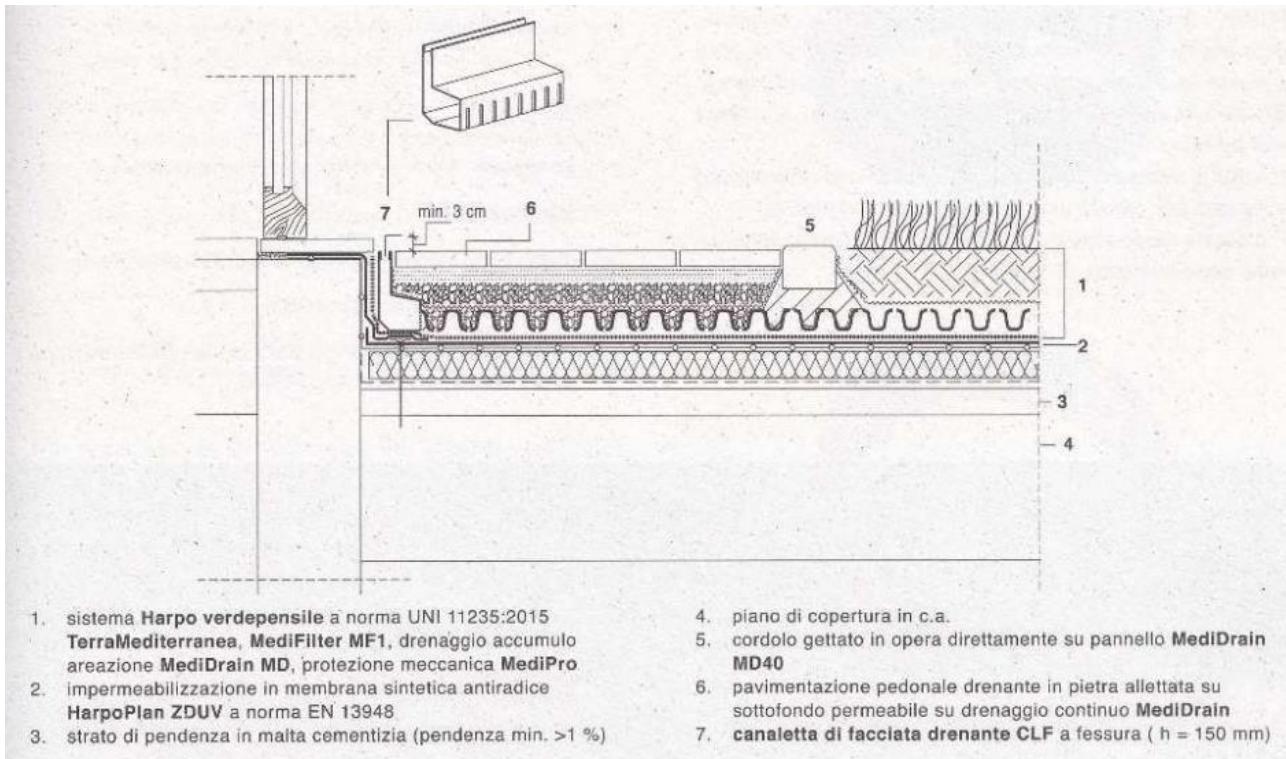
- 1 Solaio pendenziale
- 2 Manto impermeabile antiradice
- 3 DAKU FSD 20 [82 mm]
- 4 DAKU STABILFILTER SFI [1,47 mm]
- 5 DAKU ROOF SOIL 1 [130 mm]
- 6 DAKU ROOF SEMINA [20 mm]
- 7 Prato seminato
- 8 Impianto di irrigazione a pioggia

NODO TAPPETO ERBOSO – PAVIMENTATO PEDONALE



Disegno 1

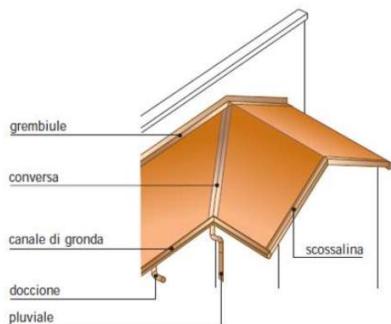
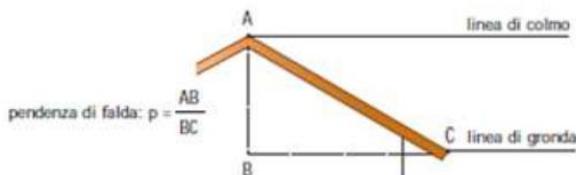
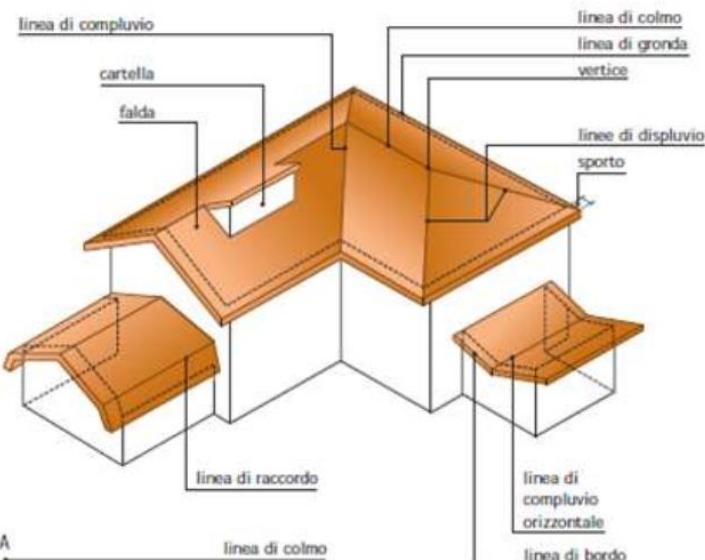
1. sistema Harpo verdependio a norma UNI 11295:2015 TerraMediterranea, MediFilter MF1, drenaggio accumulo aereaone MediDrain MD, pietrisco mosaico MediPro.
 2. sistema Harpo pavimentato pedonale autobloccante allestito su fondazione permeabile su drenaggio continuo MediDrain MD
 3. impermeabilizzazione antiradice HarpoPlan ZDUV continua
 4. cordolo realizzato al di sopra di drenaggio continuo



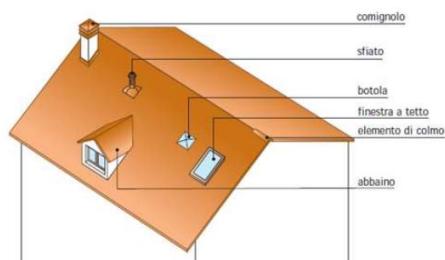
Coperture inclinate a manto discontinuo

Falda superficie di copertura inclinata e geometricamente piana	Linea di colmo linea risultante dall'intersezione delle falde alla sommità del tetto
Pendenza di falda inclinazione della falda rispetto al piano orizzontale misurata in gradi o in percentuale	Linea di raccordo linea risultante dall'intersezione di due falde di pendenza diversa ma non opposta
Pendenza d'esercizio pendenza effettiva del manto di copertura che, a causa della sovrapposizione degli elementi, risulta sempre inferiore a quella di falda di qualche punto percentuale	Linea di bordo linea ad andamento inclinato che costituisce il limite laterale del tetto
Linea di dislivello linea, orizzontale o inclinata, risultante dall'intersezione di due falde con pendenze divergenti	Vertice punto di incontro di linee di colmo orizzontali e/o inclinate
Linea di compluvio linea, orizzontale o inclinata, risultante dall'intersezione di due falde con pendenze convergenti	Sporto o cornicione parte sporgente del tetto rispetto alla parete dell'edificio
Linea di gronda linea perimetrale inferiore della falda su cui insiste l'elemento di raccolta delle acque meteoriche	Cartella elemento di raccordo tra l'intradosso di una falda e l'estradosso di un'altra

Fig. 1.3
Terminologia geometrica di una copertura.



Grembiule elemento che garantisce la tenuta all'acqua nel raccordo tra manto di copertura e corpi emergenti
Conversa elemento che garantisce la tenuta all'acqua in corrispondenza dei compluvi
Scossalina elemento che garantisce la tenuta all'acqua in corrispondenza delle linee di bordo
Canale di gronda elemento per la raccolta dell'acqua piovana corrispondente alla linea di gronda
Piuviale elemento per lo scarico incanalato dell'acqua piovana
Doccione elemento per lo scarico a dispersione dell'acqua piovana

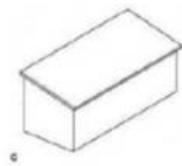


Comignolo, sfato, portantenna elementi accessori normalmente raccordati al manto mediante grembiuli
Botola o passo d'uomo e finestra a tetto elementi che consentono l'illuminazione e l'aerazione naturale del sottotetto e l'accessibilità al tetto
Abbaino elemento che consente l'illuminazione e l'aerazione naturale del sottotetto, permettendo l'affaccio

Morfologia

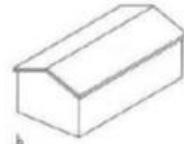
A leggio

Il deflusso dell'acqua avviene lungo una sola superficie. La falda poggia su pareti perimetrali poste a altezze diverse. Rappresentano la matrice di base di tutte le coperture inclinate che sono sempre riconducibili a sommatorie di leggi.



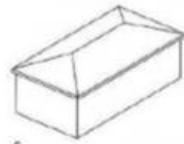
A capanna

Le due falde convergono in alto lungo una linea di colmo; l'intersezione delle falde con le pareti di testata avviene secondo linee inclinate che delimitano una porzione di muro triangolare detta timpano.



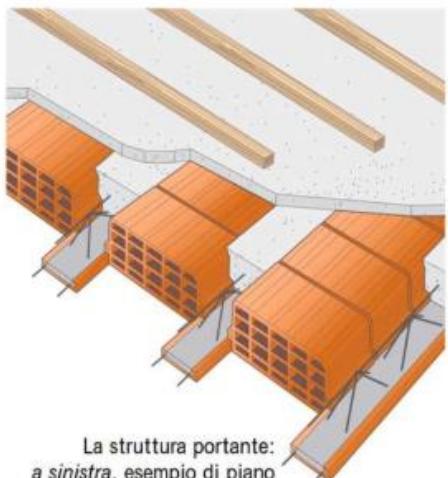
A padiglione

Lo smaltimento dell'acqua avviene lungo tutto il perimetro, dove una gronda corre continua

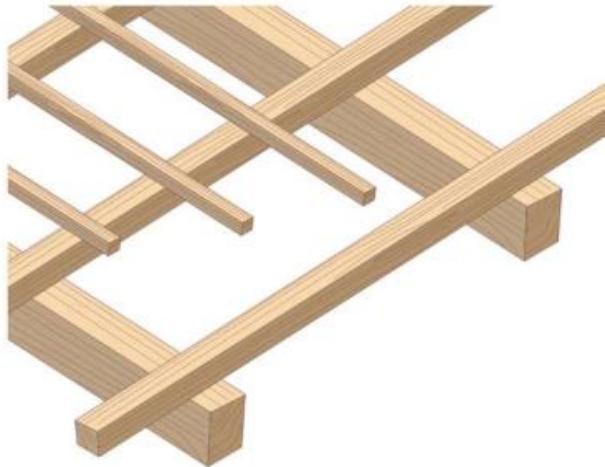


Coperture inclinate. Struttura portante

- continua (funzione portante in ogni punto del piano di falda)
- a orditura (piano di falda discontinuo)



La struttura portante:
a sinistra, esempio di piano continuo di un solaio latero-cementizio con travetti a traliccio e blocchi in laterizio;
a destra, esempio di piano discontinuo di un solaio in legno.

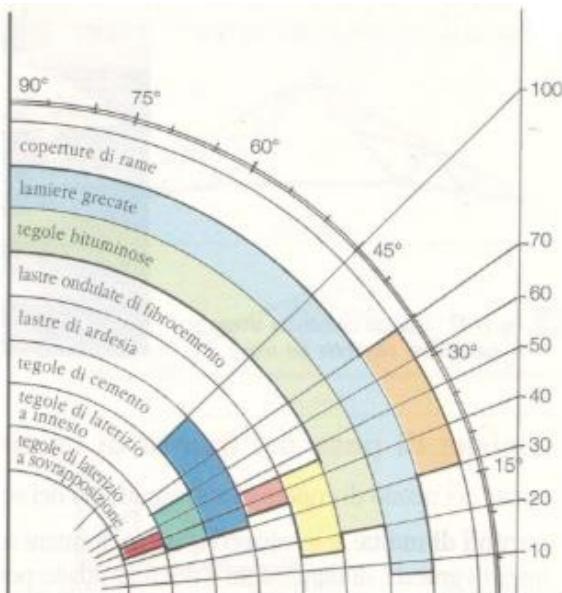


Manto discontinuo

Nelle coperture inclinate il manto può essere e di solito è discontinuo.

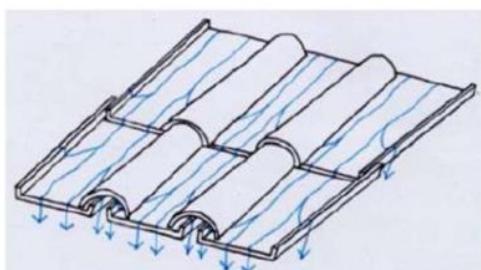
Relazione fra pendenza e tipo di manto utilizzato. Per ogni tipo di manto sono consigliati valori minimi e massimi della pendenza:

- minimi: legati alla necessità di impedire le infiltrazioni attraverso le discontinuità del manto
- massimi: legati alla necessità di impedire scivolamenti verso il basso degli elementi del manto.



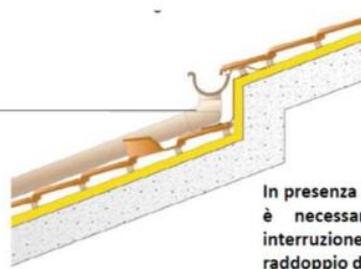
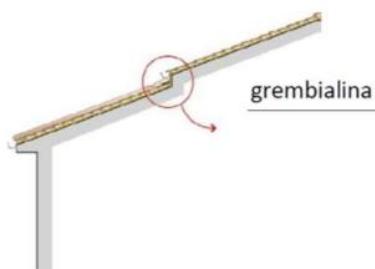
Lunghezza massima di falda

Se le falde sono troppo lunghe, in caso di pioggia torrenziale la grande quantità d'acqua che scorre lungo la falda può oltrepassare i bordi di tenuta delle tegole infiltrandosi così sotto al manto.



Tipo elemento del manto	Regioni	Lunghezze max di falda (in proiezione orizzontale)
Marsigliese, portoghese, olandese e tipi assimilati	Nord Italia e zone appenniniche	10 m
	Italia centrale, meridionale e insulare	12 m
Coppi	Tutto il territorio nazionale	10 m

Lunghezza massima di falda per tetti di pendenza compresa tra il 30 e il 35%, in rapporto al tipo di elementi del manto e alle diverse regioni climatiche.



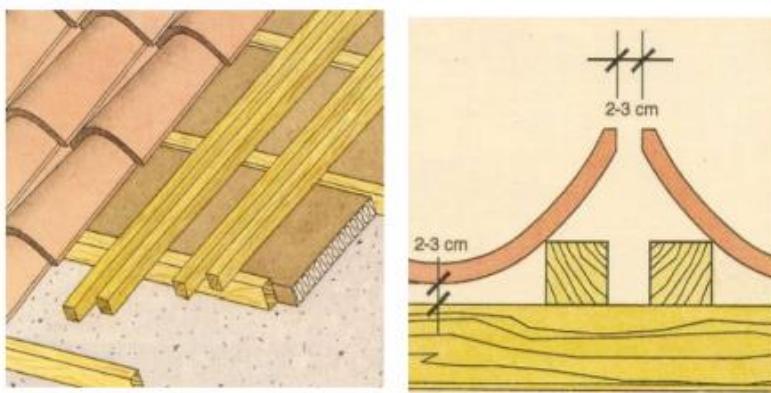
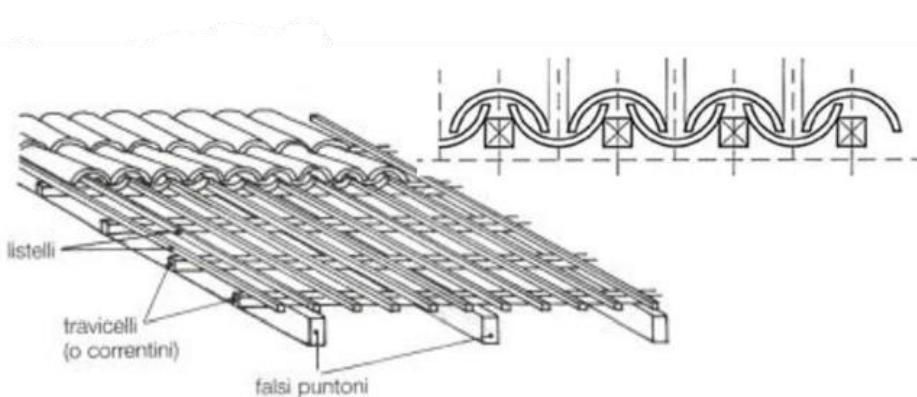
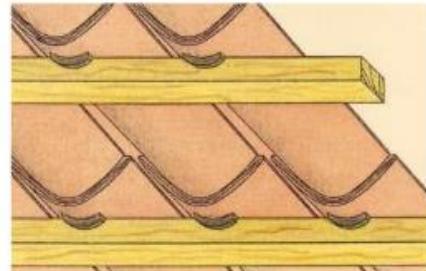
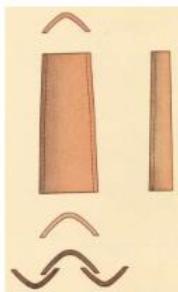
Tegole in laterizio a sovrapposizione. Manto in tegole curve (coppi)

Le tegole in laterizio a sovrapposizione, specialmente i coppi, sono usate per coperture di tetti tradizionali. Realizzate in argilla cotta, offrono durabilità, resistenza agli agenti atmosferici e un aspetto rustico. Sono posizionate in due strati sovrapposti: uno per il deflusso dell'acqua e l'altro per la copertura. Vantaggi includono estetica tradizionale, buona traspirabilità e isolamento termico, mentre gli svantaggi sono il peso e la necessità di manutenzione periodica. Sono ideali per edifici residenziali e storici, soprattutto in aree mediterranee.

Listellatura orizzontale (modalità di posa più recente, resa possibile dall'uso di coppi dotati di dentello)

I coppi, nella loro configurazione tradizionale, si posano sui fianchi di una listellatura collocata nella direzione della pendenza della falda (normalmente un solo listello)

valori medi	
	coppo standard coppo grande
dimensioni (lunghezza)	45 cm ca. 50 cm ca.
peso elemento	2 kg ca. 2,8-3 kg ca.
peso per metro quadrato	56 kg ca. 56-60 kg ca.
numero metro quadrato	30 ca. 20 ca.
pendenza minima di falda	30% 30%



Sollevamento della prima fila di coppi, in corrispondenza della linea di gronda (con due modalità alternative, qui rappresentate nel caso dell'adozione di una listellatura orizzontale).

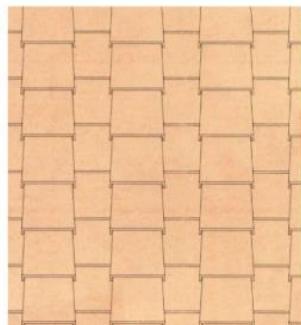
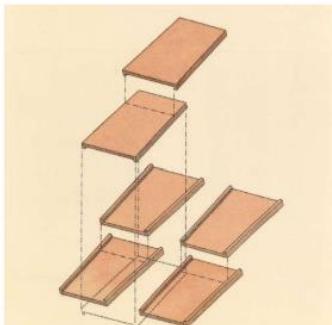
Sporgenza della prima fila di coppi

Tegole in laterizio a sovrapposizione. Manto in tegole piane (embrici)

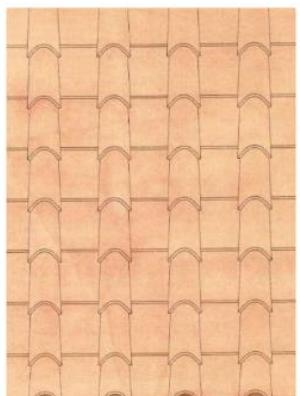
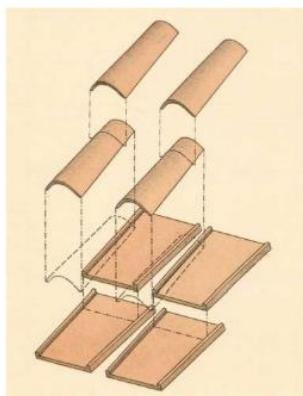
Forniscono buon isolamento termico e acustico, richiedendo poca manutenzione. Tuttavia, sono pesanti e possono essere costose. Ideali per edifici moderni e ristrutturazioni, garantiscono una copertura impermeabile ed esteticamente pulita.

valori medi	
dimensioni (lunghezza)	42-44 cm ca.
peso elemento	3-5 kg ca.
peso per metro quadrato (in coppia con il coppo)	40-56 kg ca.
numero a metro quadrato (in coppia con il coppo)	8-10 ca.
pendenza minima di falda	30 %

Sovrapposizione delle tegole piane



Sovrapposizione fra tegole piane e coppi
(copertura alla romana)



Tegole in laterizio a innesto. Manto in portoghesi e olandesi

Realizzate in argilla cotta, si caratterizzano per l'incastramento preciso tra le tegole, assicurando una copertura stabile e impermeabile.

Manto in tegole portoghesi

valori medi	
dimensioni (lunghezza)	41 cm ca.
peso elemento	3 kg ca.
peso per metro quadrato	39-43 kg ca.
numero a metro quadrato	13-15 ca.
pendenza minima di falda	30%



Manto in tegole olandesi

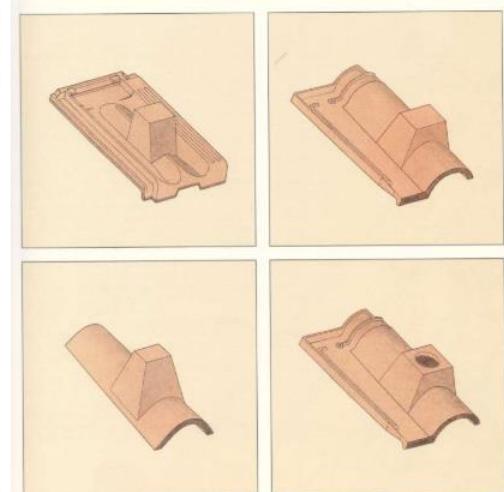
valori medi	
dimensioni (lunghezza)	42 cm ca.
peso elemento	2,8-3,2 kg ca.
peso per metro quadrato	41-43 kg ca.
numero a metro quadrato	13-15 ca.
pendenza minima di falda	30%



- Combina una parte curva e una piana, simile a una combinazione di coppi ed embrici, offrendo un aspetto tradizionale e armonioso.
- Funzionalità: La forma permette una sovrapposizione efficace che previene le infiltrazioni d'acqua.

- Superficie ondulata con canali di scolo integrati, simili alle tegole marsigliesi, garantendo un eccellente drenaggio dell'acqua.
- Estetica: Crea un aspetto uniforme e gradevole sul tetto.
- Facilità di posa grazie alla regolarità delle tegole.

Pezzi speciali

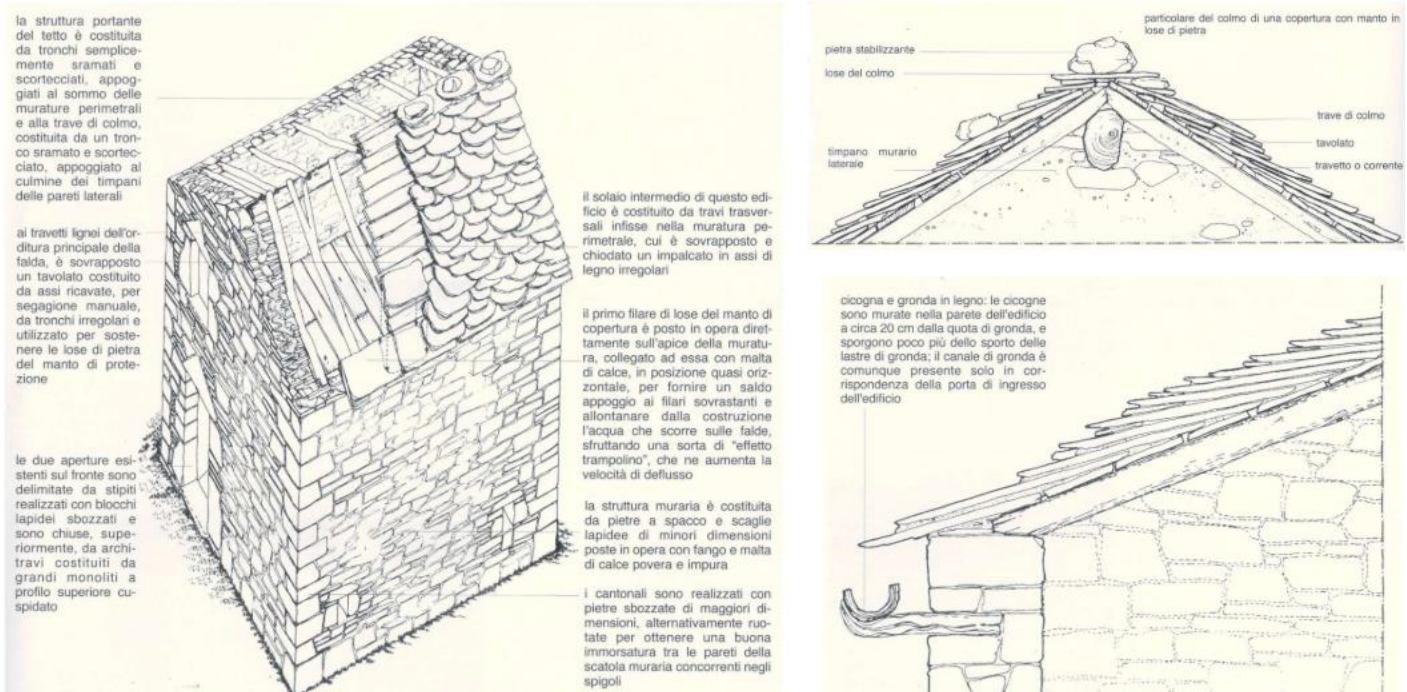


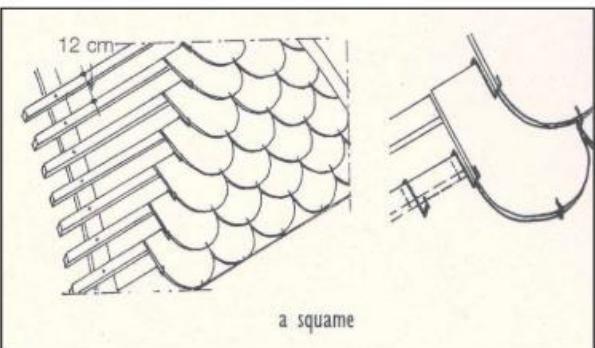
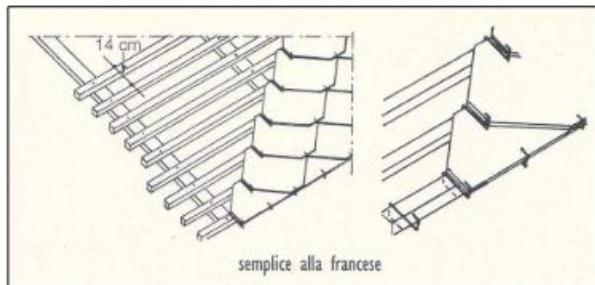
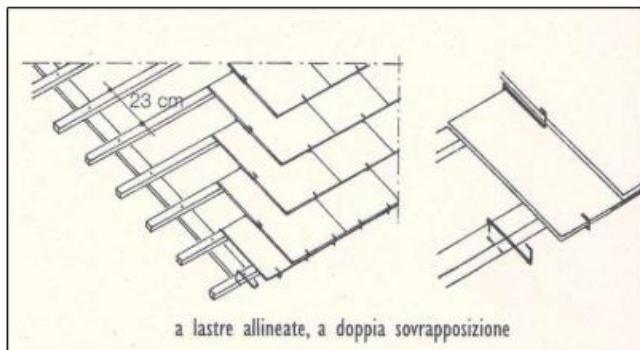
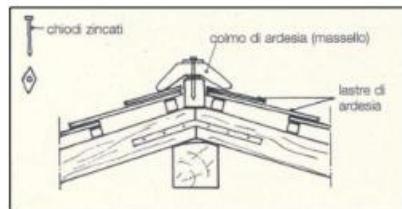
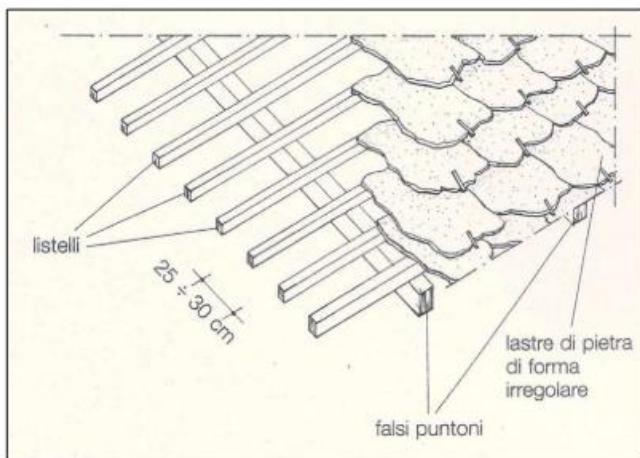
Tegole fermaneve e tegola base per antenna

Manto in lastre di pietra

Organizzazione tecnologica e particolarità esecutive dei tetti in «lose» di tipo tradizionale

I tetti in lastre di pietra, conosciuti come "lose" nel tradizionale tipo di costruzione, sono caratterizzati da lastre di pietra naturale posate sovrapposte e fissate alla struttura del tetto. Queste lastre, spesso di ardesia, quarzite o granito, offrono un'aspetto rustico e resistenza agli agenti atmosferici. Sono noti per il loro buon isolamento termico e acustico, richiedono una manutenzione regolare e una corretta posa per garantire durabilità e impermeabilità nel tempo.

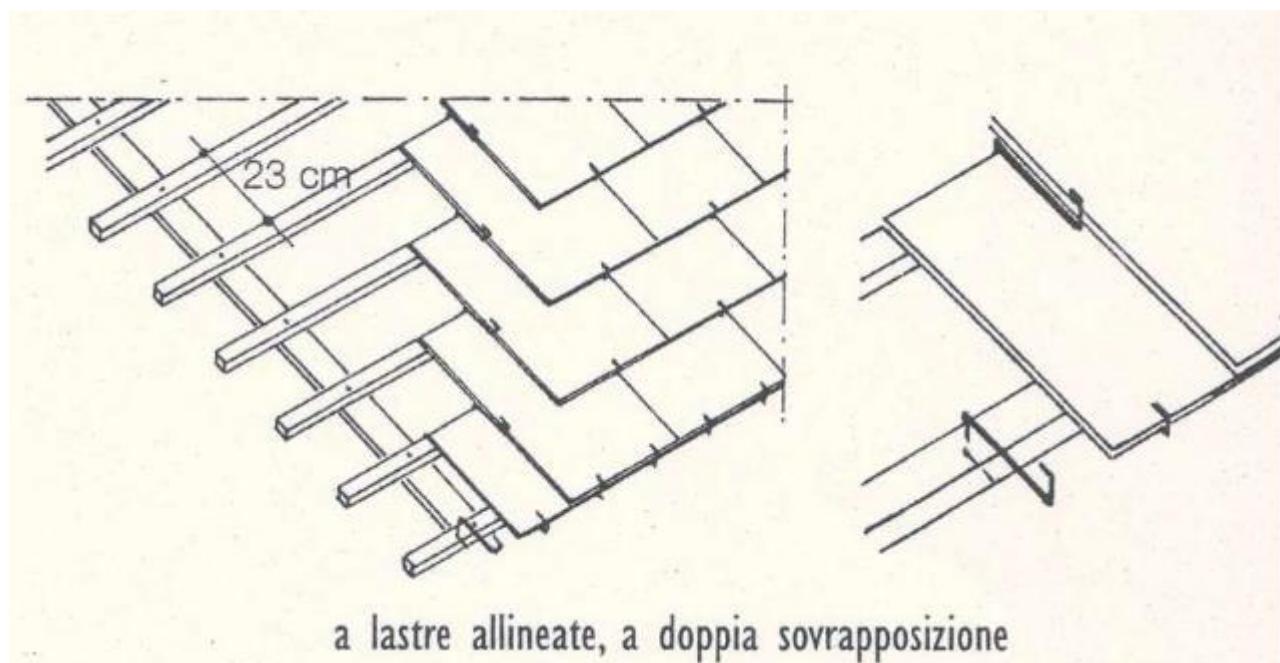




Elementi di forma analoga (ma di spessori e pesi diversi) vengono realizzati anche in fibro-cemento

Coperture inclinate. Il manto del tetto del Castello del Valentino

Materiali: Tradizionalmente realizzato con tegole in terracotta o in lastre di pietra, quest'ultimo particolarmente comune per i castelli italiani. : Oltre a proteggere dagli agenti atmosferici, il tetto del Castello del Valentino contribuisce all'aspetto imponente e storico dell'edificio.



Coperture inclinate. Manti in lastre ondulate o grecate

- Lastre ondulate in fibro-cemento

Materiale: Le lastre ondulate in fibrocemento sono realizzate con una miscela di cemento e fibre di rinforzo (generalmente fibre organiche o sintetiche). Questo materiale non contiene più amianto, che è stato eliminato per motivi di salute e sicurezza.

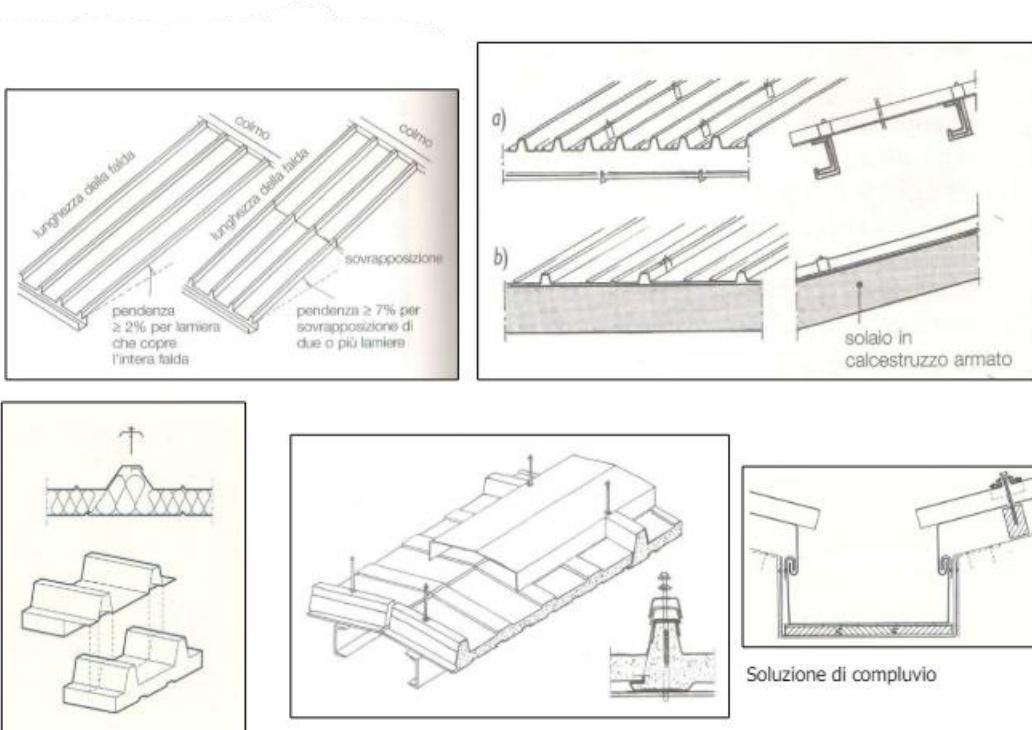
Forma: Le lastre sono ondulate, il che contribuisce a una maggiore resistenza meccanica e facilita lo scorrimento dell'acqua piovana

Le coperture inclinate in lastre ondulate di fibrocemento offrono durabilità, buon isolamento termico e acustico, resistenza al fuoco e leggerezza. Sono facili da installare e richiedono poca manutenzione. Utilizzate in edilizia residenziale, industriale e agricola, richiedono una corretta sovrapposizione e una struttura di supporto adeguata a garantire impermeabilità e resistenza al vento.

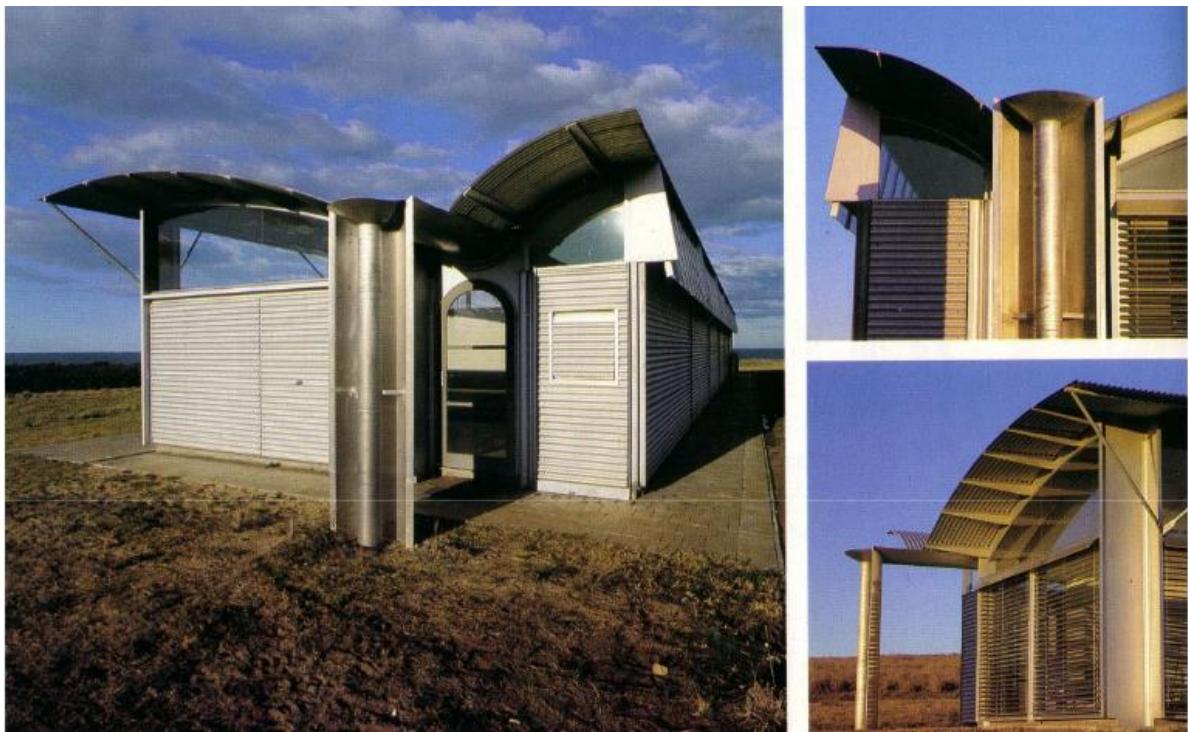


- Lastre ondulate o grecate metalliche (acciaio zincato, rame, acciaio inox, leghe di alluminio), anche usate in pannelli prefabbricati tipo sandwich

Le lastre ondulate o grecate metalliche, realizzate in acciaio zincato, rame, acciaio inox e leghe di alluminio, sono usate per coperture e pareti grazie alla loro robustezza e versatilità. I pannelli prefabbricati tipo sandwich, con strati metallici e un nucleo isolante, migliorano l'isolamento termico e acustico. Utilizzate in edifici industriali, residenziali e commerciali, queste soluzioni sono ideali per coperture, pareti e ristrutturazioni. Tuttavia, materiali come rame e acciaio inox possono essere costosi.



Manti in lastre metalliche ondulate



Manto in lastre o nastri metallici lisci



- Lastre o Nastri Metallici Lisci: Offrono un aspetto moderno e pulito, ideali per edifici contemporanei, ma richiedono precisione nell'installazione e possono essere costosi.

- Lastre Metalliche Ondulate: Più facili da installare, resistenti e versatili, adatte per vari tipi di edifici, ma con un'estetica meno pregiata e una maggiore necessità di gestione dell'espansione termica.

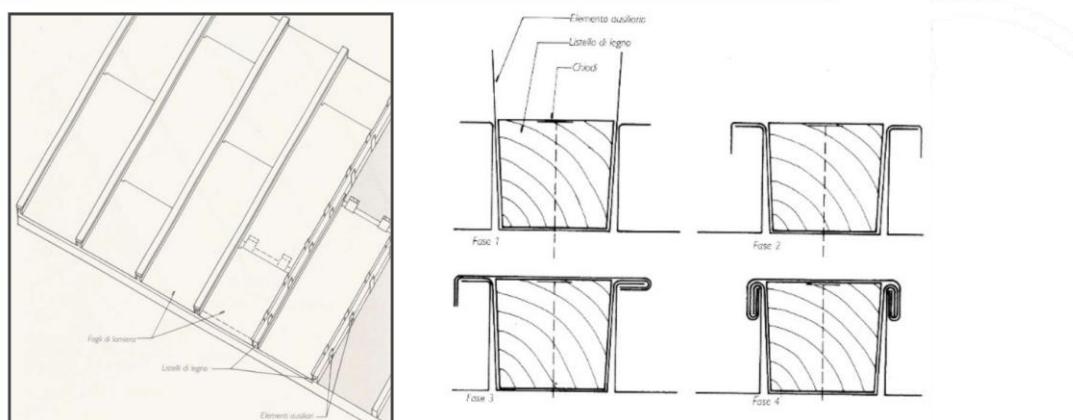
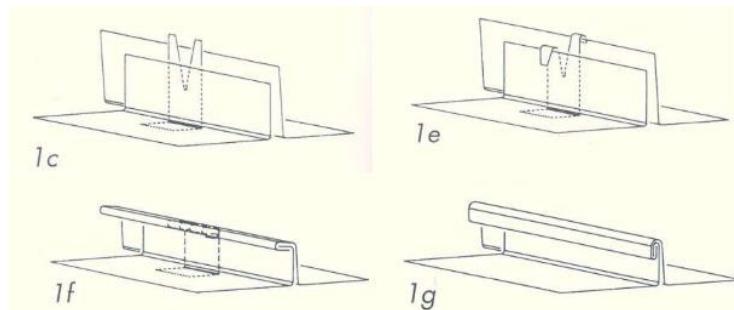
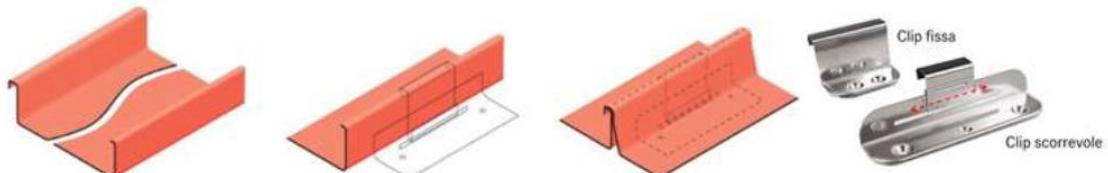
Manto in lastre metalliche lisce: tecniche di aggraffatura

Con la doppia aggraffatura non si fora la lamiera (non ci sono fori passanti) e con le clip scorrevoli si ovvia al problema della dilatazione del metallo.

Il manto in lastre metalliche lisce utilizza tecniche avanzate di doppia aggraffatura e clip scorrevoli per garantire una copertura impermeabile senza l'uso di fori passanti. La doppia aggraffatura assicura una chiusura stretta e resistente che evita infiltrazioni d'acqua, migliorando la durabilità e la resistenza meccanica delle giunzioni. Le clip scorrevoli permettono al metallo di espandersi e contrarsi liberamente con le variazioni di temperatura, prevenendo deformazioni e danni alla copertura nel tempo. Queste soluzioni sono ideali per edifici moderni e storici che richiedono sia funzionalità tecnica che estetica pulita e duratura.

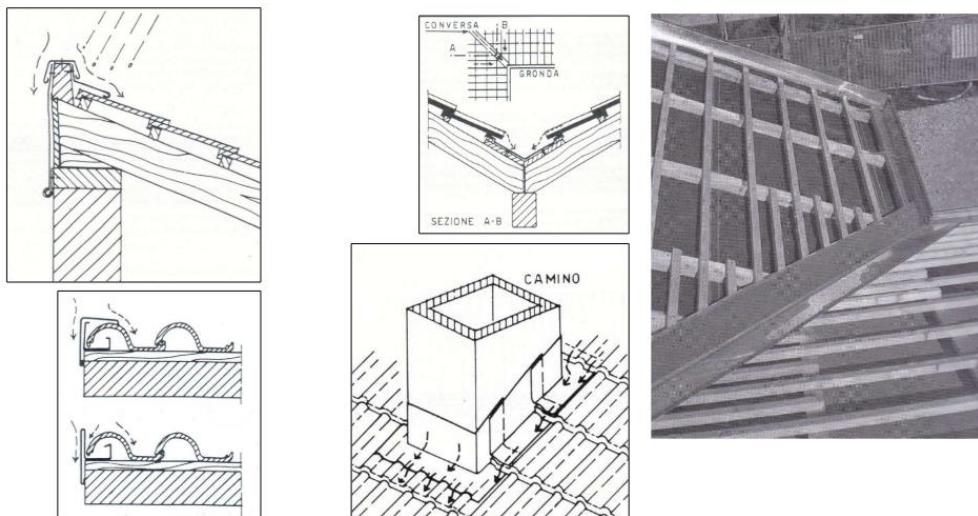


- Tecnica ottocentesca artigianale
- Pendenza minima della copertura: 3° (5%)
- Larghezza standard del coil 670mm (si ottiene interasse 600mm)
- Spessore del laminato standard 6/10 (0,6mm)
- Nessun foro passante attraverso la lamiera: fissaggio tramite clips
- Garantisce la perfetta tenuta all'acqua: nessun impermeabilizzante
- Piano di posa retrostante continuo (solitamente tavolato ligneo)
- Adatta per rivestimenti di forme geometriche complesse
- Aggraffature nel senso di deflusso delle acque
- I nastri/le lastre avranno giunti trasversali sfalsati

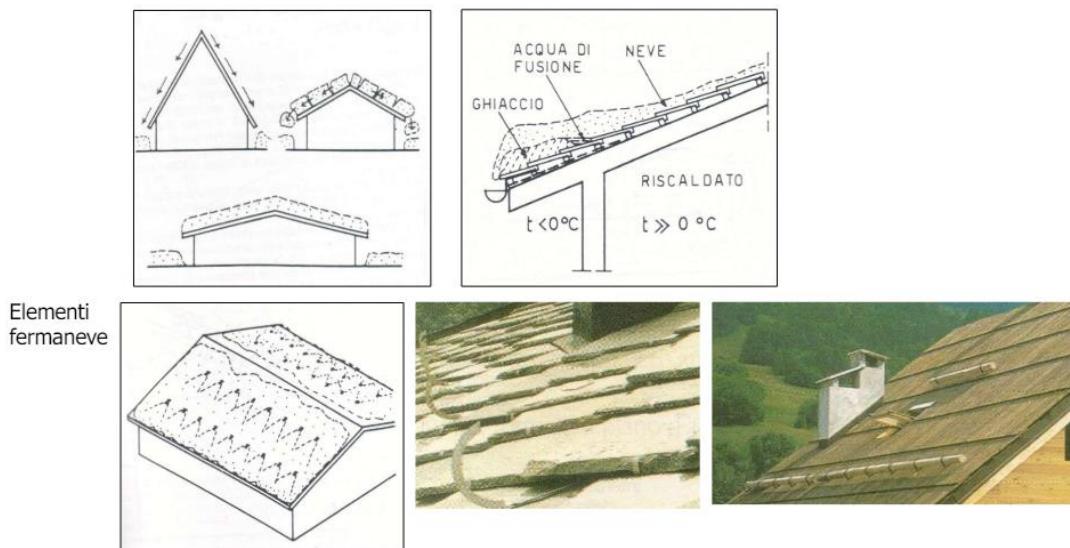


Tenuta all'acqua e alla neve. Punti singolari

La tenuta all'acqua e alla neve nei punti singolari delle coperture, come camini e lucernari, è cruciale per l'impermeabilità del tetto. Si ottiene con una sigillatura accurata e l'uso di materiali resistenti. È importante monitorare e mantenere regolarmente queste aree per prevenire infiltrazioni d'acqua e garantire la sicurezza strutturale dell'edificio.

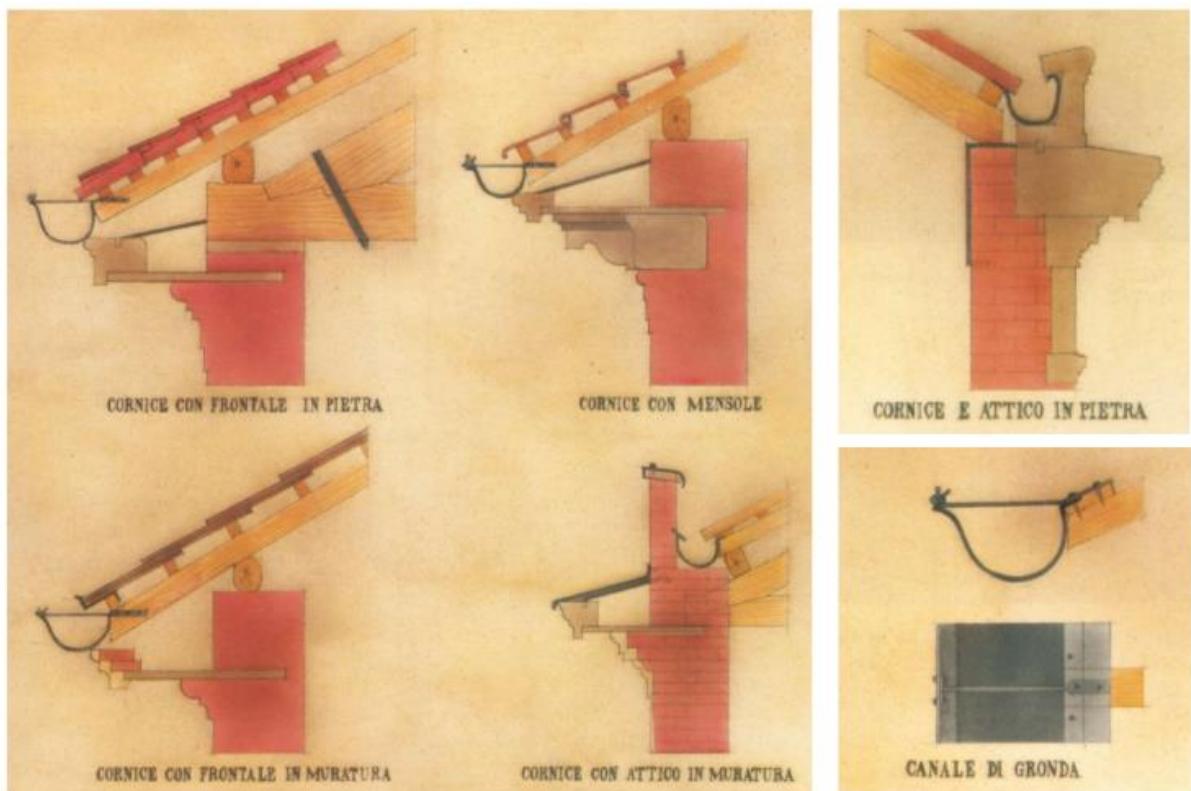
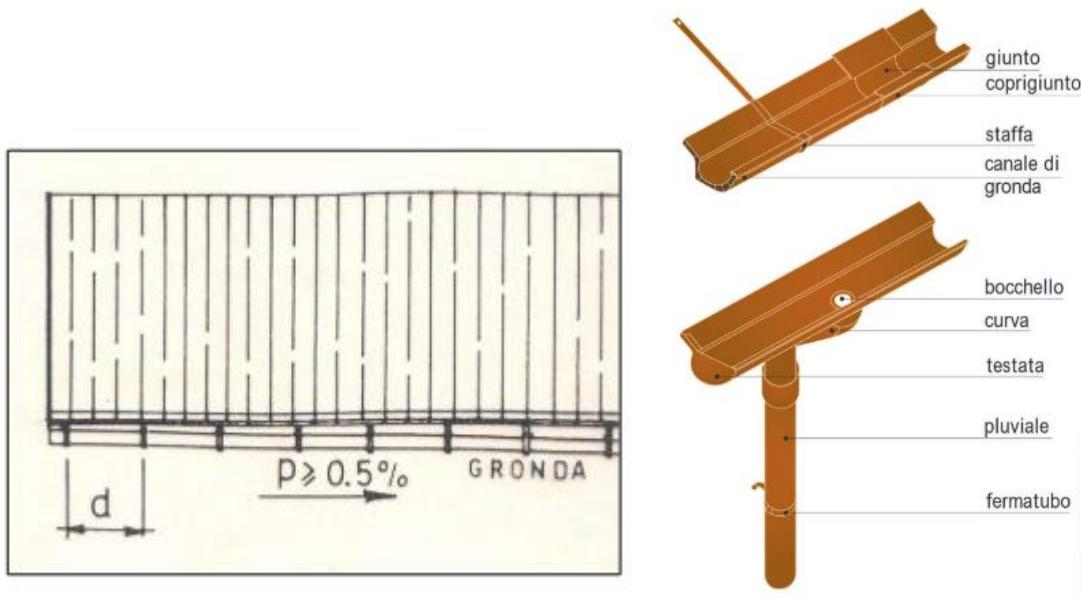


Gli elementi fermaneve sono realizzati in materiali resistenti alla corrosione come acciaio zincato o inox, sono posizionati lungo il perimetro del tetto e nei punti critici per resistere alle intemperie e prevenire danni dovuti al vento, alla neve e alla pioggia



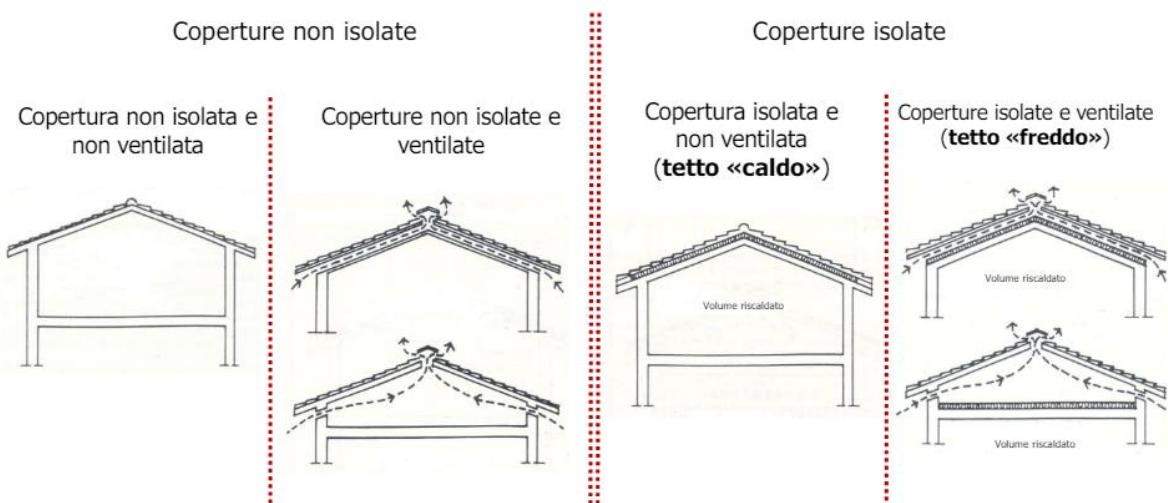
Sistemi di scarico dell'acqua meteorica

I sistemi di scarico dell'acqua meteorica sono fondamentali per dirigere l'acqua piovana dai tetti e dalle superfici impermeabilizzate degli edifici. Questi sistemi includono grondaie, pluviali e serbatoi di raccolta, realizzati in materiali resistenti come acciaio zincato, rame o plastica. È essenziale dimensionarli correttamente per gestire il flusso d'acqua e garantire una manutenzione regolare per prevenire ostruzioni e danni. I benefici includono la protezione strutturale dall'infiltrazione d'acqua, il risparmio idrico attraverso il riutilizzo delle acque piovane e un miglioramento dell'aspetto estetico dell'edificio quando progettati in modo adeguato.



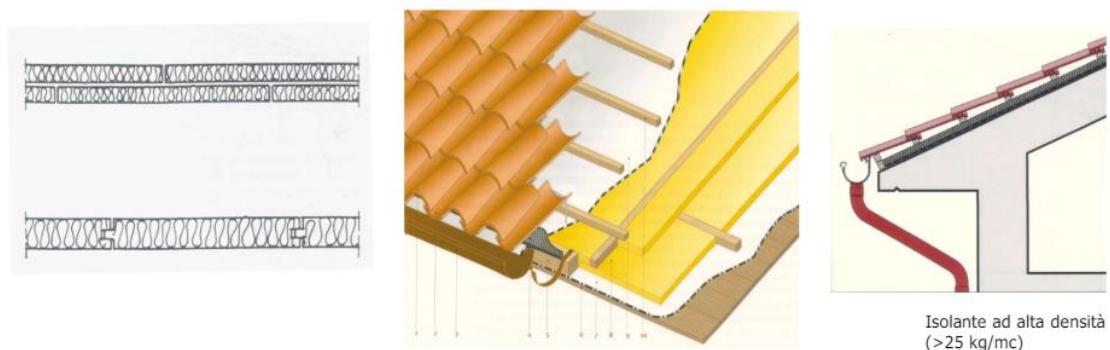
Classificazione in base al comportamento termo-igrometrico

La classificazione dei materiali in base al comportamento termo-igrometrico per coperture si divide principalmente tra non isolate e isolate. Nei primi, i materiali igroscopici come legno e gesso regolano l'umidità interna, mentre i materiali idrorepellenti come metallo e vetro resistono all'umidità esterna. I materiali isolanti, come lana minerale e polistirene espanso, sono preferiti per le coperture isolate per migliorare l'efficienza energetica. Questa selezione mira a garantire durabilità, comfort termico e regolazione dell'umidità negli edifici.



Tetto caldo (isolato e non ventilato): alternative tecnologiche

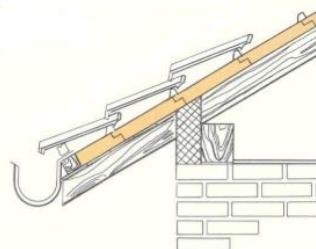
Posizione e tipo di strato termoisolante



Per i tetti caldi, sia isolati che non ventilati, la scelta dell'isolamento termico è fondamentale per garantire efficienza energetica e comfort all'interno degli edifici. Esistono due principali opzioni di posizionamento dell'isolamento: sopra la copertura (sistema invertito) e sotto la copertura (sistema tradizionale). Nel sistema invertito, l'isolamento è posizionato sopra la copertura impermeabile, proteggendo la struttura dall'accumulo di calore estivo e dai cicli di gelo, riducendo il rischio di condensa interna. Materiali comuni includono pannelli isolanti rigidi come XPS e lana di roccia. Nel sistema tradizionale, l'isolamento è posizionato tra le travi del tetto, migliorando la stabilità termica interna e prevenendo la formazione di condensa. Qui, si utilizzano spesso lana minerale, polistirene espanso e fibra di cellulosa per le loro proprietà isolanti e termoacustiche. La scelta del tipo di isolamento dipende dalle specifiche esigenze dell'edificio, dalle condizioni climatiche locali e dalle normative vigenti, con l'importanza di monitorare e mantenere regolarmente l'isolamento per garantire prestazioni ottimali nel tempo.

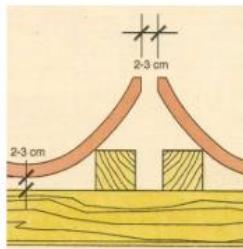


Pannelli sandwich con strato termoisolante interno



Microventilazione sottotegola: modalità di realizzazione in relazione alla direzione degli elementi di supporto

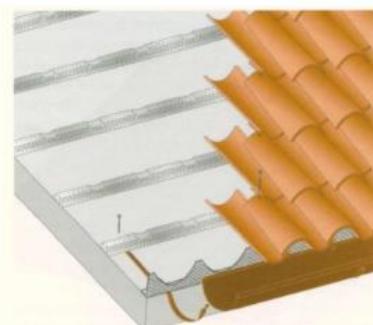
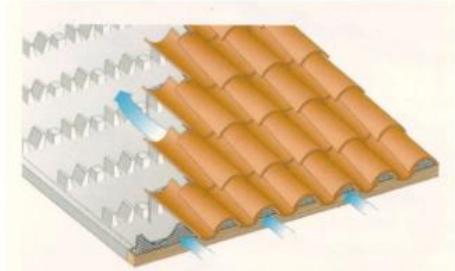
con listelli nella direzione della pendenza del tetto



con listelli orizzontali



con pannelli isolanti preformati
 (che associano alla funzione isolante la microventilazione e una posa in opera velocizzata)

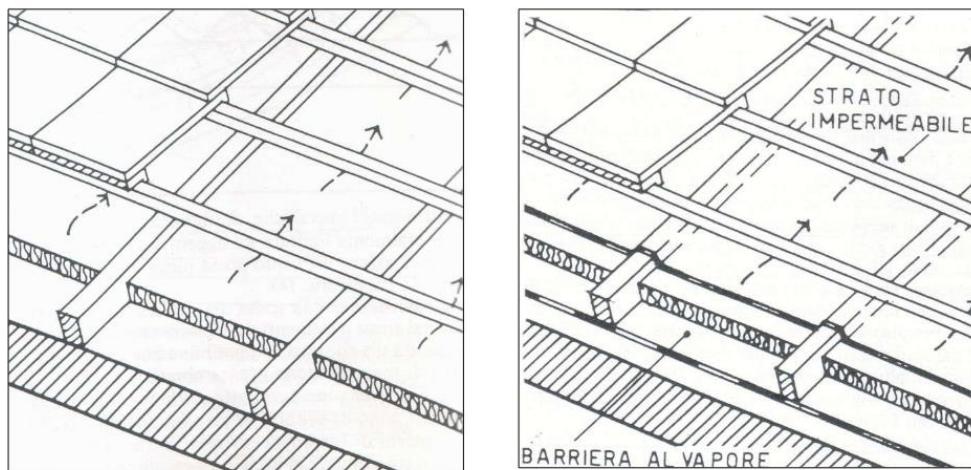


A sinistra, esempio di listelli micro-forati in metallo; a destra, listelli in materiale plastico.

Assenza o presenza della barriera al vapore

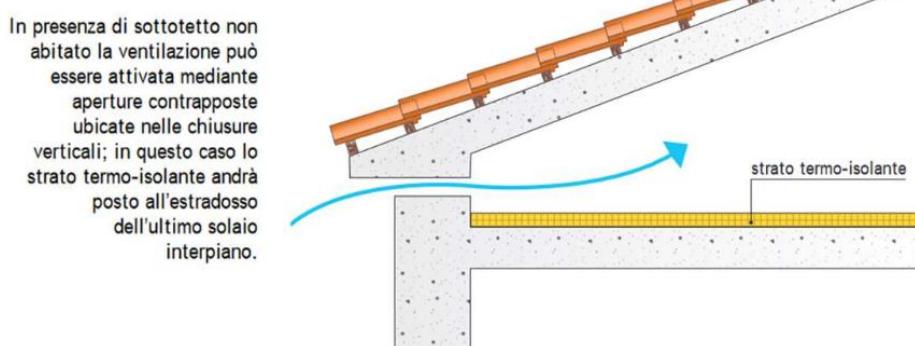
La scelta della barriera al vapore è cruciale per le coperture degli edifici. Senza di essa, c'è il rischio di condensa e danni ai materiali isolanti, specialmente in climi freddi. In contrasto, una barriera al vapore installata correttamente impedisce la diffusione dell'umidità, migliorando l'efficienza energetica e proteggendo l'edificio nel tempo. La decisione dipende dalle condizioni climatiche, dall'età e dal tipo di edificio, e dalla gestione dell'umidità e dell'energia desiderata.

I materiali comunemente impiegati per le barriere al vapore includono membrane polimeriche, pellicole di polietilene e pannelli di alluminio.



Tetto freddo (isolato e ventilato): alternative tecnologiche

I tetti freddi, che combinano isolamento e ventilazione, sono progettati per migliorare l'efficienza energetica e il comfort termico degli edifici. L'uso di spazi ventilati sotto la copertura aiuta a ridurre il calore estivo e previene la condensa interna, assicurando la durabilità della struttura e degli isolanti. L'isolamento termico posizionato sotto la copertura, con materiali come lana minerale o polistirene espanso, minimizza la dispersione di calore. Materiali di copertura ventilati, come tegole o coppi, facilitano la regolazione termica. Le membrane impermeabili e le barriere al vapore proteggono l'isolamento e migliorano l'efficacia complessiva del sistema. Queste soluzioni sono progettate per adattarsi a diverse condizioni climatiche e ottimizzare le prestazioni energetiche a lungo termine degli edifici.



Isolamento e ventilazione nello spessore della falda

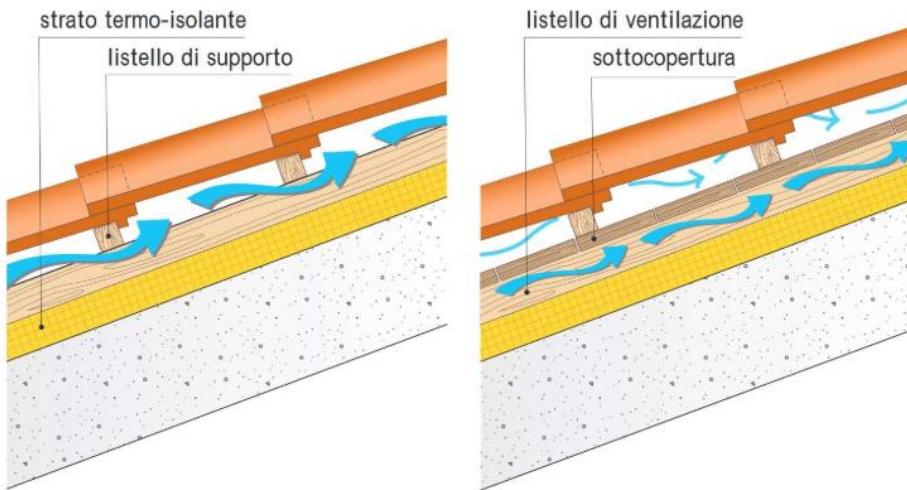
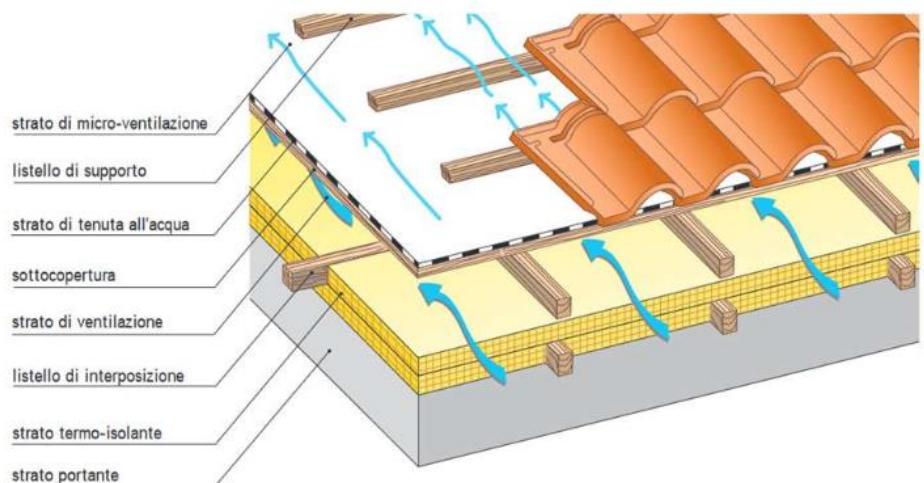


Fig. I.41
Ventilazione sottomanto
mediante intercapedine unica
(a sinistra) o doppia (a
destra) con sottocopertura
che separa lo strato di micro-
ventilazione da quello di
ventilazione.

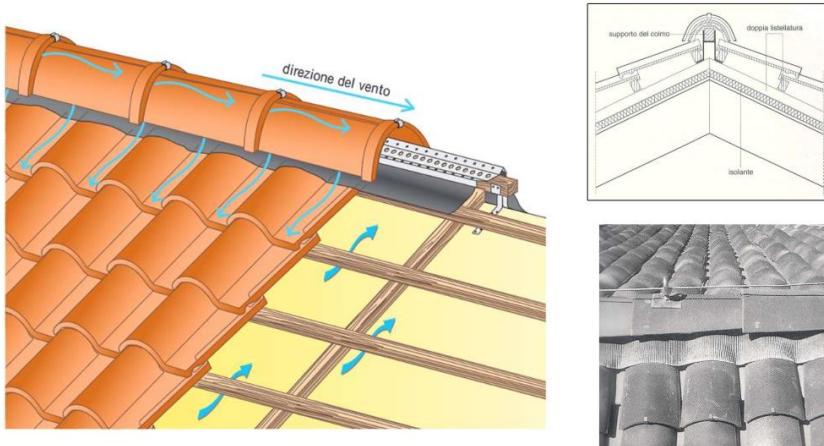
La disposizione di un doppio
strato di pannelli termo-
isolanti, tra loro sfalsati,
consente di evitare
l'insorgenza di ponti termici.

**Doppia intercapedine di
ventilazione, con strato di
tenuta all'acqua continuo
posto al di sopra della
sottocopertura.**



Tetto freddo (isolato e ventilato): il colmo

Il colmo di un tetto freddo isolato e ventilato rappresenta il punto più alto dove si incontrano le falde opposte del tetto. È fondamentale per il corretto funzionamento del sistema ventilato perché consente il passaggio dell'aria, facilitando la regolazione termica interna e prevenendo la condensa. È essenziale che il colmo sia adeguatamente sigillato per evitare infiltrazioni d'acqua e danni agli strati isolanti. Durante l'installazione, vengono impiegati materiali resistenti alle intemperie per assicurare la protezione dell'intero sistema di copertura. Garantire una corretta gestione e manutenzione del colmo è cruciale per preservare l'efficienza energetica e la durabilità dell'edificio nel tempo.



Tetto freddo (isolato e ventilato): alternative tecnologiche

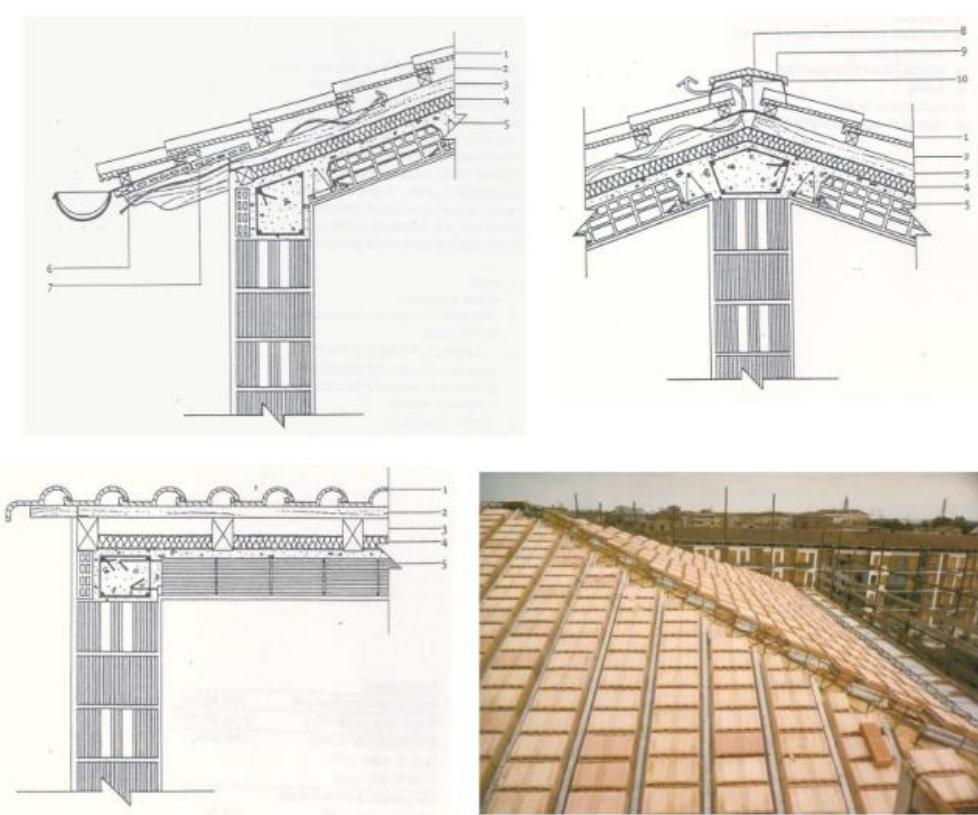
Copertura a falde con struttura portante continua (soletta laterocementizia) (ma: presenza di ponti termici)

Copertura in tegole di laterizio, con strato di ventilazione spessore 10 cm, ottenuto con listelli su travetti in legno. I travetti realizzano lo sporto di gronda. Le prese d'aria alla linea di gronda sono fortemente ridotte dalla presenza delle tabelle sottotegola. I ponti termici in corrispondenza dei cordoli di solaio sono ridotti per la presenza di elementi di laterizio a rivestimento in spessore. I travetti di supporto per la ventilazione interrompono lo strato isolante.

Legenda

- 1. tegole portoghesi
- 2. listelli 4 cm
- 3. ventilazione 10 cm realizzata con travetti appoggiati sul solaio
- 4. isolamento termico in poliuretano spessore 6 cm
- 5. solaio in laterocementizio spessore 16 cm
- 6. listello alla linea di gronda
- 7. parapasseri
- 8. colmo
- 9. sottocolmo forato
- 10. listone di legno su staffa distanziatrice

Prestazioni	
Massa termica frontale	200 kg/m ²
Trasmittanza termica	0,42 W/m ² °C
Rischio di condensa	nessuno
Te-2°C URE 90%	
Ti 20°C URI 50%	
Temperatura superficiale interna per Te-2°C	18 °C
riduzione flusso termico entrante in estate	29 %



09. L'attacco a terra degli edifici

Solai di chiusura a terra | Muri perimetrali dei piani interrati

- Aspetti strutturali

- Protezione dall'acqua

«Vespaio»: strato drenante o intercedine
Membrana di impermeabilizzazione

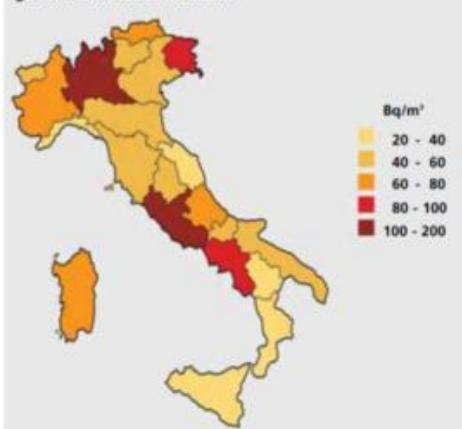
- Protezione dal radon

Vespaio aerato: intercedine aerata
Membrana antiradon

- Isolamento termico e controllo dei fenomeni di condensazione del vapore acqueo (per ambienti riscaldati)

Strato di isolamento termico
Barriera al vapore

Livelli medi di concentrazione di gas Radon indoor in Italia



Fonte: <http://www.igpal.it/osservatorio/rischi/utente/radon.asp?pag=3>

Becquerel per metro cubo (Bq/m³)

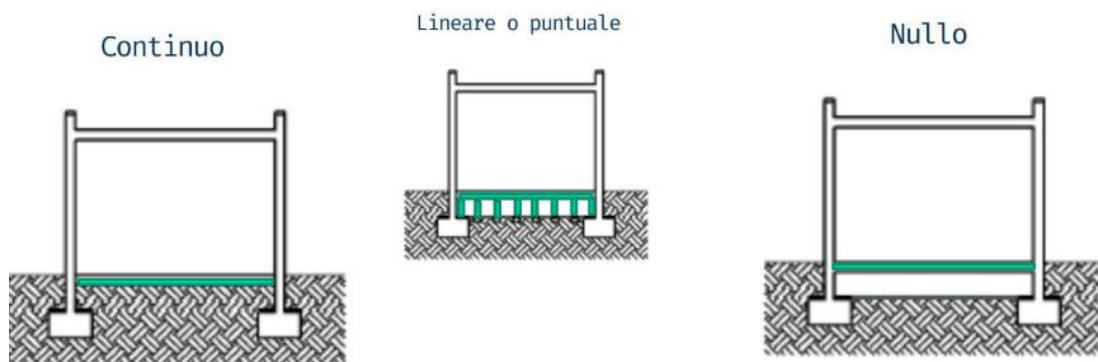
La concentrazione di Radon in aria si misura in Bq/m³ (Becquerel per metro cubo). All'aria aperta, vicino al suolo, si possono misurare valori intorno a 10 Bq/m³, mentre in ambienti chiusi si possono raggiungere concentrazioni elevate, fino a migliaia di Bq/m³.

I muri perimetrali dei piani interrati delimitano e supportano gli spazi interrati degli edifici. Sono progettati per resistere alla pressione laterale del terreno e prevenire infiltrazioni d'acqua. Realizzati comunemente in calcestruzzo armato o blocchi di calcestruzzo, includono sistemi di impermeabilizzazione e drenaggio per proteggere dagli effetti dell'umidità.

Solai di chiusura a terra

Rapporto con il terreno

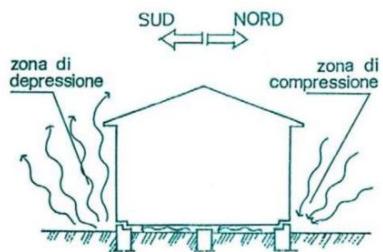
I solai di chiusura a terra sono strutture che separano i piani interrati dal terreno o da spazi non riscaldati. Essi devono garantire isolamento termico efficace e protezione dall'umidità proveniente dal suolo, utilizzando materiali come calcestruzzo armato e polistirene espanso per migliorare le prestazioni termiche.



Ventilazione

La ventilazione negli edifici è essenziale per regolare l'umidità, mantenere temperature confortevoli, migliorare la qualità dell'aria interna, ridurre il consumo energetico e preservare la durabilità degli edifici. È implementata attraverso sistemi naturali o meccanici, adattati alle esigenze specifiche dell'edificio e alle condizioni climatiche locali, garantendo un ambiente interno salubre, efficiente e sostenibile nel tempo.

Moti convettivi dell'aria sulle pareti di un edificio. Nella zona a sud, l'aria si riscalda, tende a salire e crea una depressione che richiama aria dalla zona più fredda a nord.



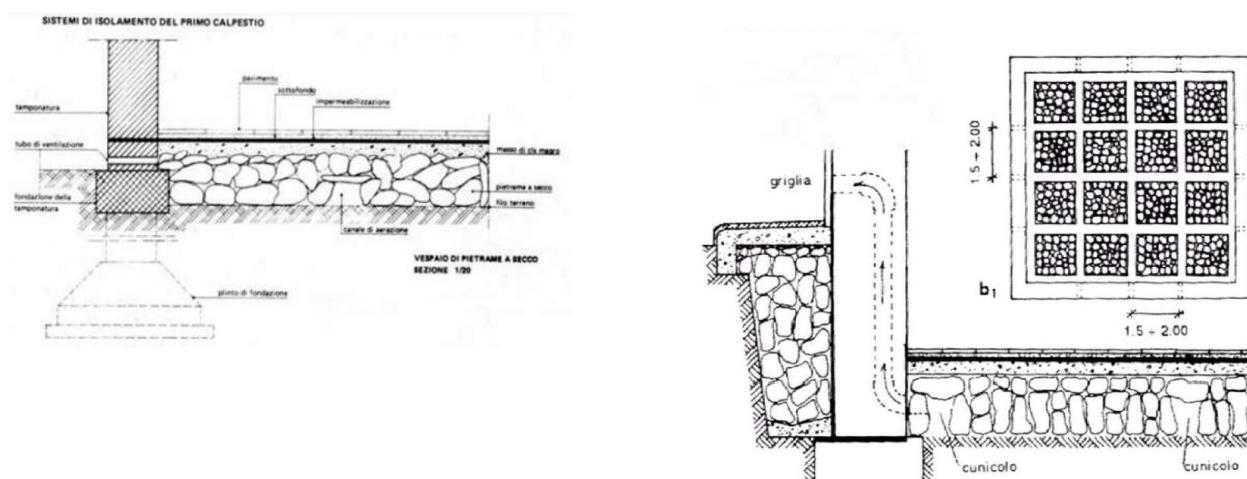
1) solaio contro terra

Massetto di calcestruzzo (armato) poggiante con continuità sul terreno tramite l'interposizione di strati di impermeabilizzazione e di drenaggio (vespaio).

Vespaio: Strato di ciottoli a pezzatura decrescente –per evitare la risalita dell'acqua – continui o assestati in modo da lasciare anche dei canali trasversali con prese d'aria all'esterno.

Massetto: Sono possibili assestamenti del terreno o del vespaio. Il massetto di cls viene quindi armato e desolidarizzato dalle strutture verticali contigue, con giunti a tenuta ma elastici (perché gli eventuali assestamenti non producano effetti sulle strutture verticali). Strato di impermeabilizzazione

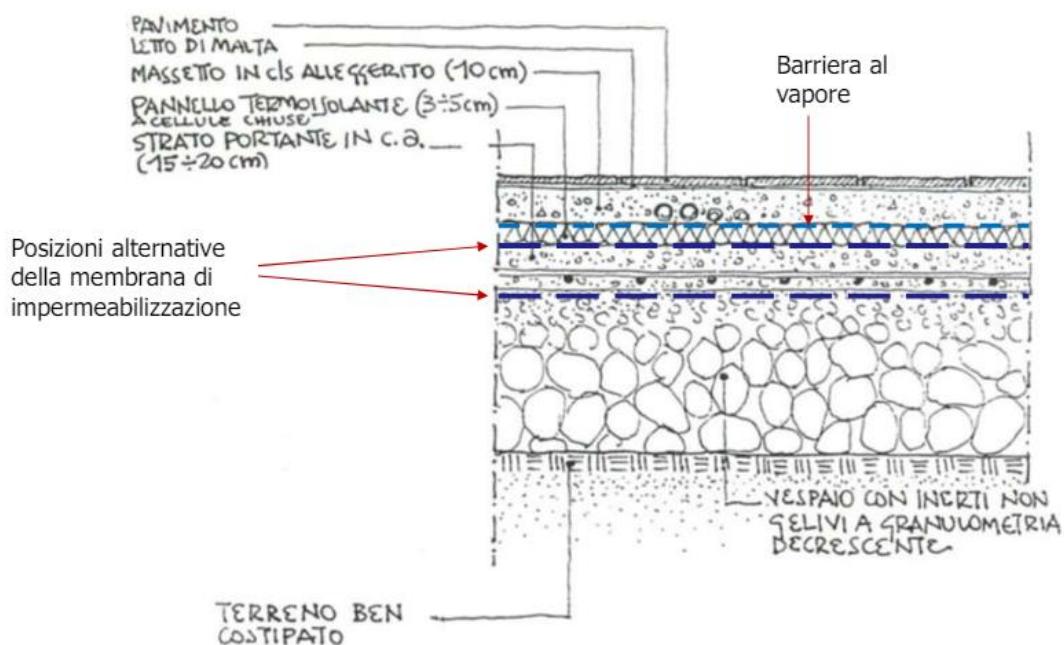
Strato di impermeabilizzazione



Soluzione isolata

n.b. lo strato di massetto armato può essere indicato con la simbologia del c.a.

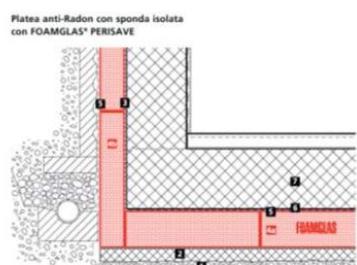
Il termine "soluzione isolata" si riferisce a un sistema, un metodo o un approccio che opera in maniera separata o distinta da altri. Può essere utilizzato per descrivere un sistema di isolamento termico progettato per ridurre la trasmissione di calore in edifici mediante l'uso di materiali isolanti come polistirene espanso o lana minerale. In ambito tecnologico, può indicare un'applicazione o un componente che funziona autonomamente, senza dipendenze da altri sistemi. Nel contesto più ampio, può anche denotare un approccio unico o indipendente per risolvere un problema specifico, senza essere integrato con altre soluzioni o processi.



Vetro cellulare

Sistemi di isolamento a parete e sottofondazione

- 1 Piano di posa
- 2 Calcestruzzo magro
- 3 Imprimitura
- 4a Lastra di FOAMGLAS® posate con adesivo a freddo PC® 56 (oppure FLOOR BOARD, posa al secco, con giunta incollata PC® 56)
- 4b Parete: Lastra di FOAMGLAS® posate con adesivo a freddo PC® 56
- 5 Rasatura con adesivo a freddo
- 6 Strato di separazione
- 7 Platea in calcestruzzo



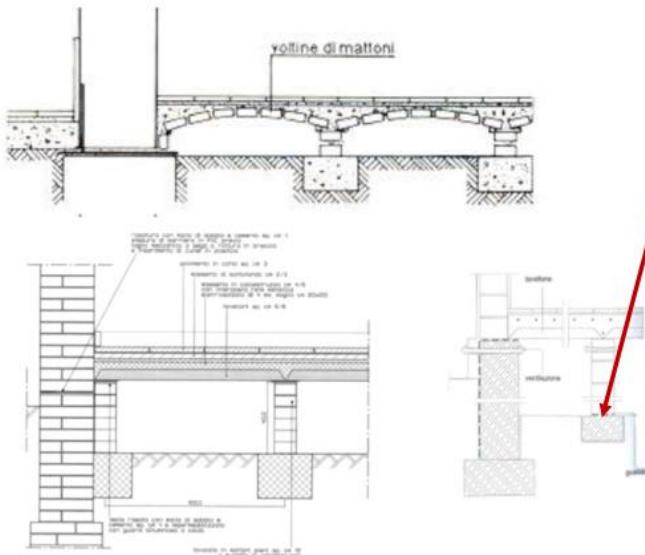
Il vetro cellulare è un materiale isolante ottenuto da un processo di fusione e schiumatura di vetro. È costituito da una struttura cellulare chiusa, simile a una spugna, che fornisce eccellenti proprietà termoisolanti e acustiche. Questo materiale è leggero, resistente all'umidità, non combustibile e resistente alla compressione. Viene spesso utilizzato per l'isolamento termico e acustico in edilizia, nell'industria e nelle applicazioni specializzate dove è necessaria una protezione termica efficace.

Orizzontamenti che appoggiano su «gambette»

Gli orizzontamenti che appoggiano su "gambette" si riferiscono a strutture o elementi di supporto posti sotto un'asse orizzontale, come travi o solai, che sono sostenuti o sorretti da "gambette". Le gambette sono tipicamente elementi verticali di sostegno, come piccole colonne, pilastri o pali, utilizzati per sollevare o sostenere l'orizzontamento e distribuire il carico verso il terreno o la fondazione sottostante. Questa configurazione è comune in edifici e strutture dove è necessario fornire supporto sotto travi, solai o altri elementi orizzontali per garantire la stabilità strutturale e la sicurezza dell'edificio.

contatto
lineare con
il suolo

Su muricci ravvicinati («gambette»)
vengono impostate delle voltine o
posizionati dei tavelloni

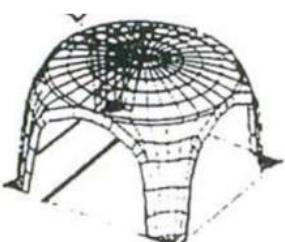


Posizioni alternative della
membrana di impermeabilizzazione



Solai su elementi tipo «iglù»

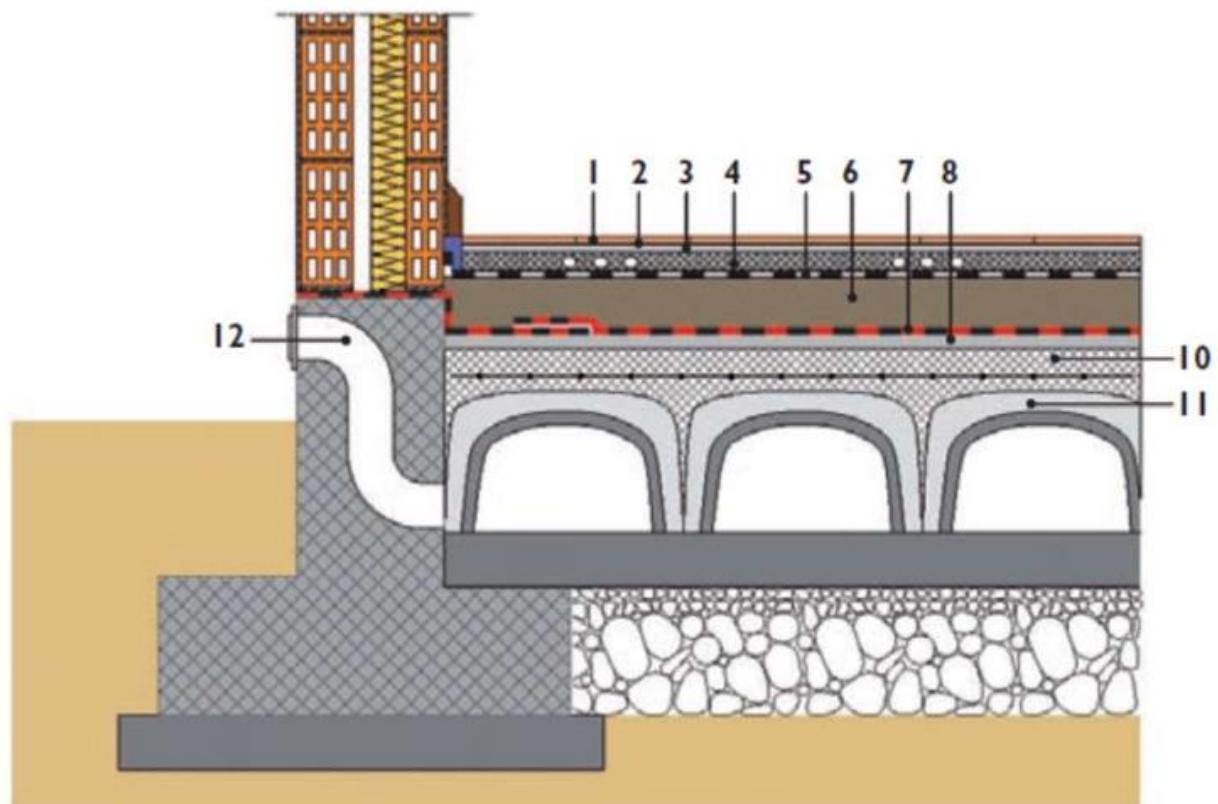
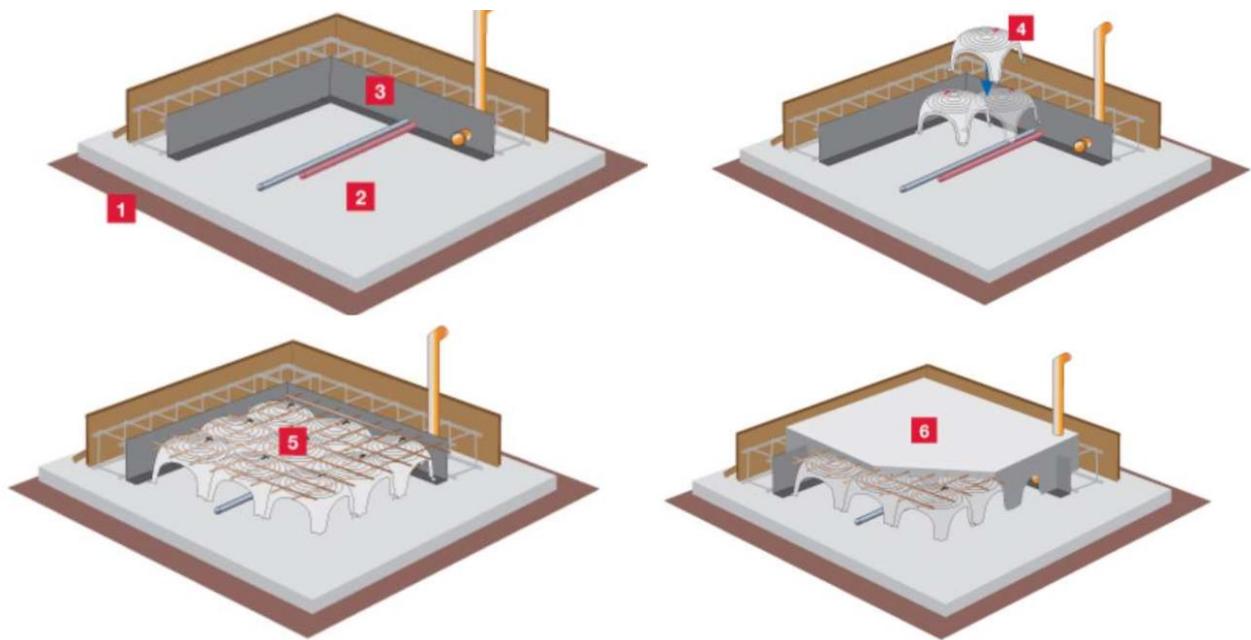
contatto
puntuale
con il suolo



I solai su elementi tipo "iglù" sono strutture di supporto semisferiche o a cupola utilizzate per sostenere solai o coperture negli edifici. Questi elementi, simili alla forma di un iglù, sono realizzati principalmente in materiali come calcestruzzo, acciaio o compositi, offrendo una resistenza strutturale efficace. Vantaggiosi per la loro capacità di sopportare carichi uniformemente distribuiti, sono spesso scelti per creare spazi interni senza la necessità di pilastri intermedi visibili. Questa soluzione è ideale per progetti che richiedono ampi spazi liberi e una distribuzione efficiente del carico,

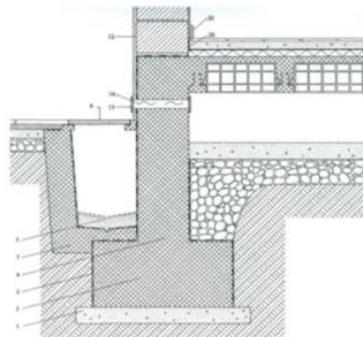
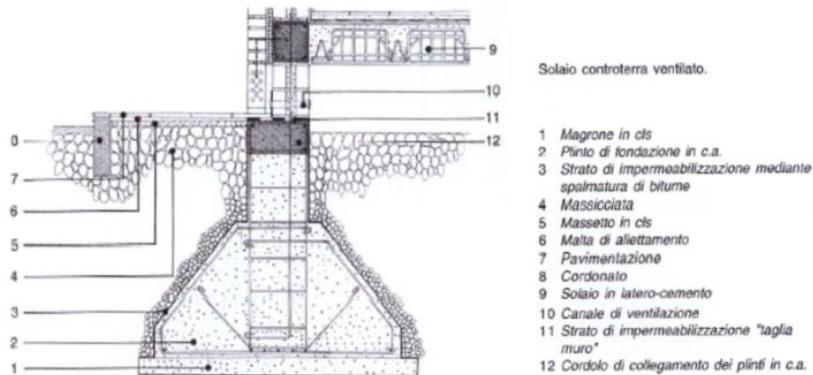
Esecuzione

1. Preparazione del terreno naturale.
2. Preparazione del sottofondo in cls magro da dimensionare in funzione dei sovraccarichi e della portata del terreno.
3. Posa dei casseri di contenimento delle travi di fondazione e delle armature metalliche.
4. Posa dei casserri a incastro maschio/femmina.
5. Posa di rete elettrosaldata.
6. Esecuzione del getto di cls.



Solai

contatto
nullo con il
suolo



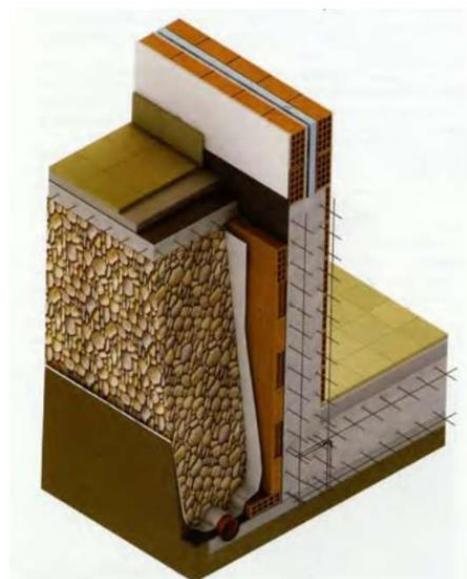
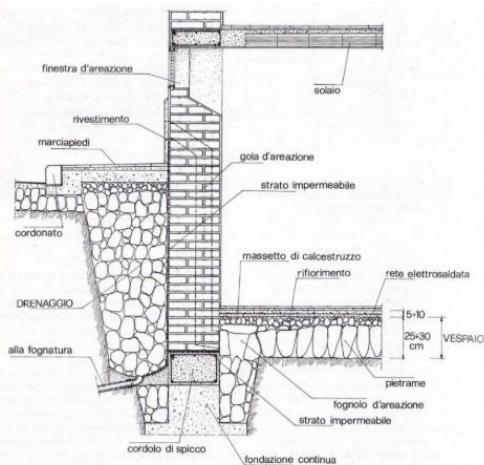
Muri perimetrali dei piani interrati

1) Impermeabilizzazione La membrana di impermeabilizzazione, che nel tempo può andare soggetta a lacerazione, deve essere difesa da uno strato di protezione meccanica (un tempo si usavano muricci di mattoni forati, oggi ad esempio membrane «a bolli»).

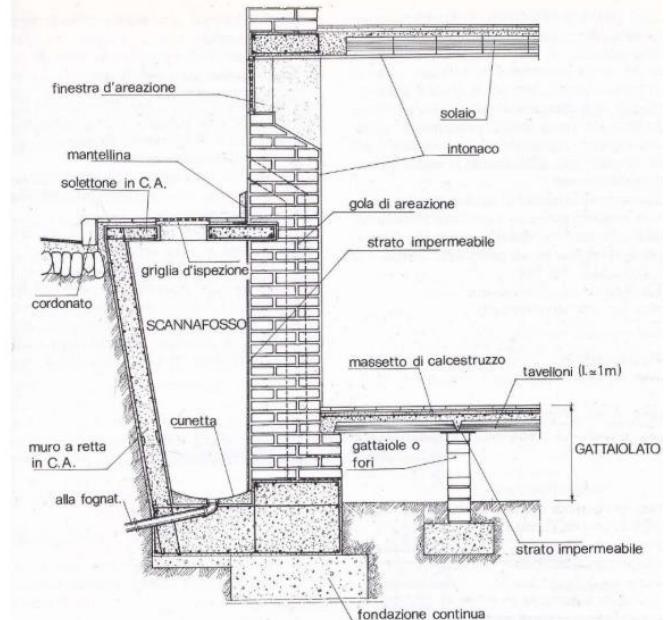
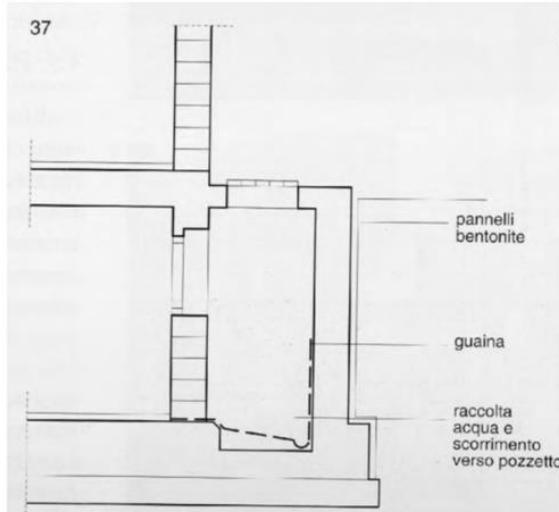
Alternativa: pannelli di bentonite.



2) Impermeabilizzazione e drenaggio



3) Intercapedine



Caratteristiche principali dei muri perimetrali dei piani interrati:

1. **Supporto Strutturale:** Forniscono supporto alla struttura dell'edificio e resistenza alla pressione del terreno.
2. **Impermeabilizzazione:** Sono dotati di materiali impermeabilizzanti e membrane per prevenire l'ingresso di acqua e umidità all'interno degli spazi interrati.
3. **Drenaggio:** Incorporano sistemi di drenaggio, come tubi drenanti e scoli, per raccogliere e dirigere l'acqua lontano dalla fondazione e dai muri stessi.
4. **Isolamento:** Possono includere strati isolanti per migliorare le proprietà termiche degli spazi interrati e ridurre la perdita di calore.
5. **Finiture e Protezioni:** Vengono finiti con materiali resistenti agli agenti atmosferici e possono essere rinforzati con armature metalliche per garantire la stabilità nel tempo.

Questi muri sono progettati per garantire la sicurezza strutturale dell'edificio e la durabilità degli spazi sotterranei, assicurando contemporaneamente un ambiente interno asciutto e confortevole.

SISTEMI DI MURATURA IN LATERIZIO

Laterizio: formato dall'argilla (terra), argilla la nostra materia prima

Le fasi di produzione:

- giacimento
- escavazione dell'argilla
- Argilla 73% + sabbia 9%

Tutti gli scarti e i difettati rientrano sempre all'interno del ciclo di produzione, questi vengono impiati in dei carrelli che scorrono all'interno di un essiccatore (umidità vicino allo 0). L'aria calda utilizzata per l'essiccatore viene presa direttamente dal forno. una volta usciti dall'essiccatore entrano direttamente all'interno del forno, si parte subito dall'elevata temperatura, si ha una perdita d'acqua imponente, ai 600 gradi si ha la cristallizzazione, ai 900 gradi la pietrificazione.

L'INNOVAZIONE NEL TEMPO DEL LATERIZIO

- 50-60 → Mattoni pieni, funzione di reggere le sollecitazioni meccaniche
80-90 → doppia parete
2000-2006 → infittire gli strati per limitare la diffusione del calore
2012-2020 → all'interno materiale isolante prefissato

LE PRESTAZIONI DEL LATERIZIO

- Materiali durevoli (>100 anni)
- risposta sismica e agli eventi naturali (grandine, pioggia...)
- isolamento acustico
- Resistenza al fuoco
- Efficienza energetica
- Impatto ambientale

(tabella con i parametri delle prestazioni)

P= Massa volumica del blocco complessivo dei fori

P800, 800chili al metro cubo, il 45% di foratura