



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Ing. Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583489
cstival@units.it

LEZIONE

2

Strutture portanti di fondazione e in elevazione

A. A. 2021-2022

Laboratorio di Progettazione Tecnologica dell'Architettura
Corso di Metodi e Strumenti di Progettazione Tecnologica

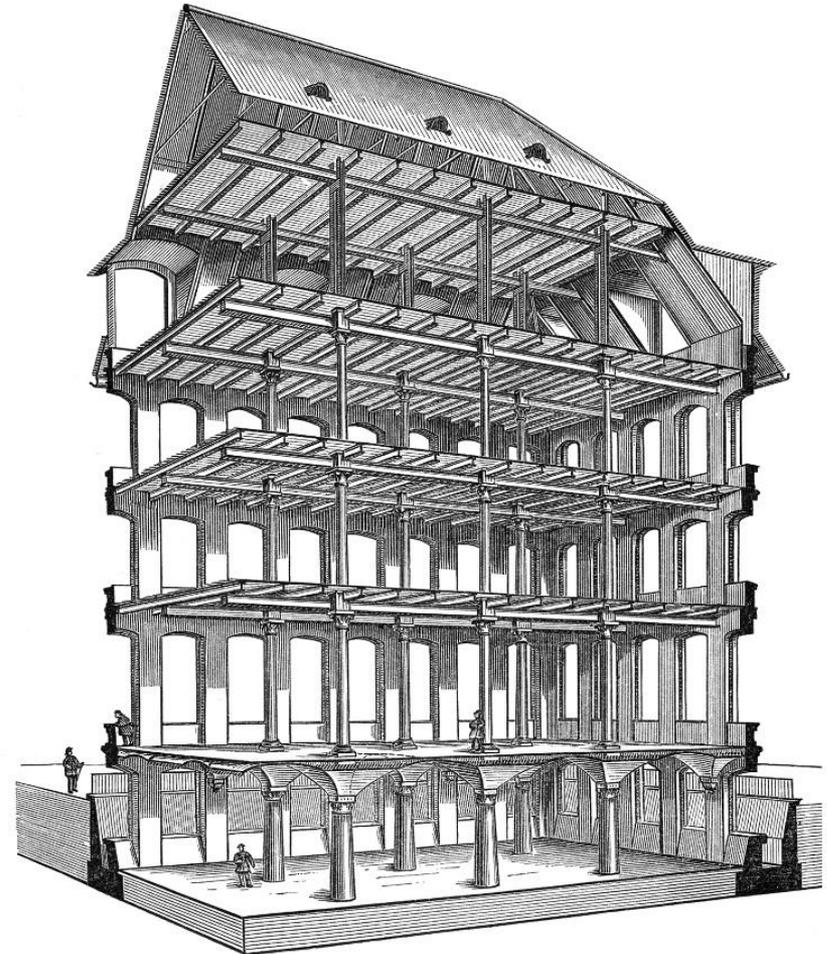
2.1

Generalità

Definizione di strutture portanti

La **struttura** è l'insieme delle unità tecnologiche e degli elementi tecnici appartenenti al sistema edilizio aventi funzione di sostenere i carichi del sistema edilizio stesso e di collegare staticamente le sue parti.

Con il termine struttura si indica il complesso di elementi tecnici destinati a riprendere i carichi che gravano su di essi (pesi propri, carichi permanenti strutturali e non strutturali, carichi variabili) e necessari per la stabilità globale.



Classificazione delle strutture portanti

CLASSE UNITA TECNOLOGICA	UNITA TECNOLOGICA	CLASSE DI ELEMENTI TECNICO	SCHEMA FUNZIONALE	ELEMENTO TECNICO
Strutture portanti	Strutture di fondazione	Fondazioni dirette	Puntuali	Plinto
			Lineari	Trave rovescia
			Piane	Platea
		Fondazioni indirette	Puntuali	Plinto su palo
			Lineari	Trave su pali
			Piane	Platea su pali
	Strutture in elevazione	Strutture verticali	Lineari	Pilastro
			Scatolari	Muro / Setto
		Strutture orizzontali	Lineari	Trave
			Scatolari	Solaio / Impalcato
		Strutture inclinate	Lineari	Trave
			Scatolari	Soletta

2.2

Strutture in elevazione

Strutture in elevazione

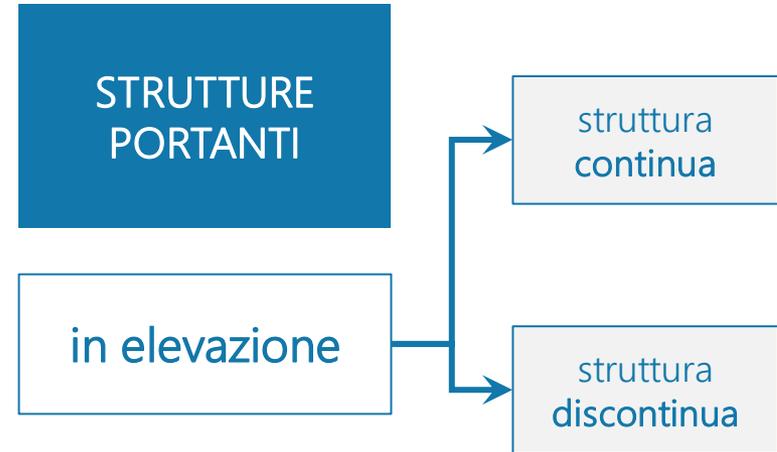
CLASSE UNITA TECNOLOGICA	UNITA TECNOLOGICA	CLASSE DI ELEMENTI TECNICO	SCHEMA FUNZIONALE	ELEMENTO TECNICO
<div style="background-color: #800000; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Strutture portanti</div>	<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; text-align: center;">Strutture di fondazione</div>	<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">Fondazioni dirette</div>	Puntuali	Plinto
			Lineari	Trave rovescia
			Piane	Platea
		<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">Fondazioni indirette</div>	Puntuali	Plinto su palo
			Lineari	Trave su pali
			Piane	Platea su pali
<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; text-align: center;">Strutture in elevazione</div>	<div style="border: 2px dashed blue; padding: 5px;"> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">Strutture verticali</div> </div>	Lineari	Pilastro	
			Scatolari	Muro / Setto
		<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">Strutture orizzontali</div>	Lineari	Trave
			Scatolari	Solaio / Impalcato
	<div style="background-color: #cccccc; padding: 5px;">Strutture inclinate</div>	Lineari	Trave	
		Scatolari	Soletta	

Strutture in elevazione

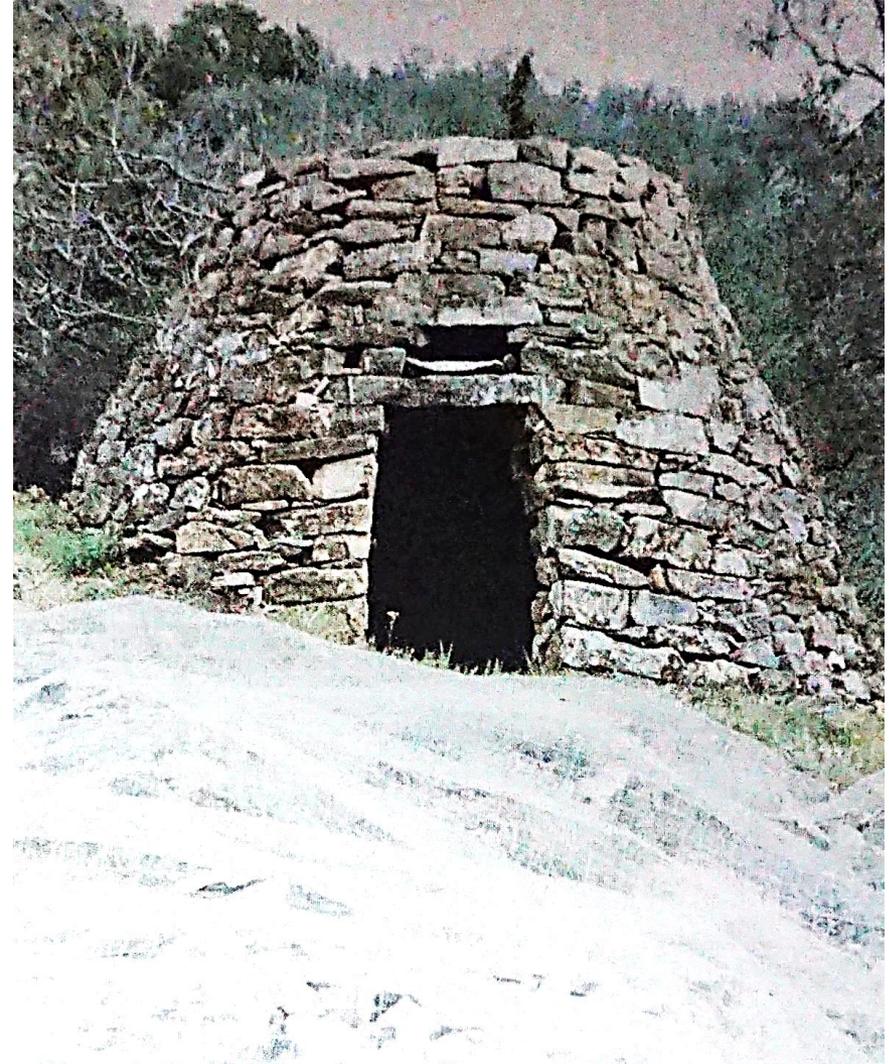
Le **strutture in elevazione** sono costituite dall'insieme degli elementi costruttivi che assicurano la stabilità dell'insieme con la **capacità di resistenza a carichi ed azioni esterne**, e **trasferendone** gli effetti al **sistema di fondazione**.

Le strutture, in altre parole, hanno lo scopo finale di delimitare le unità spaziali che compongono l'oggetto edilizio:

- **confinandole** direttamente;
- **supportando** gli elementi di **chiusura**, che risultano dunque **portati**.



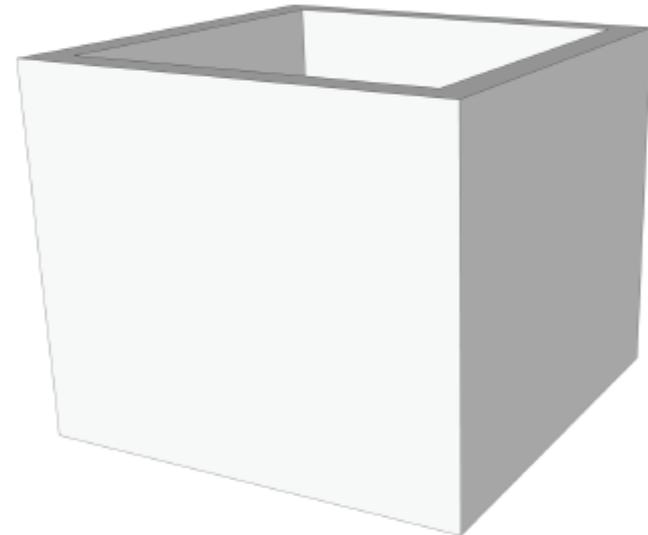
Strutture in elevazione: schemi funzionali



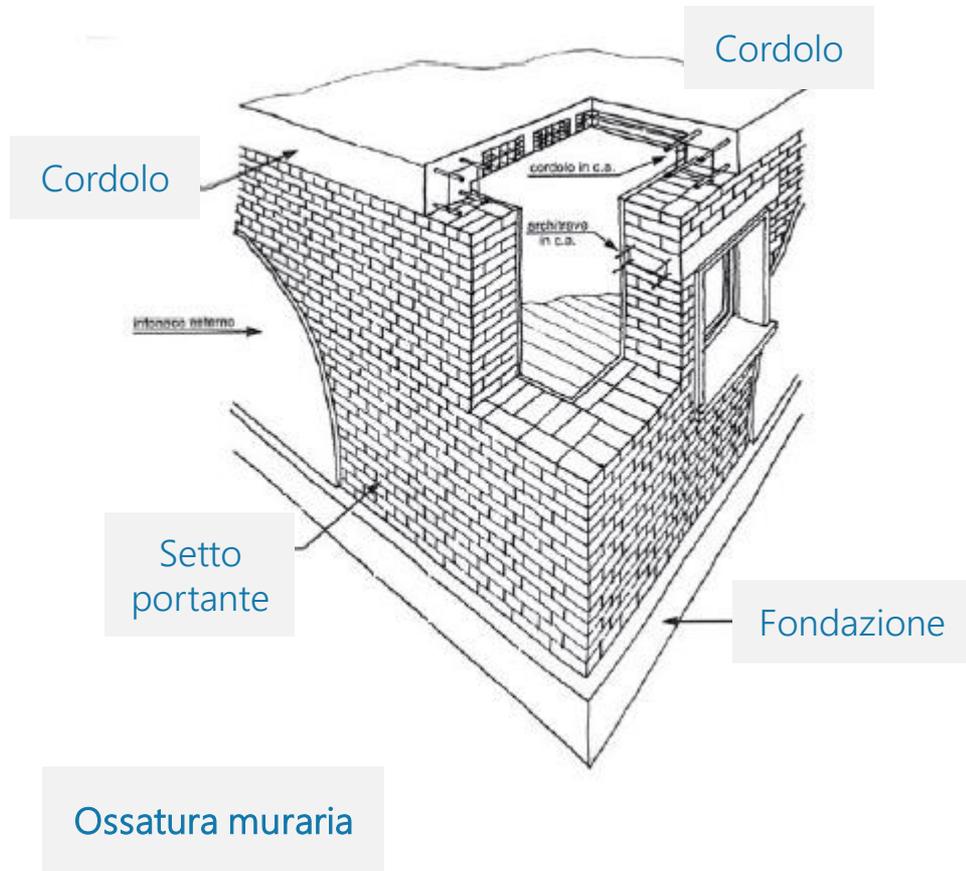
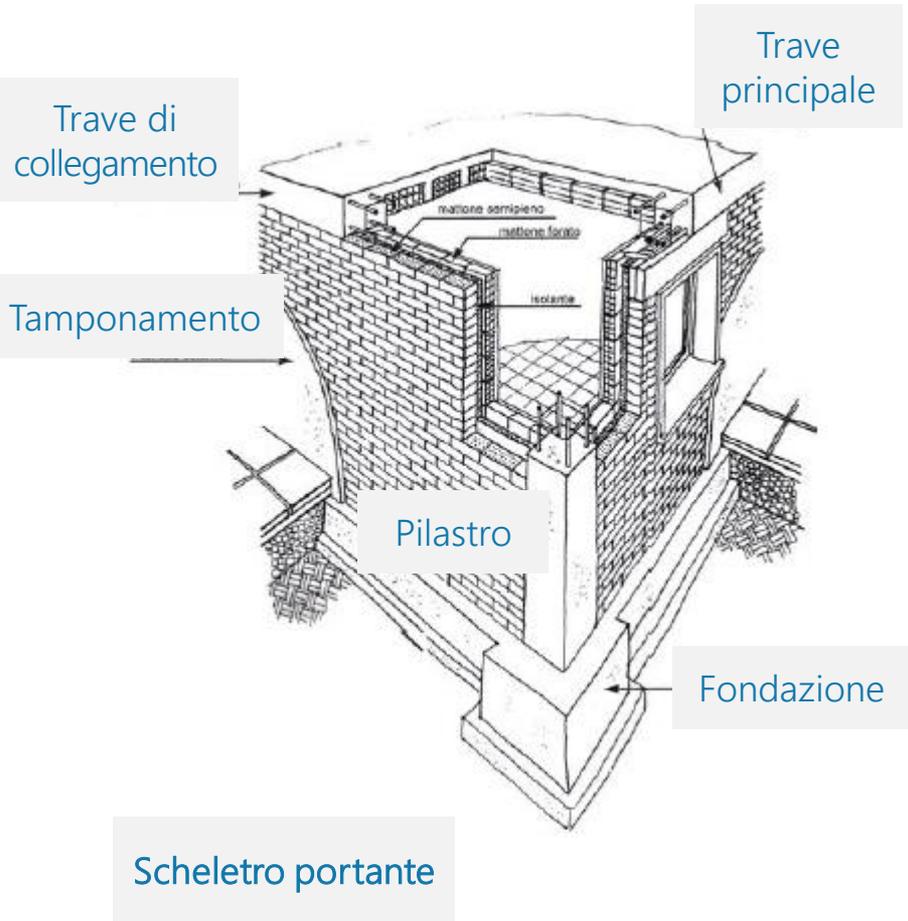
Parte resistente principale



Struttura discontinua
Scheletro portante
Schema funzionale lineare



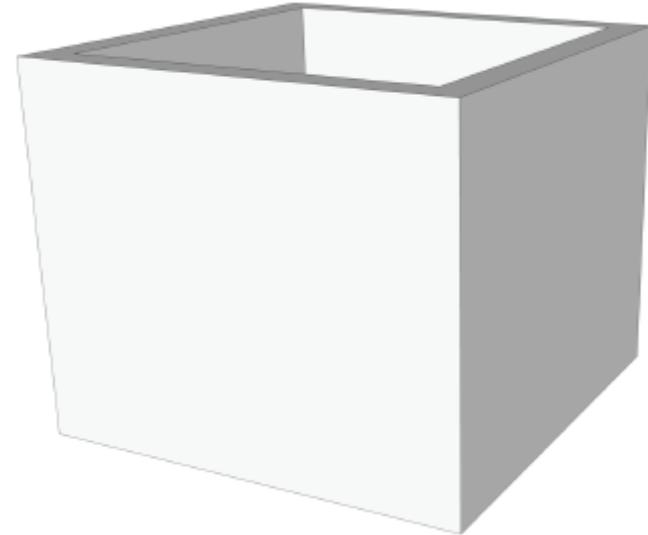
Struttura continua
Ossatura muraria
Schema funzionale scatolare



Gerarchia degli elementi di fabbrica



Distinzione rispetto alla chiusura perimetrale
Specializzazione funzionale dei componenti lineari
Sistema monofunzione



Sovrapposizione con la chiusura perimetrale
Specializzazione dei componenti bidimensionali
Sistema plurifunzione



Schema funzionale
LINEARE

Lo schema funzionale **lineare** si riferisce all'uso di elementi tecnici **monodimensionali** o lineari, nelle quali prevale cioè una dimensione rispetto alle altre due, completato da elementi tecnici orizzontali.

La struttura a telaio lavora prevalentemente a compressione, flessione e taglio, ed è costituita da:

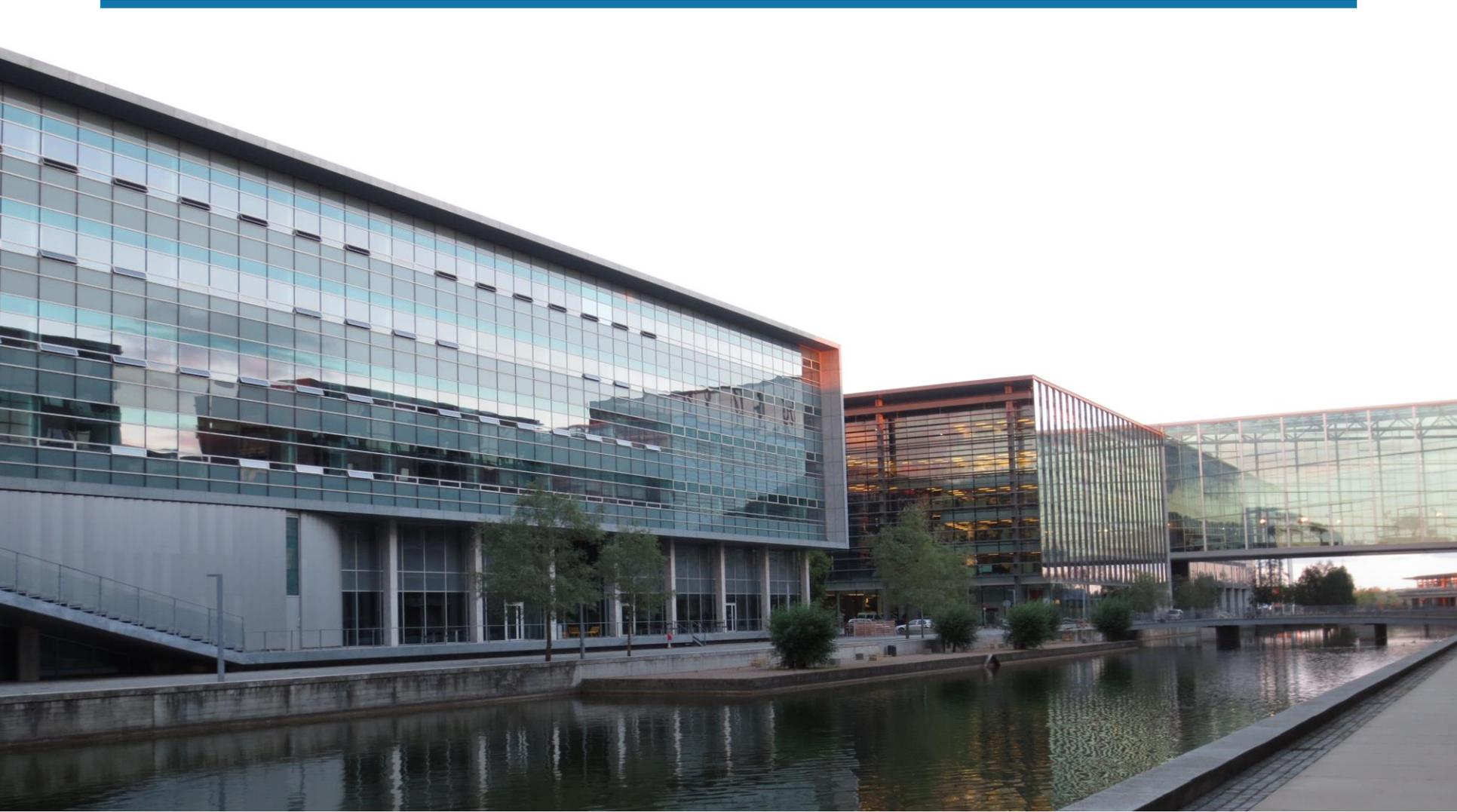
- Travi (principali e secondarie);
- Pilastrì;
- Solai (o impalcati).

È necessario evidenziare come una struttura a telaio abbia la precisa funzione di garantire la sicurezza statica dell'organismo edilizio, ma non sia in grado di fornire altre prestazioni, per cui deve essere **integrata** dalle chiusure verticali, di base e di copertura.

Strutture portanti.

Strutture in elevazione: schema lineare

13



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE

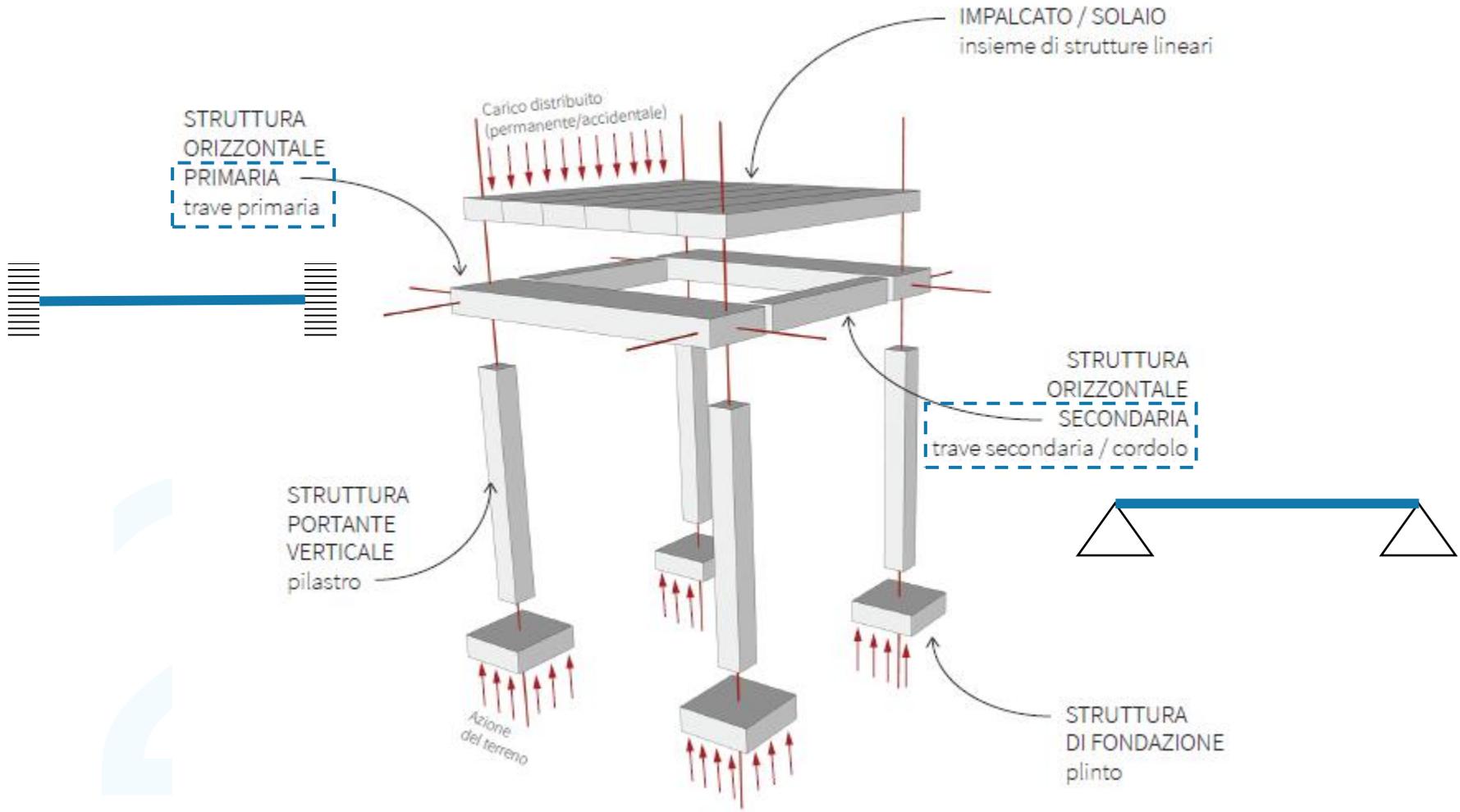


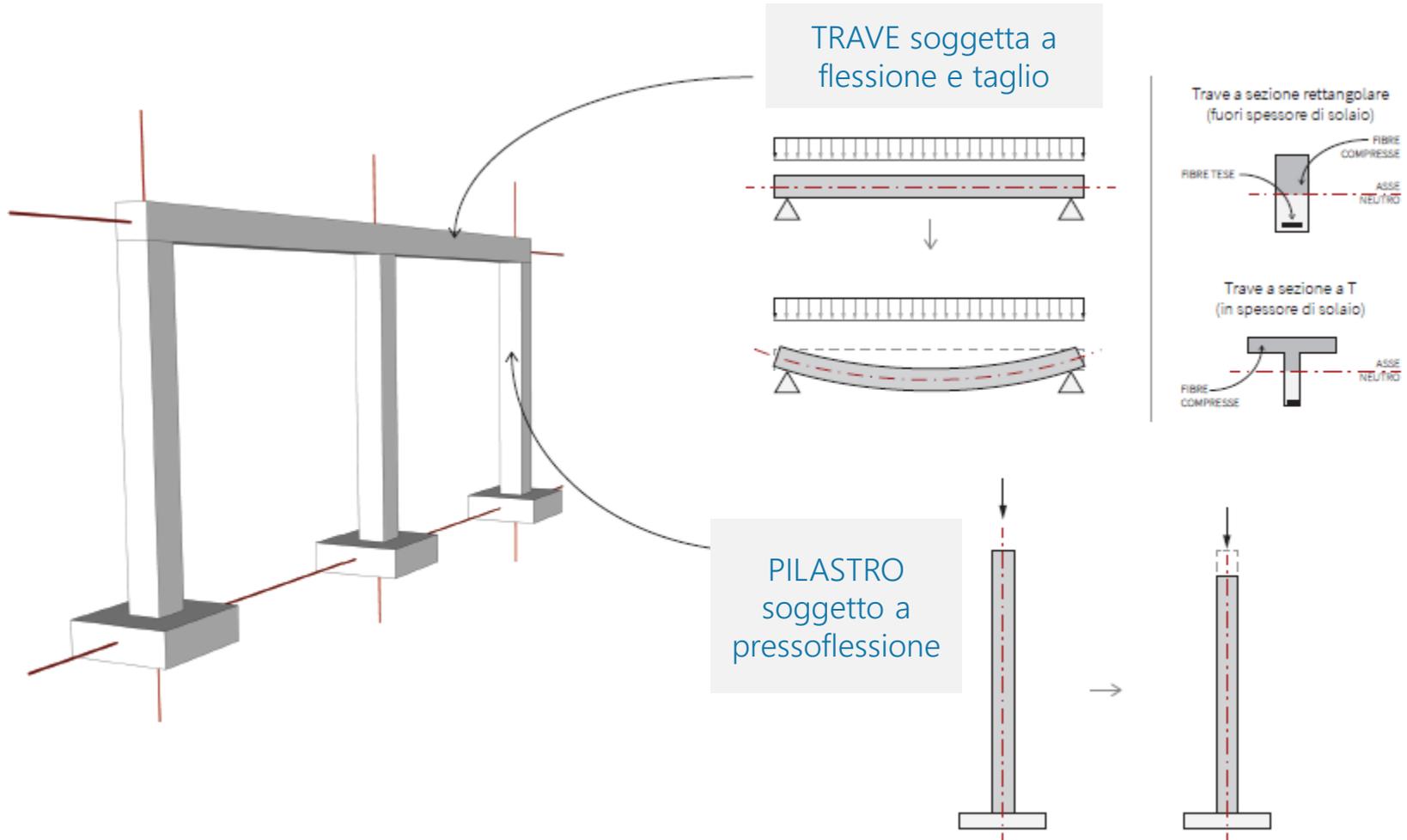
Carlo Antonio Stival
Metodi e Strumenti di Progettazione Tecnologica

2









Strutture in elevazione: schema lineare

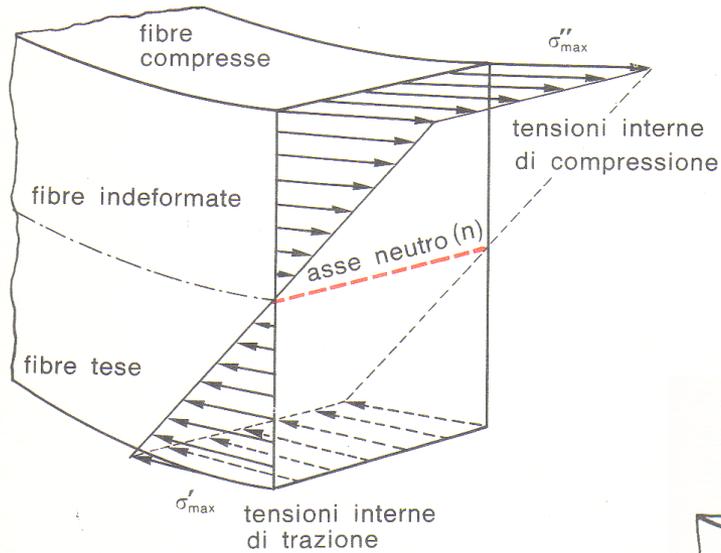
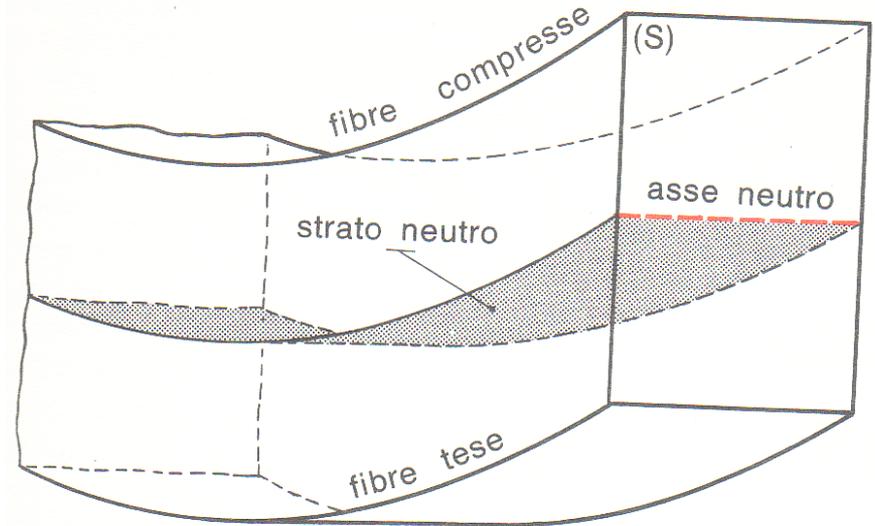
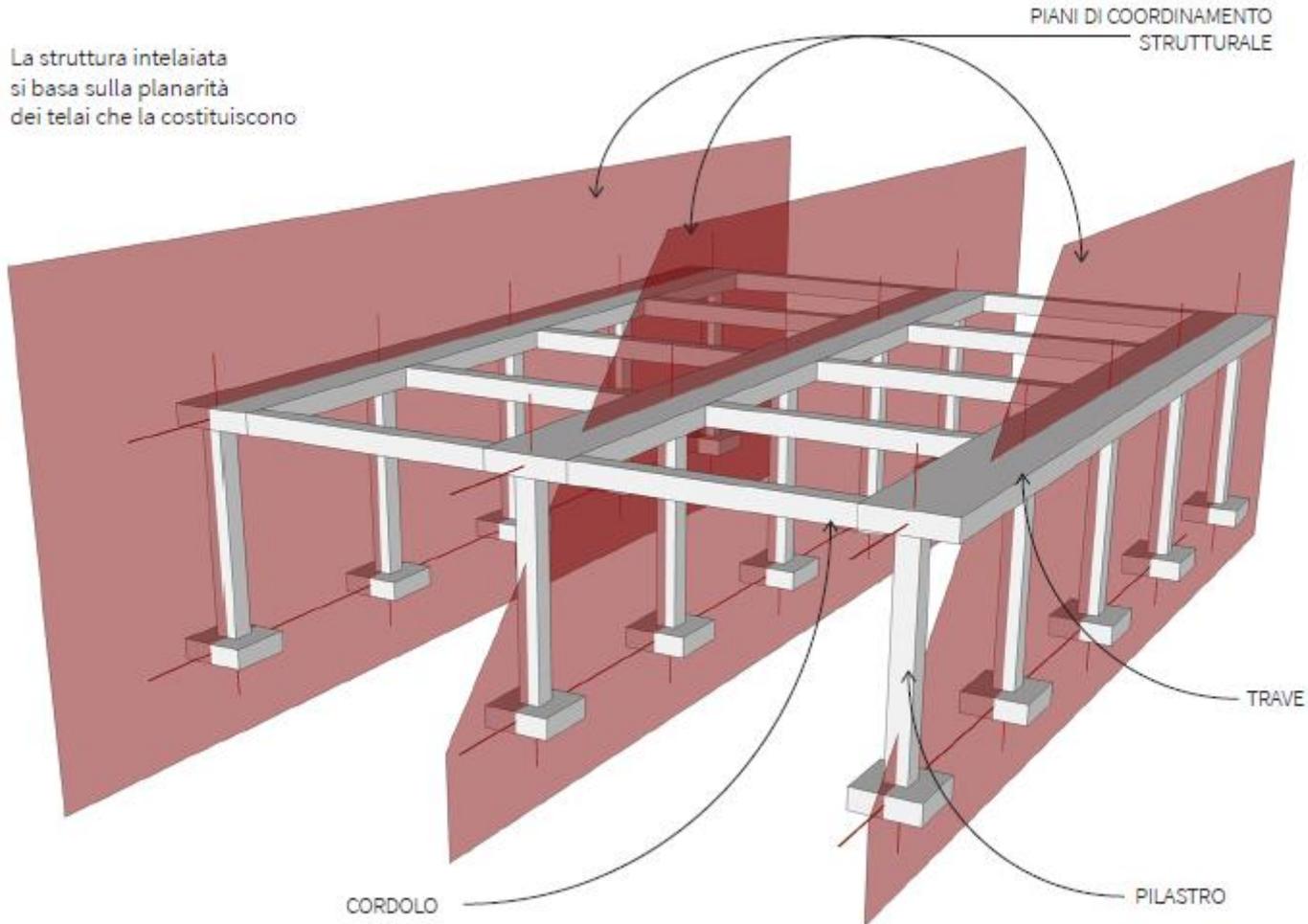


Diagramma «a farfalla» delle tensioni in una trave inflessa

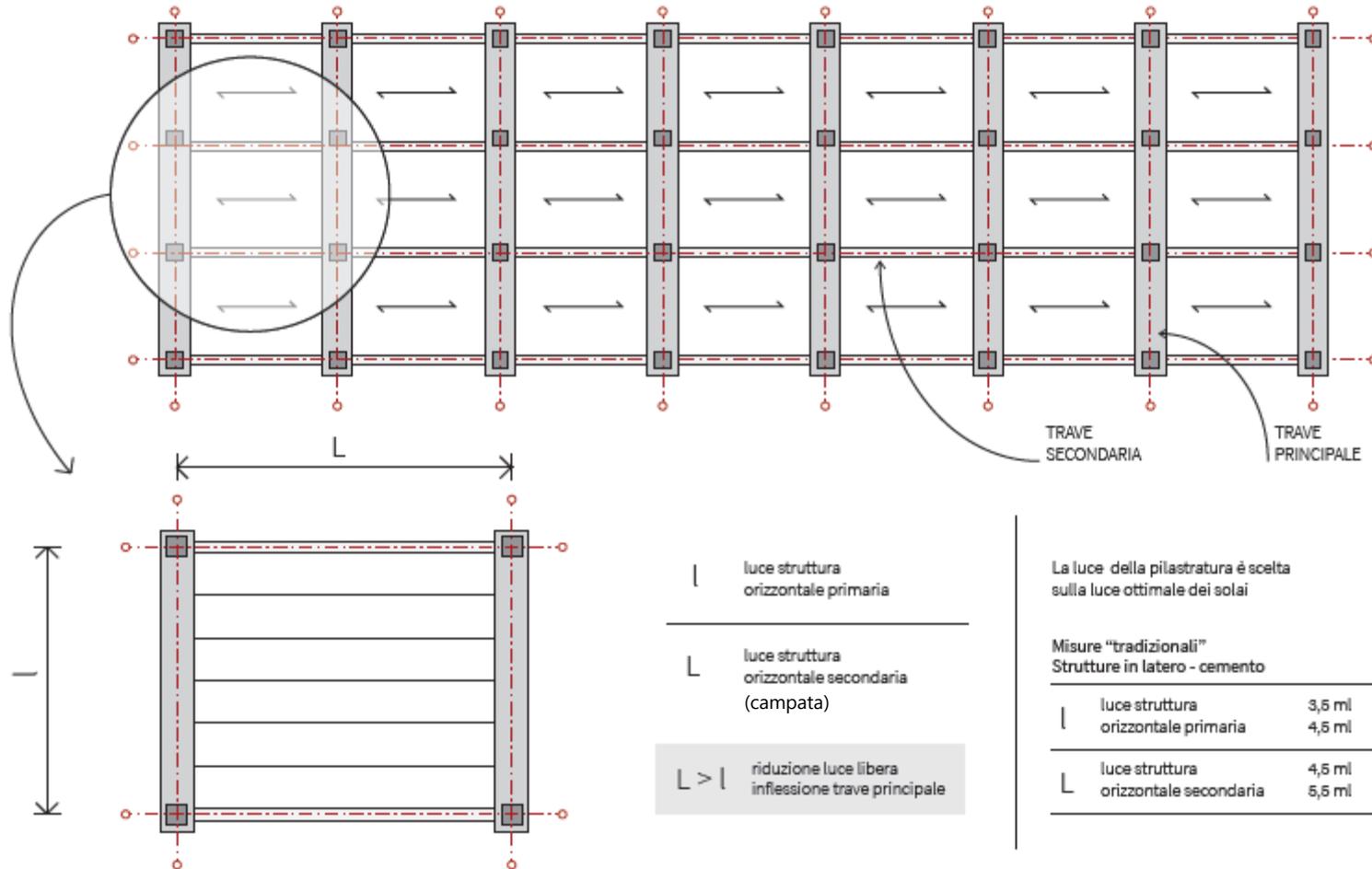
Posizione dell'asse neutro nelle sezioni di una trave inflessa

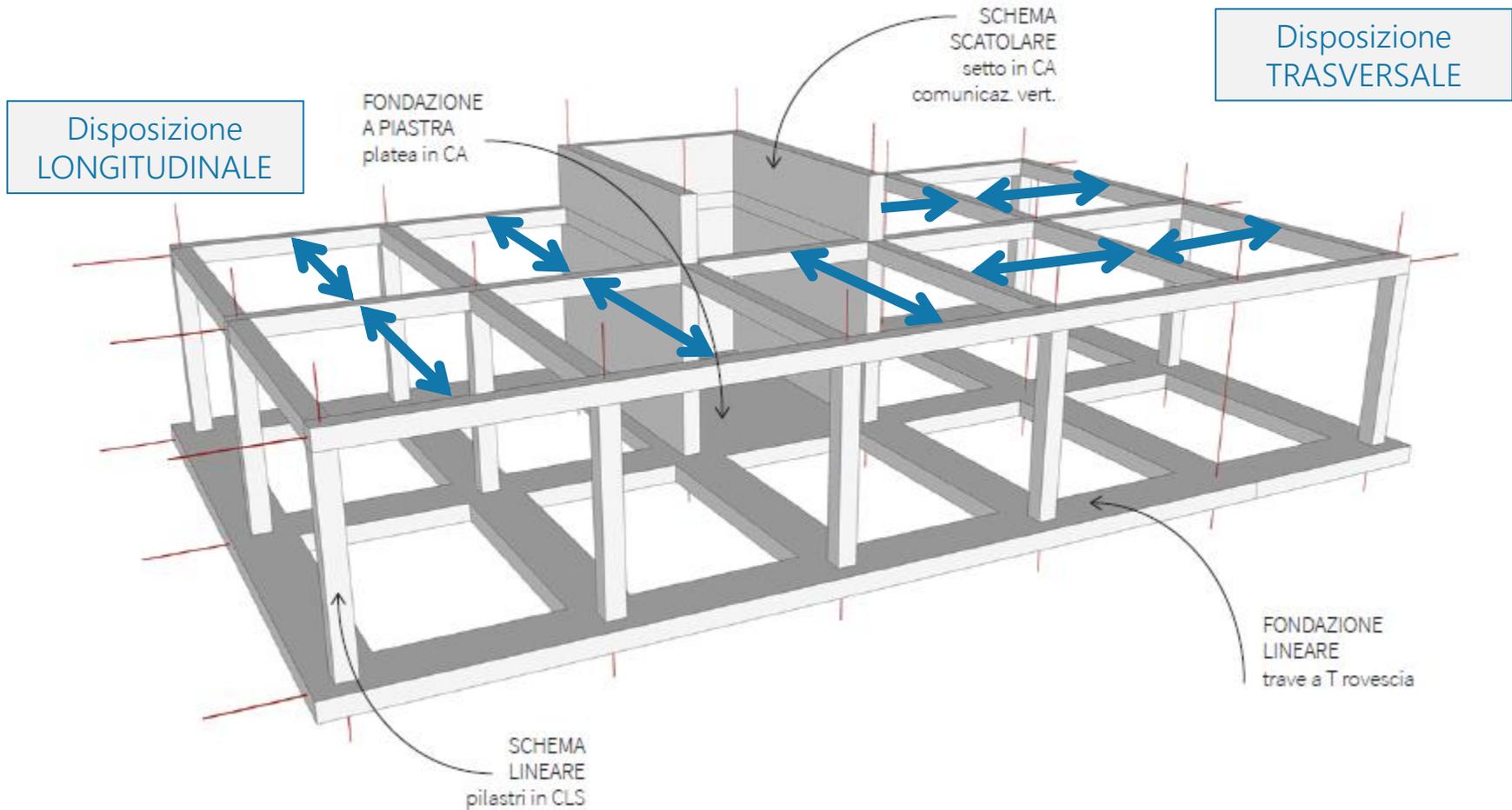


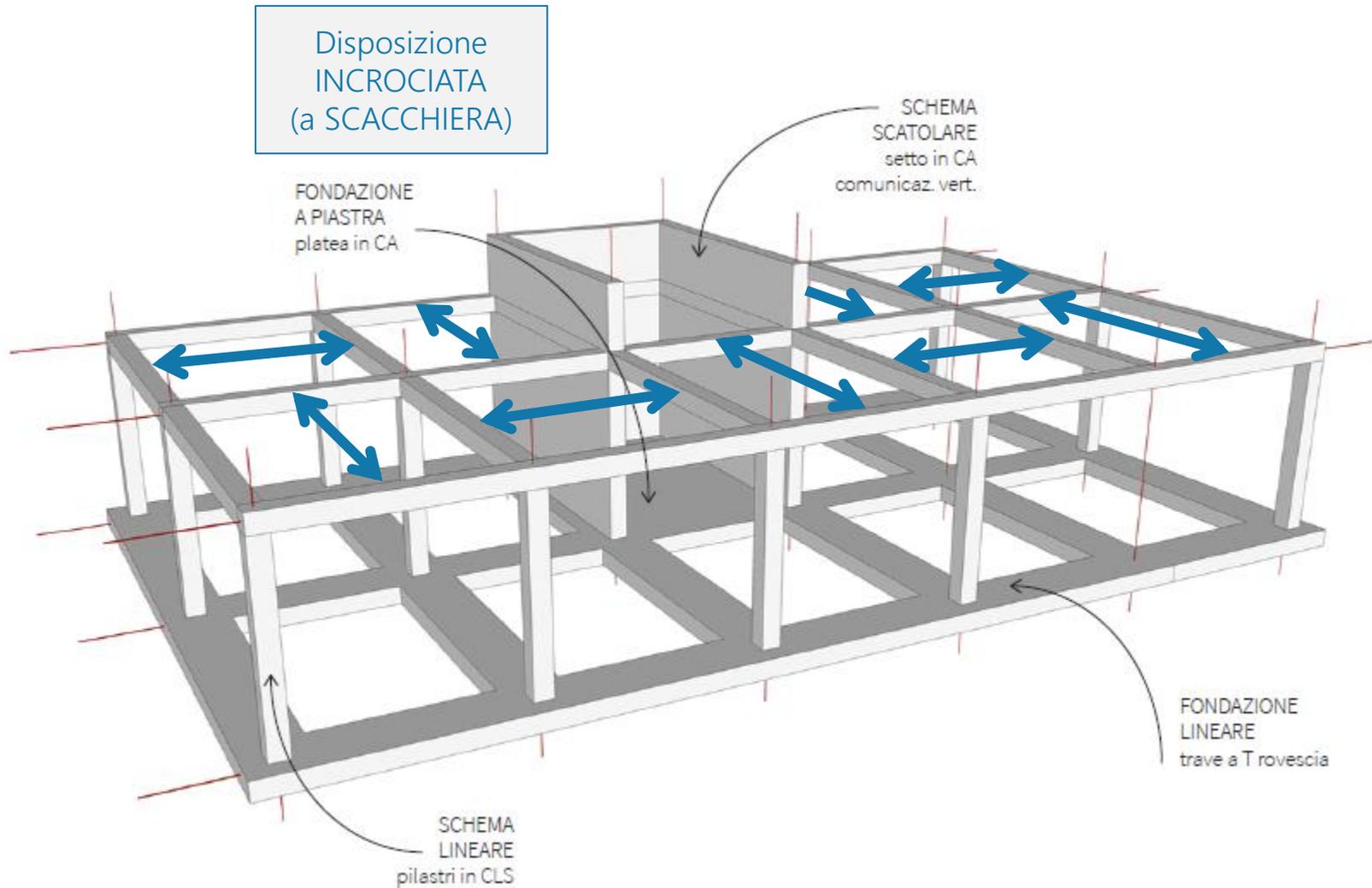
La struttura intelaiata si basa sulla planarità dei telai che la costituiscono



Strutture in elevazione: schema lineare



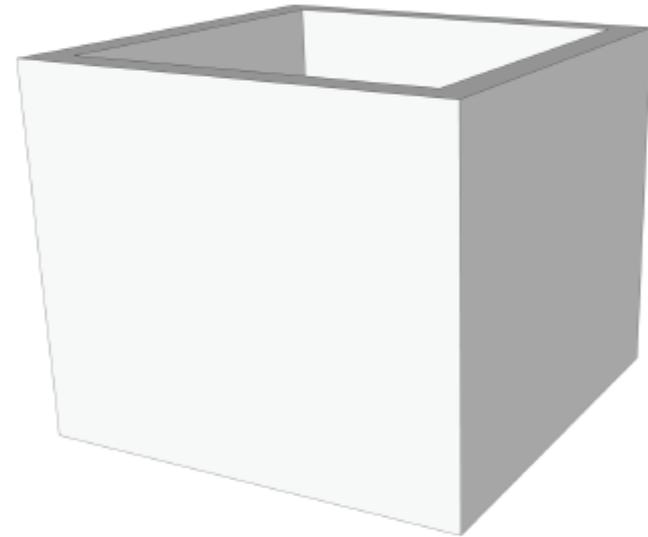




Lo schema funzionale **scatolare** si riferisce all'uso di **elementi tecnici bidimensionali** o piani, completato da elementi tecnici orizzontali.

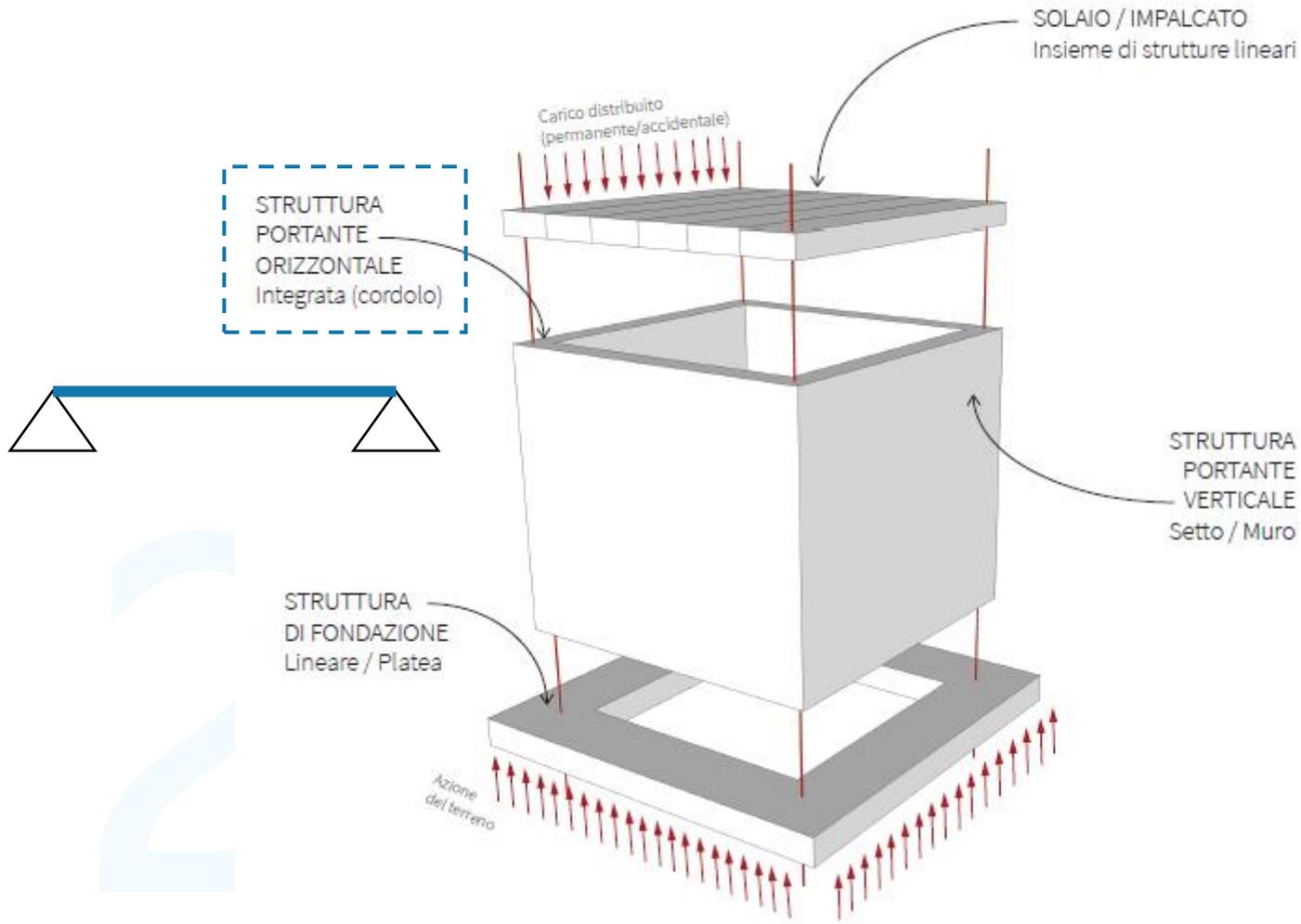
La struttura scatolare lavora prevalentemente a compressione e taglio, ed è costituita da:

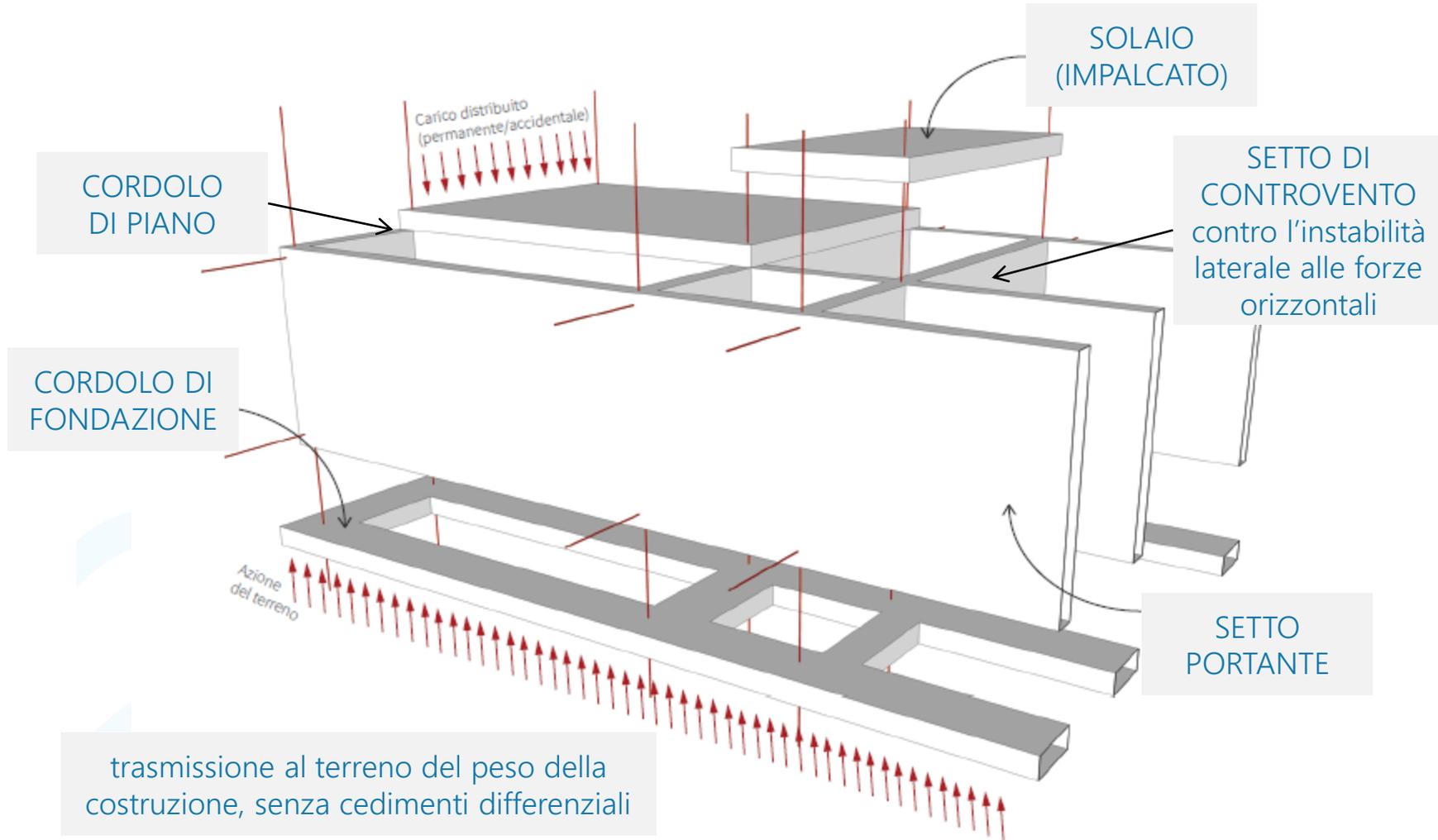
- Setti;
- Solai (o impalcati).



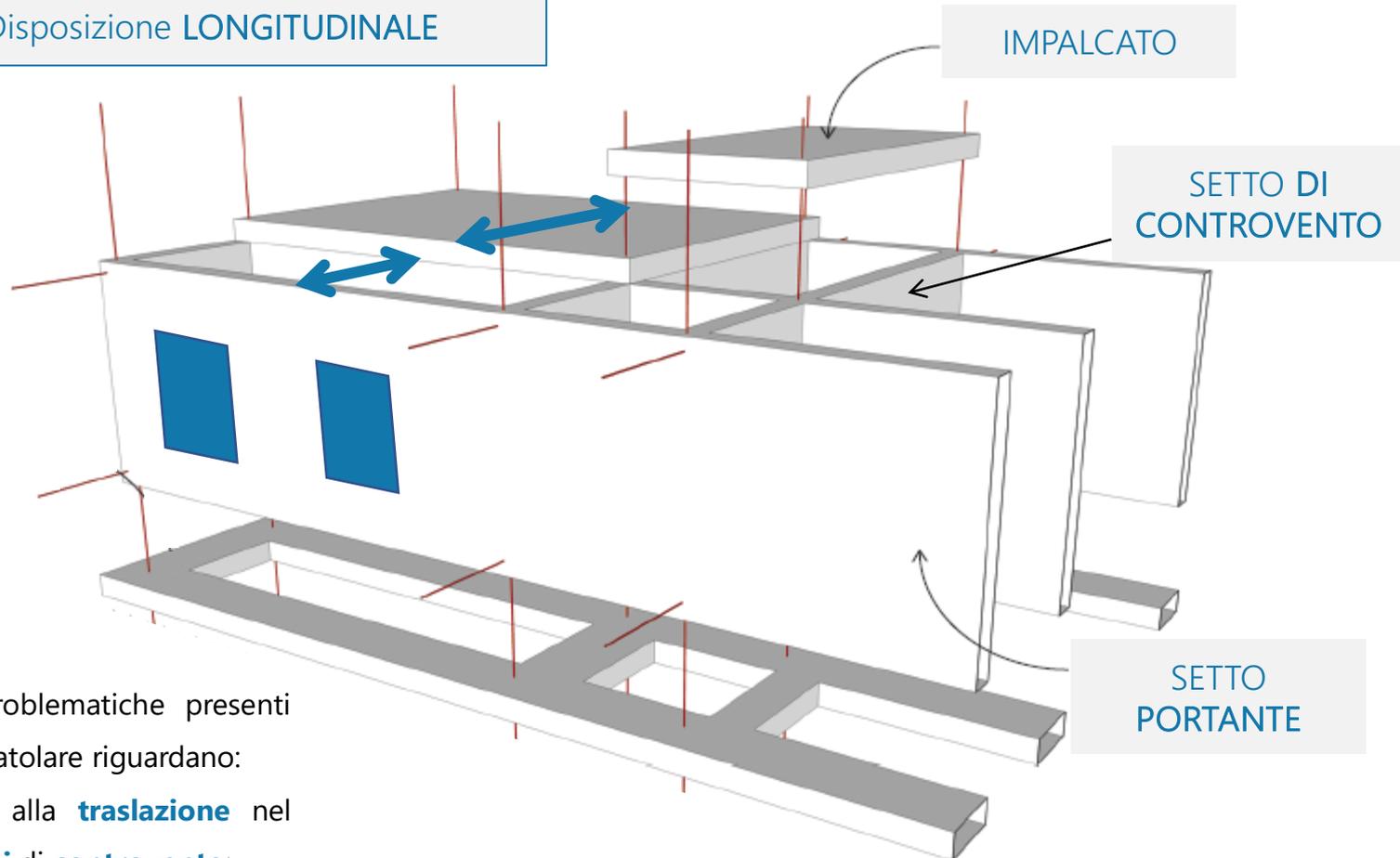
Schema funzionale
SCATOLARE







Disposizione LONGITUDINALE

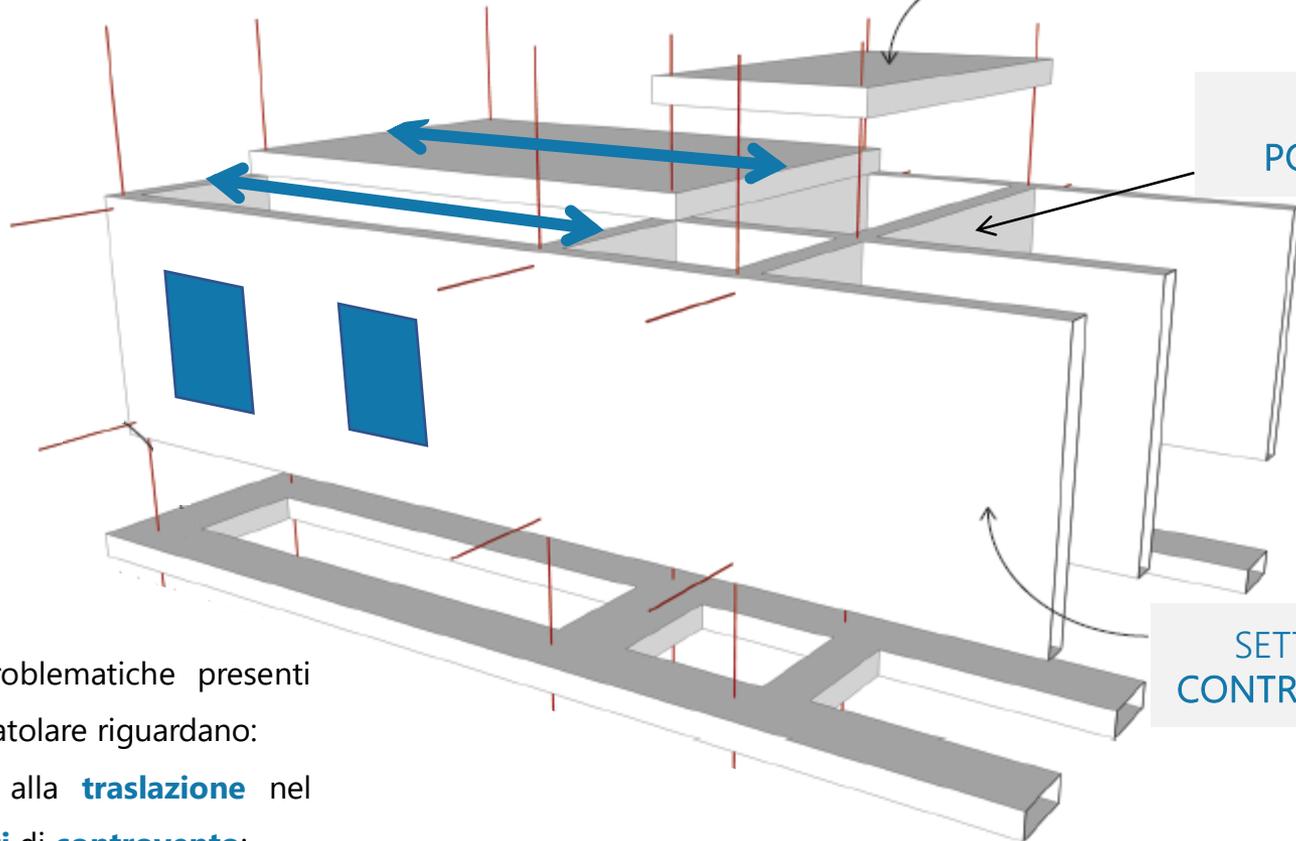


Le principali problematiche presenti nello schema scatolare riguardano:

- la **rigidezza** alla **traslazione** nel piano dei **setti di controvento**;
- l'inserimento di **fori** nei setti;
- le **connessioni** tra setti ortogonali.

Disposizione TRASVERSALE

IMPALCATO

SETTO
PORTANTESETTO DI
CONTROVENTO

Le principali problematiche presenti nello schema scatolare riguardano:

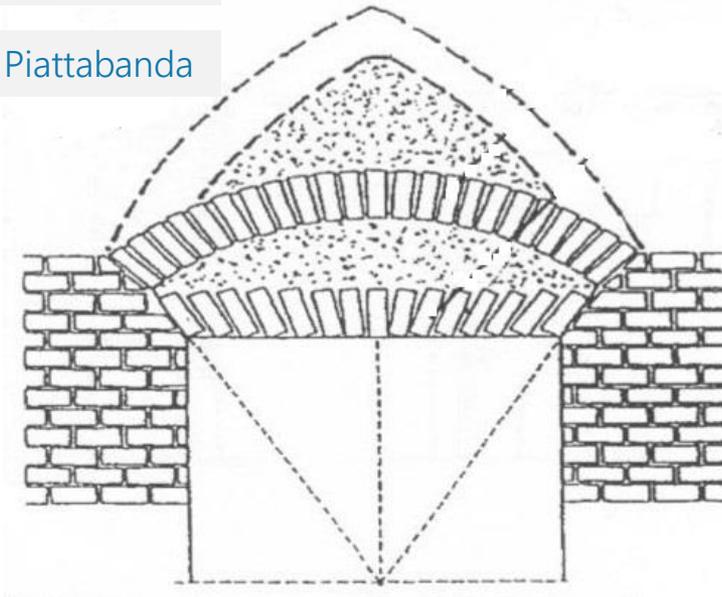
- la **rigidezza** alla **traslazione** nel piano dei **setti di controvento**;
- l'inserimento di **fori** nei setti;
- le **connessioni** tra setti ortogonali.

Ripristino della CONTINUITÀ

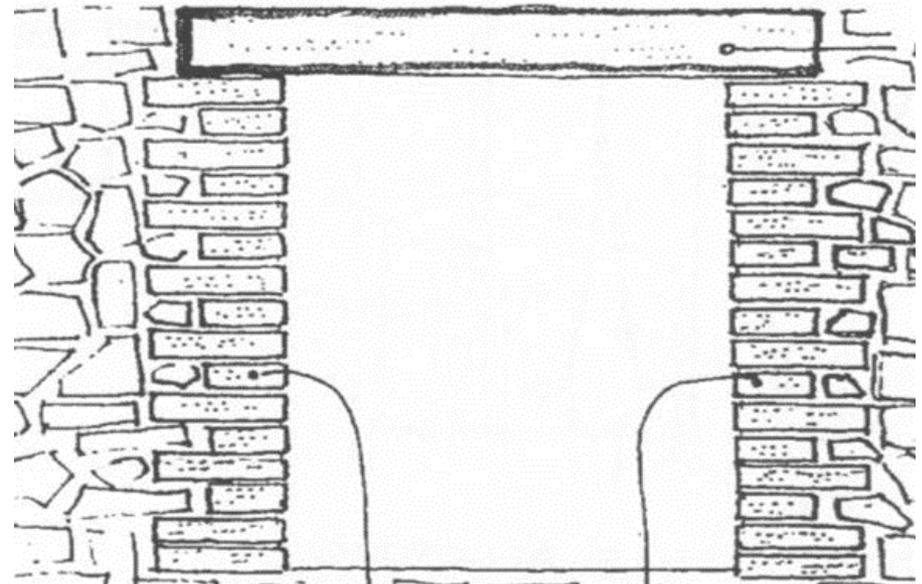
Arco di sordina

Arco

Piattabanda

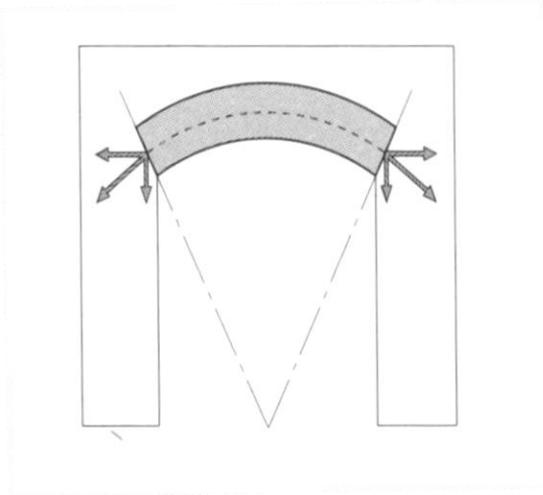


Architrave

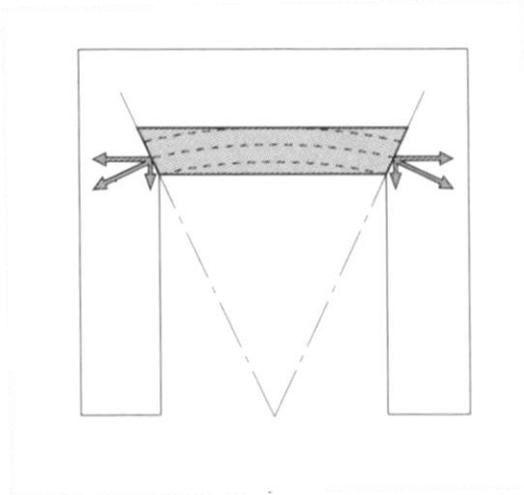


Ripristino della CONTINUITÀ

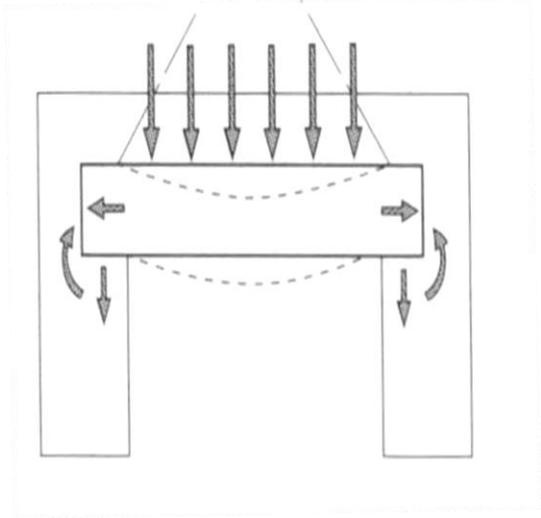
Arco

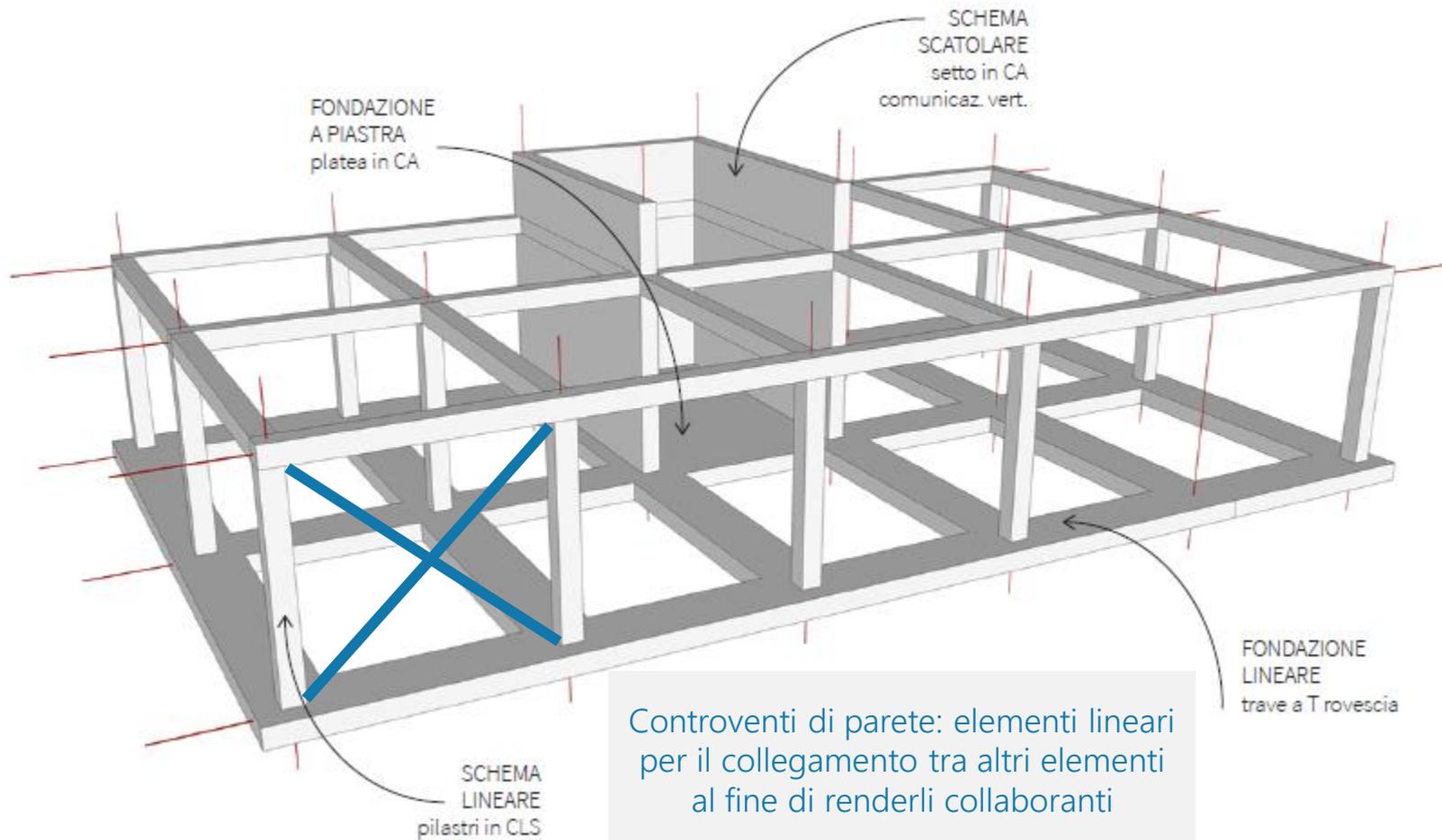


Piattabanda



Architrave



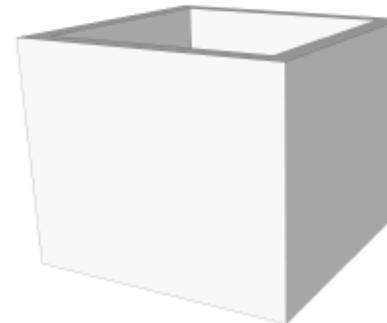




La scelta dello schema funzionale corrisponde alla concezione del sistema spaziale. La scelta progettuale è determinata da:

- Organizzazione funzionale e fruibilità;
- Aspetti economici e gestionali;
- Percezione;
- Tipologia edilizia;
- Integrabilità ed attrezzabilità impiantistica.

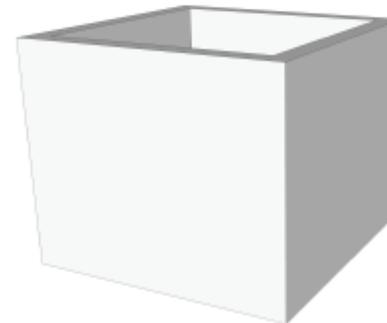
Lo **schema lineare** scinde la funzione portante da quelle pertinenti alla «**pelle**» dell'edificio (**rivestimento**, **separazione** dall'ambiente esterno); è così possibile prevedere **piante** e **prospetti liberi** e presentando un'attitudine ad essere **modificabile** e **adattabile** alla variazione delle esigenze dell'utenza (o alla variazione dell'utenza stessa).



Lo **schema scatolare**, d'altro canto, affida la funzione portante ad un sistema di **elementi bidimensionali**, più **rigido** grazie alla sua **massa**.

Se la **funzione portante** risulta **associata** (nelle chiusure verticali) alla funzione di **controllo** del **comfort ambientale** legata alla separazione con l'ambiente esterno, nel sistema scatolare la **pianta** risulta più **rigida**, con **aperture allineate** sui diversi piani per assicurare un adeguato trasferimento dei carichi al sistema di fondazione.

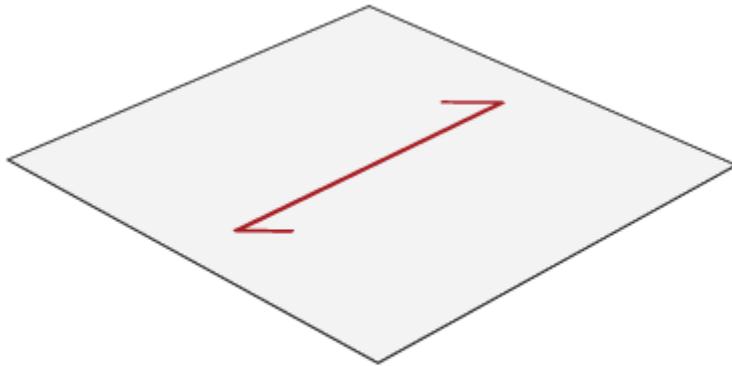
Lo schema funzionale scatolare, se rapportato a quello lineare, risulta quindi caratterizzato da una **minore flessibilità**.





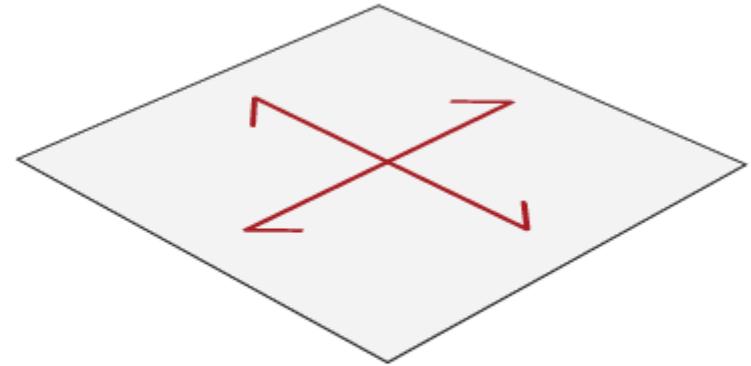
Strutture in elevazione

CLASSE UNITA TECNOLOGICA	UNITA TECNOLOGICA	CLASSE DI ELEMENTI TECNICO	SCHEMA FUNZIONALE	ELEMENTO TECNICO
Strutture portanti	Strutture di fondazione	Fondazioni dirette	Puntuali	Plinto
			Lineari	Trave rovescia
			Piane	Platea
		Fondazioni indirette	Puntuali	Plinto su palo
			Lineari	Trave su pali
			Piane	Platea su pali
Strutture in elevazione	Strutture verticali	Strutture orizzontali	Lineari	Pilastro
			Scatolari	Muro / Setto
		Strutture inclinate	Lineari	Trave
			Scatolari	Solaio / Impalcato
		Strutture inclinate	Lineari	Trave
			Scatolari	Soletta



Schema funzionale

MONO DIMENSIONALE

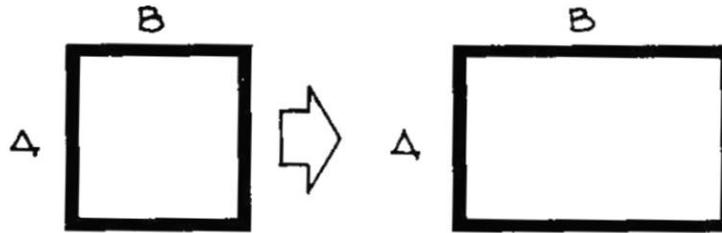


Schema funzionale

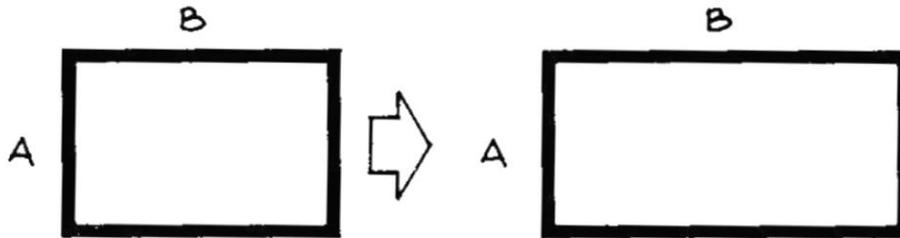
BI DIMENSIONALE

La trasmissione dei carichi avviene secondo **una direzione** sulle strutture in elevazione (o sui piani di coordinamento che le contengono) ortogonali a tale direzione.

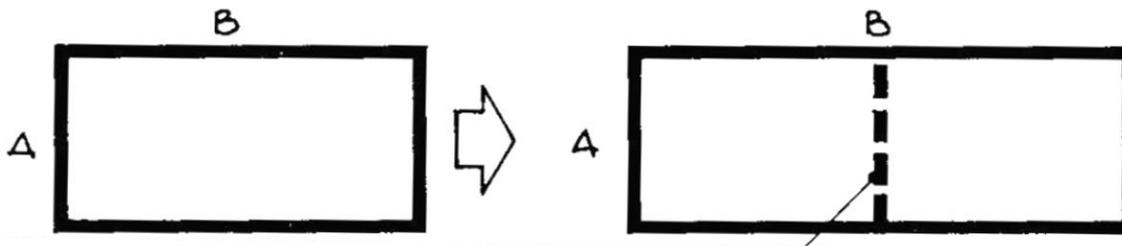
La trasmissione dei carichi avviene secondo **due direzioni**, in base a griglie di travi o nervature di piastra. Lo schema funzionale influenza la dimensione della luce che è possibile coprire con l'impalcato.



per $A/B < 2/3$
tessitura monodirezionale
o incrociata (bidirezionale)



per $2/3 < A/B < 1/2$
tessitura monodirezionale



per $A/B < 1/2$
tessitura monodirezionale
con possibile partizionamento

2.3

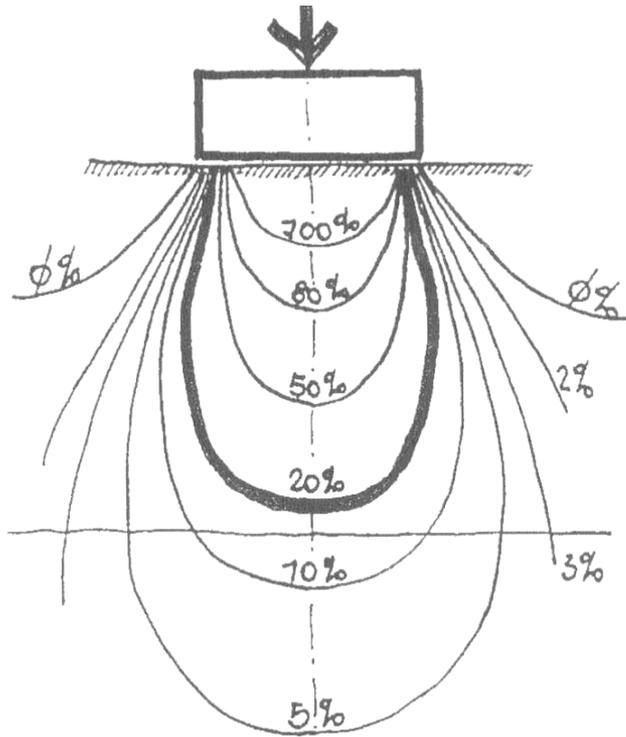
Strutture di fondazione

Strutture di fondazione

CLASSE UNITA TECNOLOGICA	UNITA TECNOLOGICA	CLASSE DI ELEMENTI TECNICO	SCHEMA FUNZIONALE	ELEMENTO TECNICO
Strutture portanti	Strutture di fondazione	Fondazioni dirette	Puntuali	Plinto
			Lineari	Trave rovescia
			Piane	Platea
		Fondazioni indirette	Puntuali	Plinto su palo
			Lineari	Trave su pali
			Piane	Platea su pali
	Strutture in elevazione	Strutture verticali	Lineari	Pilastro
			Scatolari	Muro / Setto
		Strutture orizzontali	Lineari	Trave
			Scatolari	Solaio / Impalcato
Strutture inclinate		Lineari	Trave	
		Scatolari	Soletta	

ELEMENTI TECNICI DI FONDAZIONE

Terreno

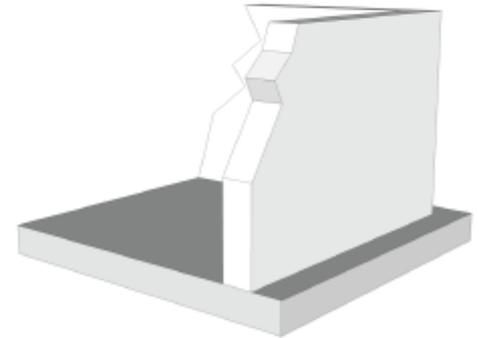
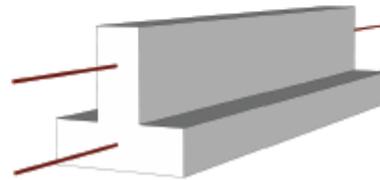
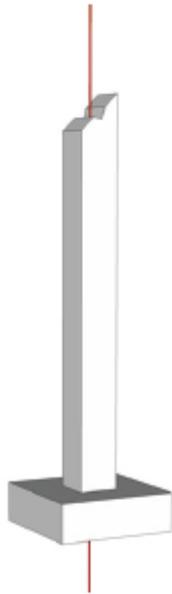


L'unità tecnologica di fondazione espleta la funzione di trasmissione dei carichi dell'edificio (peso, carichi permanenti, carichi variabili) al terreno sottostante, che deve essere in grado di equilibrarli.

Il **terreno** è un materiale **anelastico** e **anisotropo** (composito), la cui **resistenza a compressione** può variare di oltre un ordine di grandezza:

- terreni **sabbiosi** / **argillosi** offrono una capacità di resistenza pari a 0,1-0,2 N/mm²;
- terreni **rocciosi**, o ghiaiosi compatti, arrivano a 1,6-2,0 N/mm².

La pressione esercitata sul terreno, peraltro, genera deformazioni di diverso tipo in base alla posizione rispetto al bulbo descritto dalle isobare: al suo interno, le deformazioni possono anche essere plastiche e comportare il **cedimento** del terreno stesso.

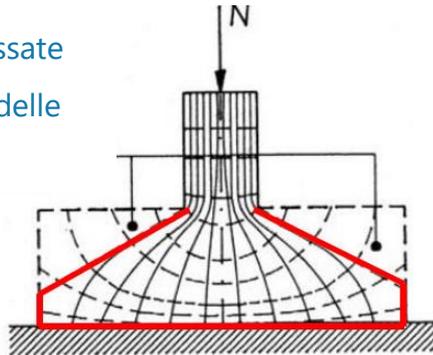


SCHEMA FUNZIONALE	PUNTUALE	LINEARE	PIASTRA
ELEMENTO TECNICO	Plinto	Trave a T rovescia	Platea
CARATT. TERRENO	Roccioso Ghiaioso	Ghiaioso Sabbioso	Sabbioso Argilloso

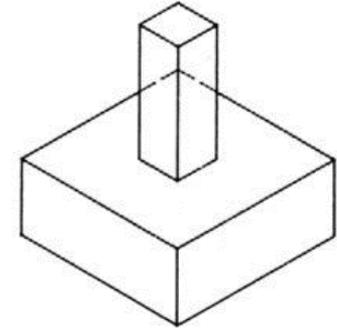
Strutture di fondazione: plinti

La capacità di resistenza offerta dal **plinto** dipende notevolmente dalla sua geometria e, in particolare, dalla sua **altezza**. Il rapporto dimensionale tra l'altezza e il lato del plinto determina anche la sua capacità di resistere al fenomeno locale del **punzonamento**.

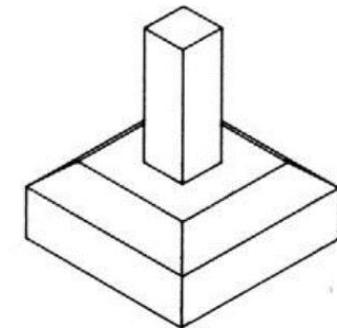
Porzioni non interessate dalla distribuzione delle tensioni al terreno



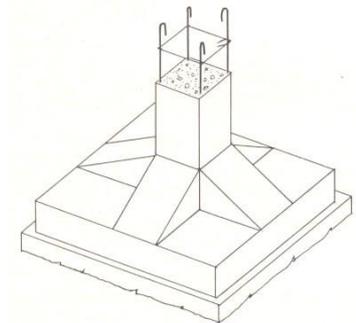
parallelepipedo



a tronco di piramide



nervato

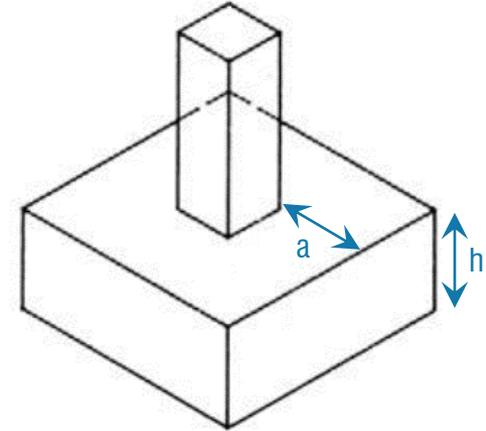


Strutture di fondazione: plinti

Se $a/h > 4$, si parla di **plinto snello**: questo lavora come una piastra.

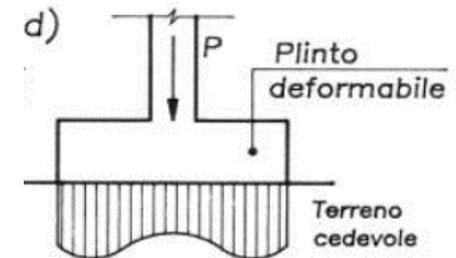
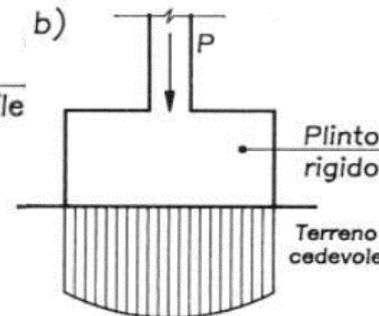
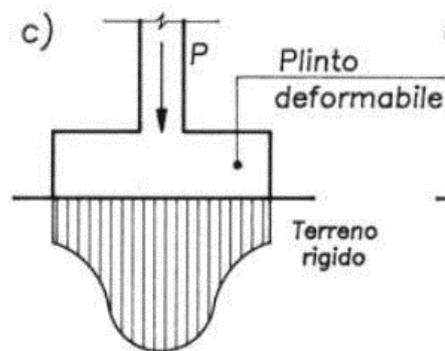
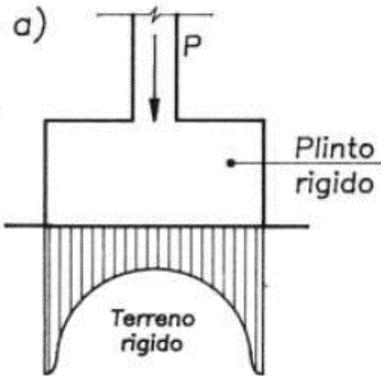
Se $0,5 < a/h < 4$, il plinto è di **media snellezza**: si progetta come una trave.

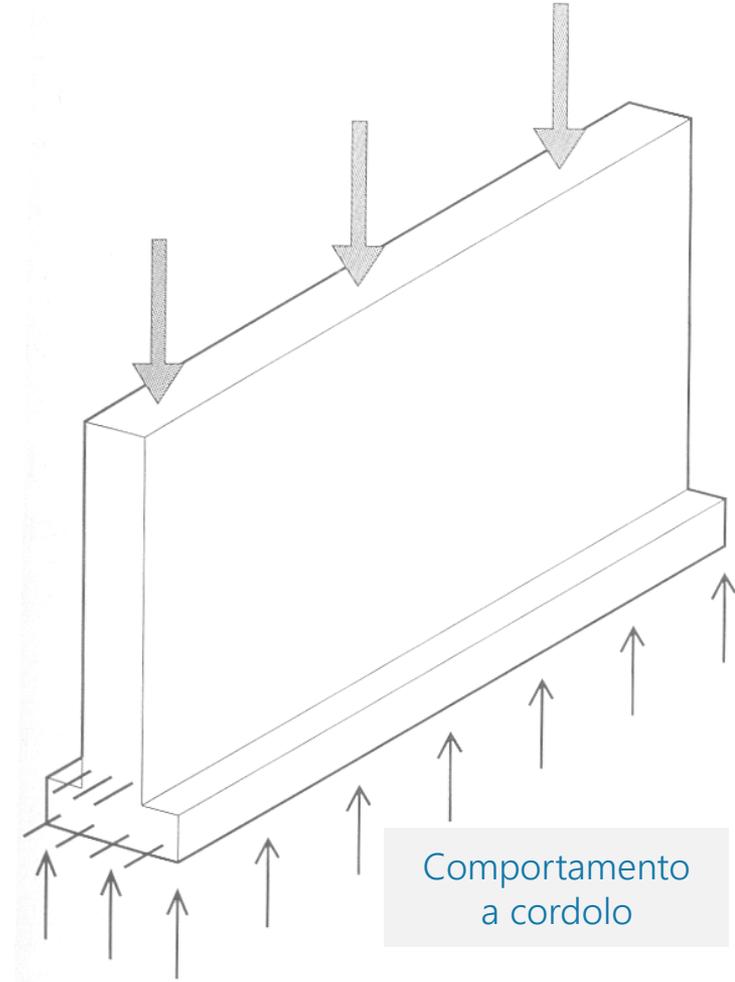
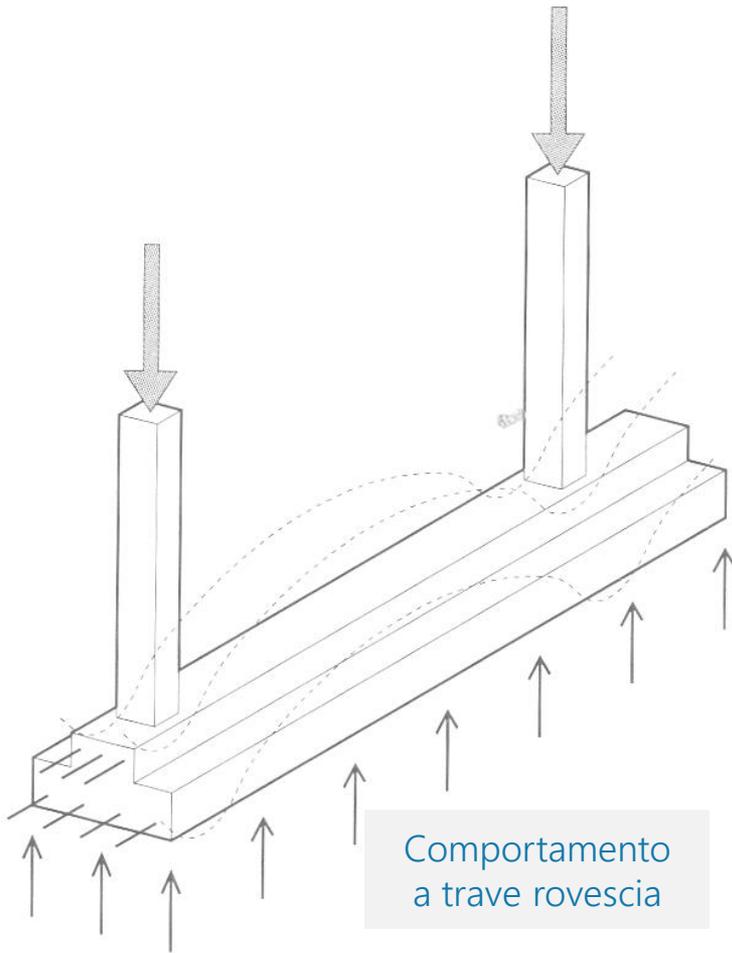
Se $a/h < 0,5$, il plinto è **tozzo** e presenta un'elevata rigidità.



Terreni rigidi

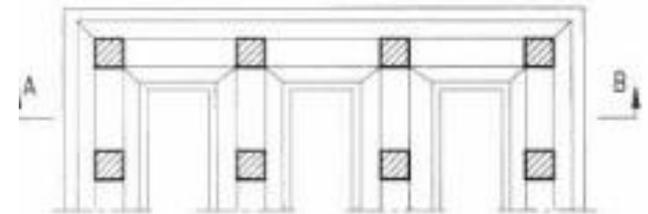
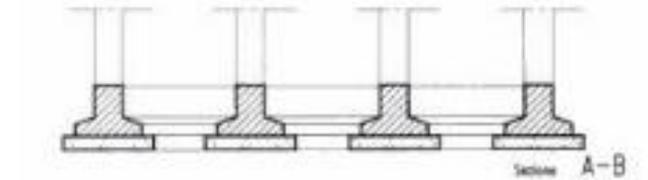
Terreni deformabili



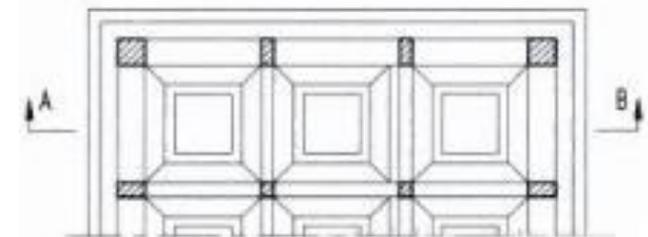
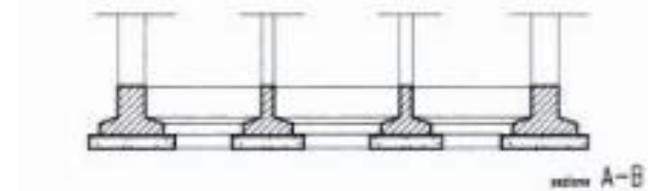




Travi rovesce
monodirezionali



Travi rovesce
bidirezionali
(per carichi,
o luci elevate)





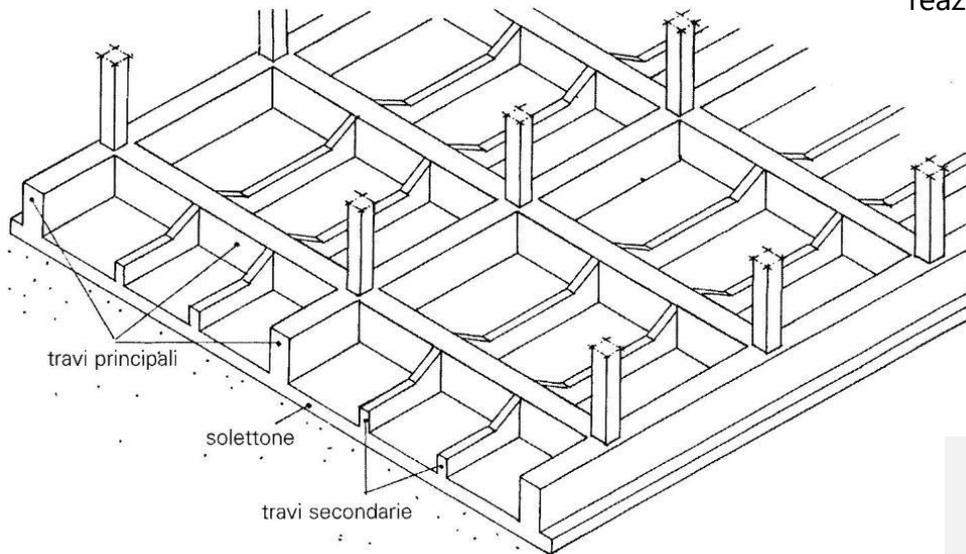
Strutture di fondazione: platee

Le fondazioni a **platea**, mediante un elemento rigido bidimensionale (platea di fondazione), trasmettono al terreno i carichi dell'edificio sfruttando una **maggiore superficie** di **scarico** (su terreni aventi modeste caratteristiche meccaniche).

Presentano un notevole vantaggio: risultano **inibiti** i **cedimenti differenziali** tra parti diverse della struttura.

La platea di fondazione è composta da:

- travi **principali**, ad unire il piede dei pilastri, sviluppate prevalentemente in altezza per ottenere un'elevata rigidezza;
- travi **secondarie**, con passo minore rispetto alle principali, necessarie per ridurre la luce libera delle solette e contenerne spessore e armatura;
- **solette** incastrate alle travi (solai rovesci, caricati dalla reazione del terreno).



Fondazione a platea con travi principali a maglia chiusa e travi secondarie parallele



Strutture di fondazione

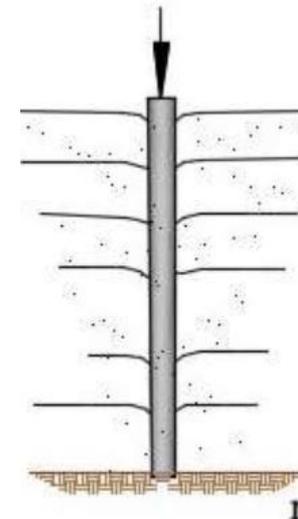
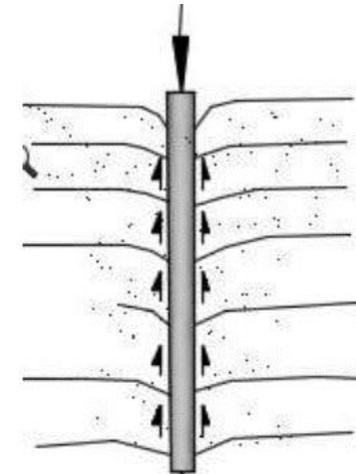
CLASSE UNITA TECNOLOGICA	UNITA TECNOLOGICA	CLASSE DI ELEMENTI TECNICO	SCHEMA FUNZIONALE	ELEMENTO TECNICO
Strutture portanti	Strutture di fondazione	Fondazioni dirette	Puntuali	Plinto
			Lineari	Trave rovescia
			Piane	Platea
		Fondazioni indirette	Puntuali	Plinto su palo
			Lineari	Trave su pali
			Piane	Platea su pali
	Strutture in elevazione	Strutture verticali	Lineari	Pilastro
			Scatolari	Muro / Setto
		Strutture orizzontali	Lineari	Trave
			Scatolari	Solaio / Impalcato
Strutture inclinate		Lineari	Trave	
		Scatolari	Soletta	

Strutture di fondazione indirette

La soluzione di **fondazione su pali**, applicabile su tutte le tipologie di elemento tecnico (puntuale, lineare, bidimensionale) presenta due possibili modalità di funzionamento, in termini di trasferimento del carico al terreno.

Nei pali **sospesi**, la punta non scarica su un terreno la cui resistenza è pari o superiore a quella desiderata (terreni cedevoli), allora l'equilibrio è assicurato dall'**attrito radente** che si sviluppa tra la superficie laterale del palo e il terreno che lo avvolge.

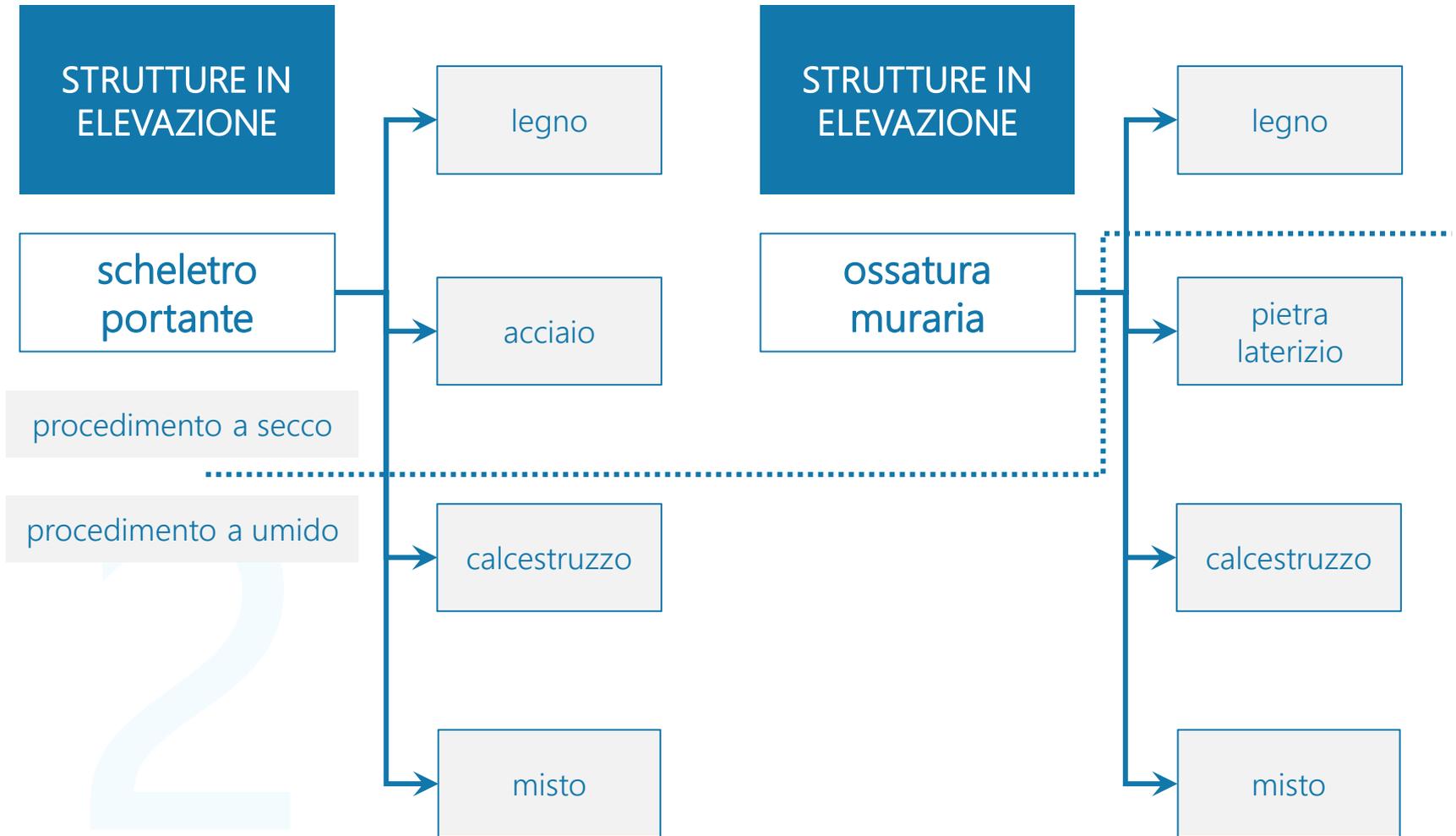
Nei pali di punta o **portanti**, la punta scarica su un terreno la cui resistenza è pari o superiore a quella desiderata, quindi l'equilibrio è assicurato dalla **reazione** del terreno alla sua **punta del palo**.



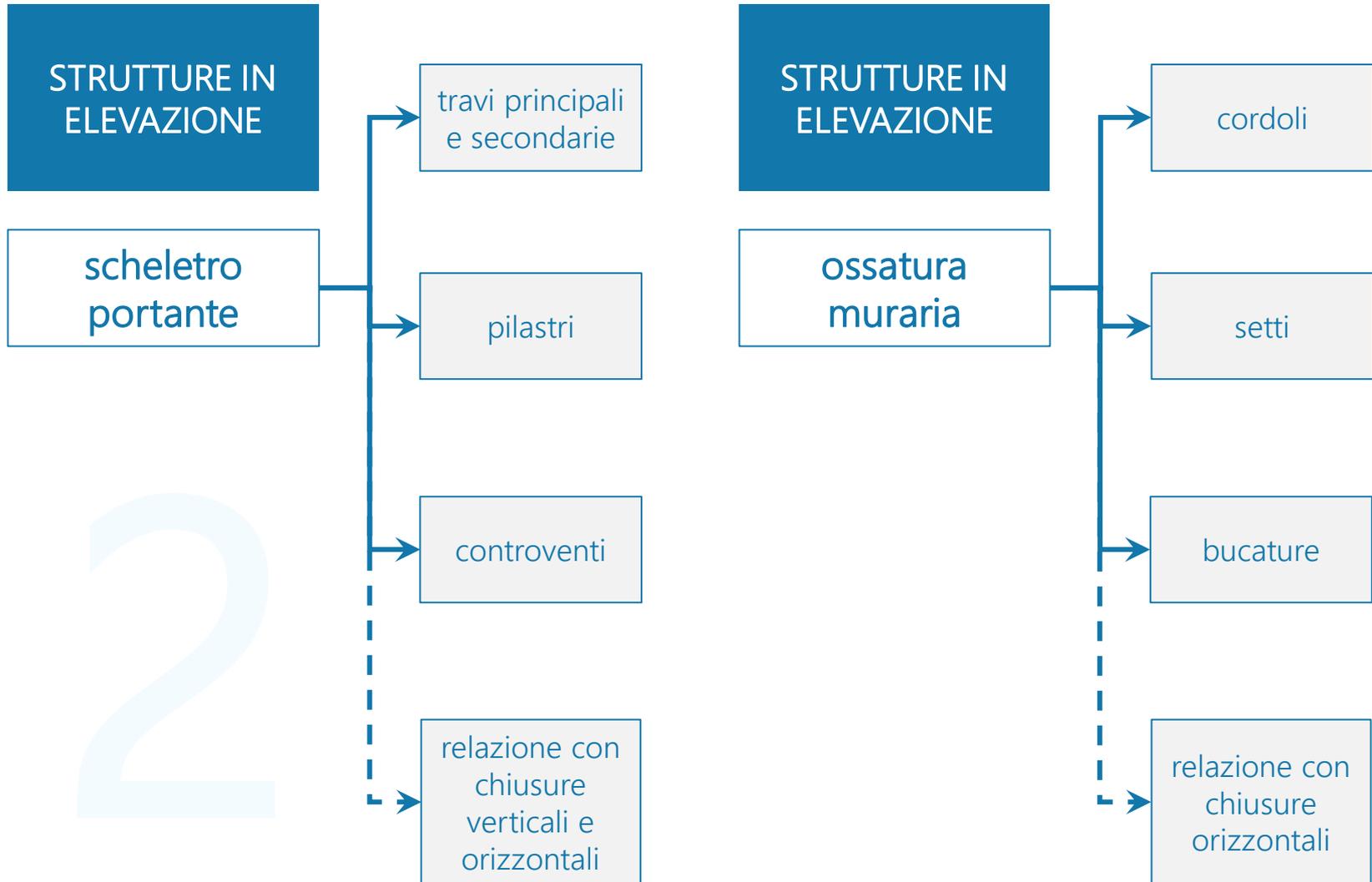
2.4

Elementi costruttivi,
materiali e tecniche

Strutture in elevazione



Strutture in elevazione



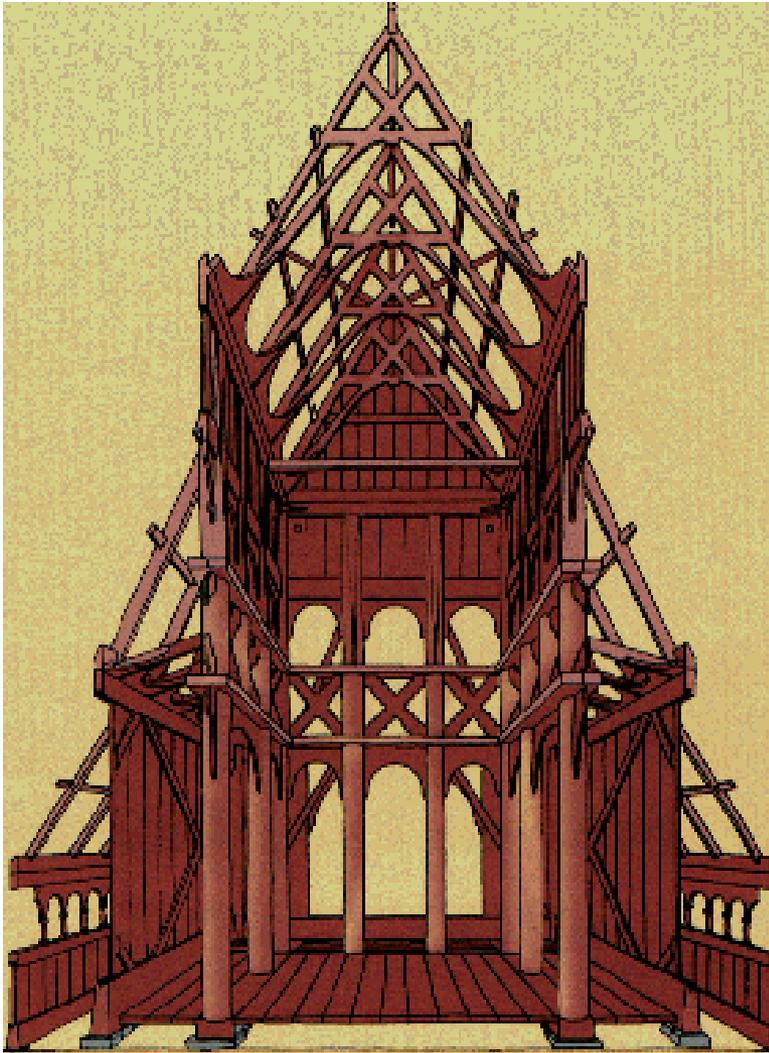
Scheletro portante in legno



Questa tecnica costruttiva si basa sul ricorso a incastri spesso complessi da realizzare, che richiedono maestranze specializzate, a fronte di un sistema che consente di erigere edifici fino a 5-6 piani, con una discreta libertà organizzativa in pianta.

Gli elementi con sola funzione di tamponamento sono costituiti da mattoni intonacati o disposti a spina di pesce, pietre, mattoni di terra cruda essiccata, impasti di terra e fibre vegetali. Il tutto può essere celato da un rivestimento.

Scheletro portante in legno



È possibile specificare, poi, il sistema che utilizza montanti lunghi, elementi unitari verticali portanti che collegano direttamente la chiusura inferiore con la copertura. I montanti non sono dunque interrotti dai correnti orizzontali di piano.

Il sistema a montanti lunghi, invece, raggiunge la sua massima applicazione tra il X e XII secolo in Norvegia, dove la grande disponibilità di materiale e la conoscenza ereditata dalla costruzione delle navi in legno vichinghe danno vita ad una cospicua produzione di edifici religiosi (*Stav-kirke*), in cui i montanti raggiungono fino a 11 m d'altezza.

Per prevenire il degrado dovuto all'umidità del terreno, le fondazioni furono dotate di basamenti in pietra su cui poggiare il corrente inferiore in legno e, su questa, mediante incastro per sagomatura, i montanti.

Scheletro portante in legno



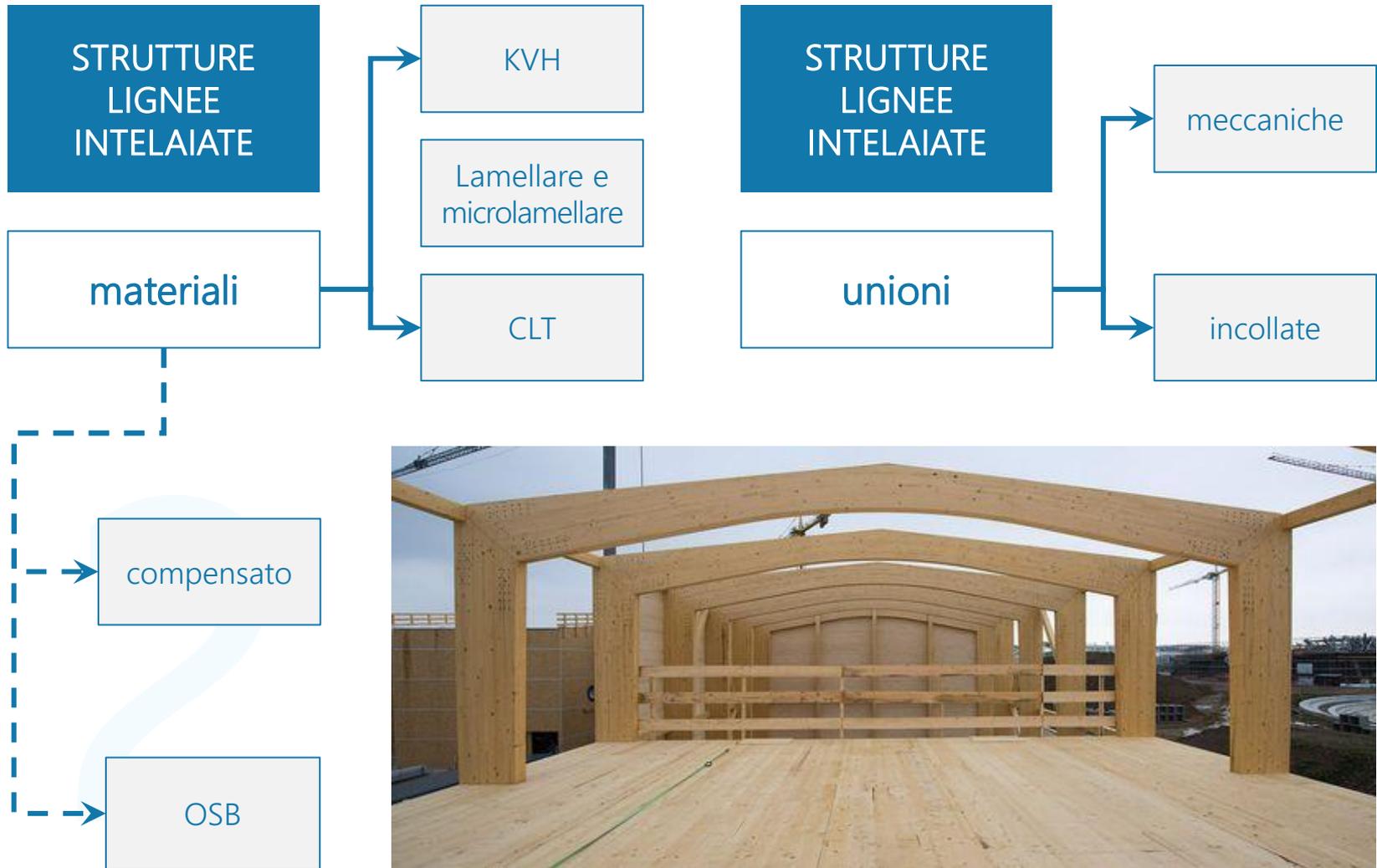
Scheletro portante in legno



Scheletro portante in legno



Scheletro portante in legno



Formazione di elementi composti

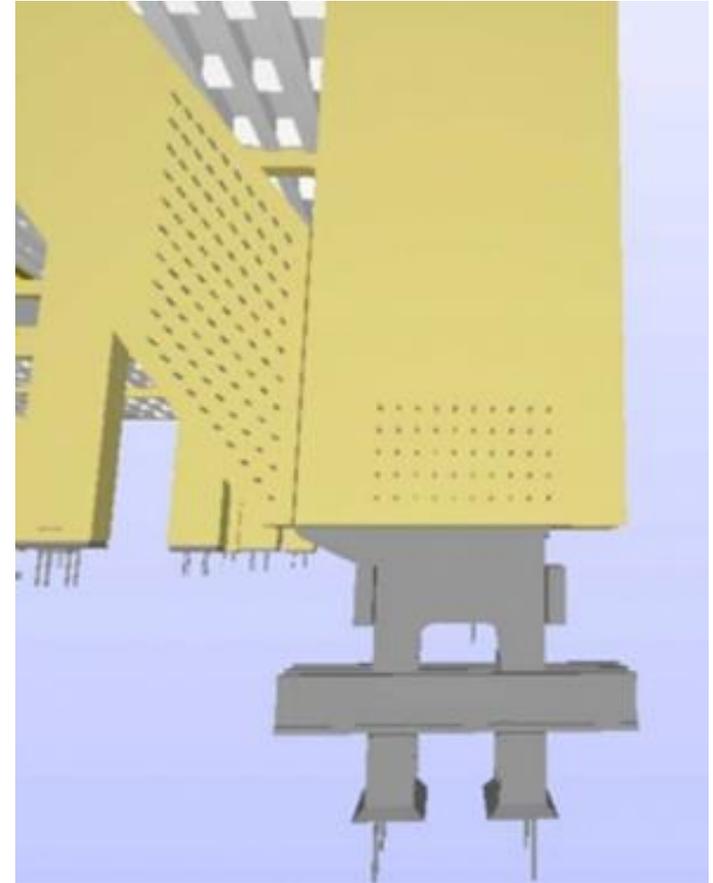


Formazione di elementi composti



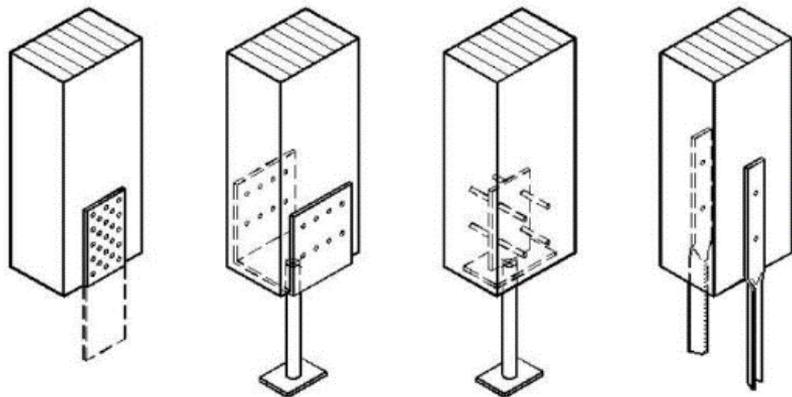
Scheletro portante in legno

Integrazione con piastre, tirafondi, connettori



Scheletro portante in legno

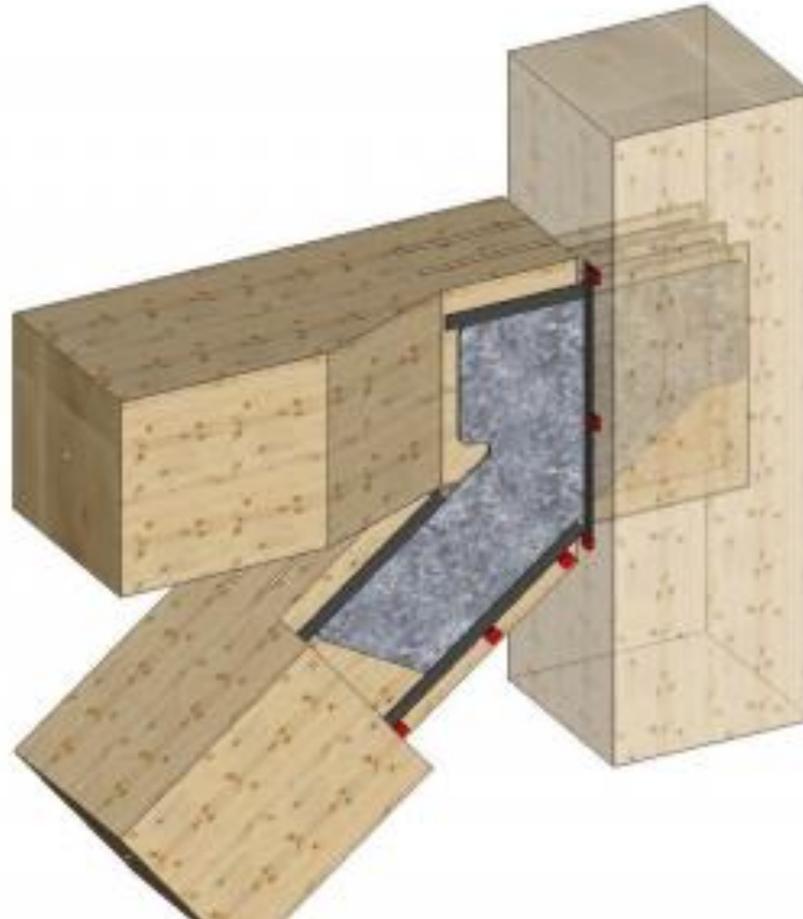
Contenimento delle deformazione mediante connessioni rigide



Scheletro portante in legno

Protezione dall'azione del fuoco mediante giunti a scomparsa e rivestimenti protettivi

2

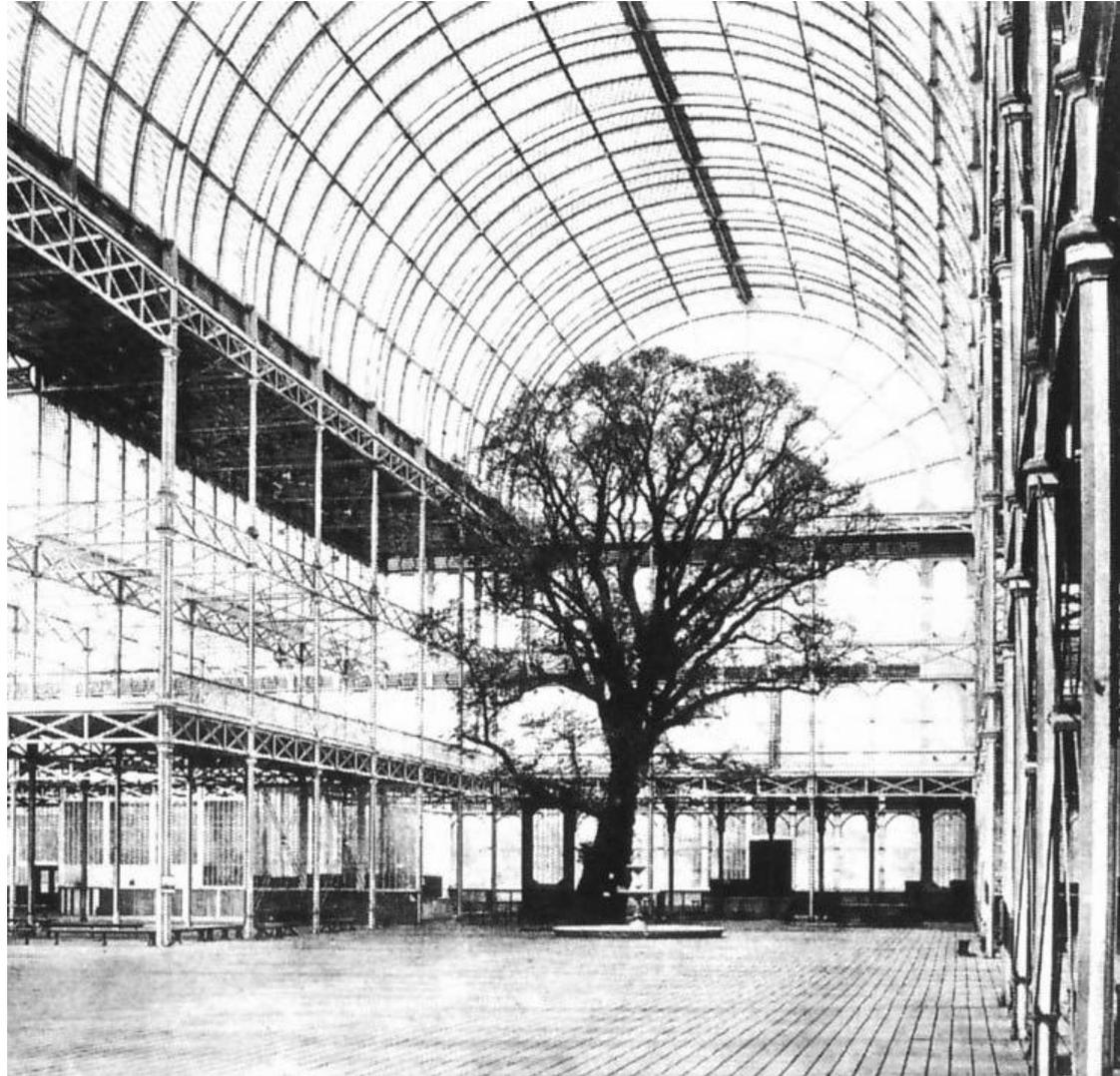


Scheletro portante in legno

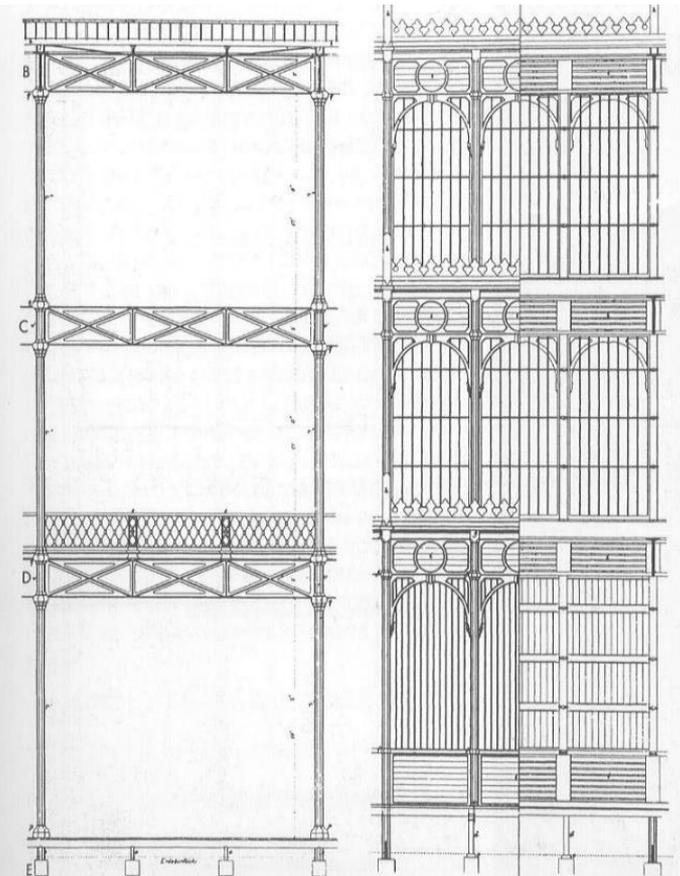
Unione tra struttura lignea e struttura in cemento armato



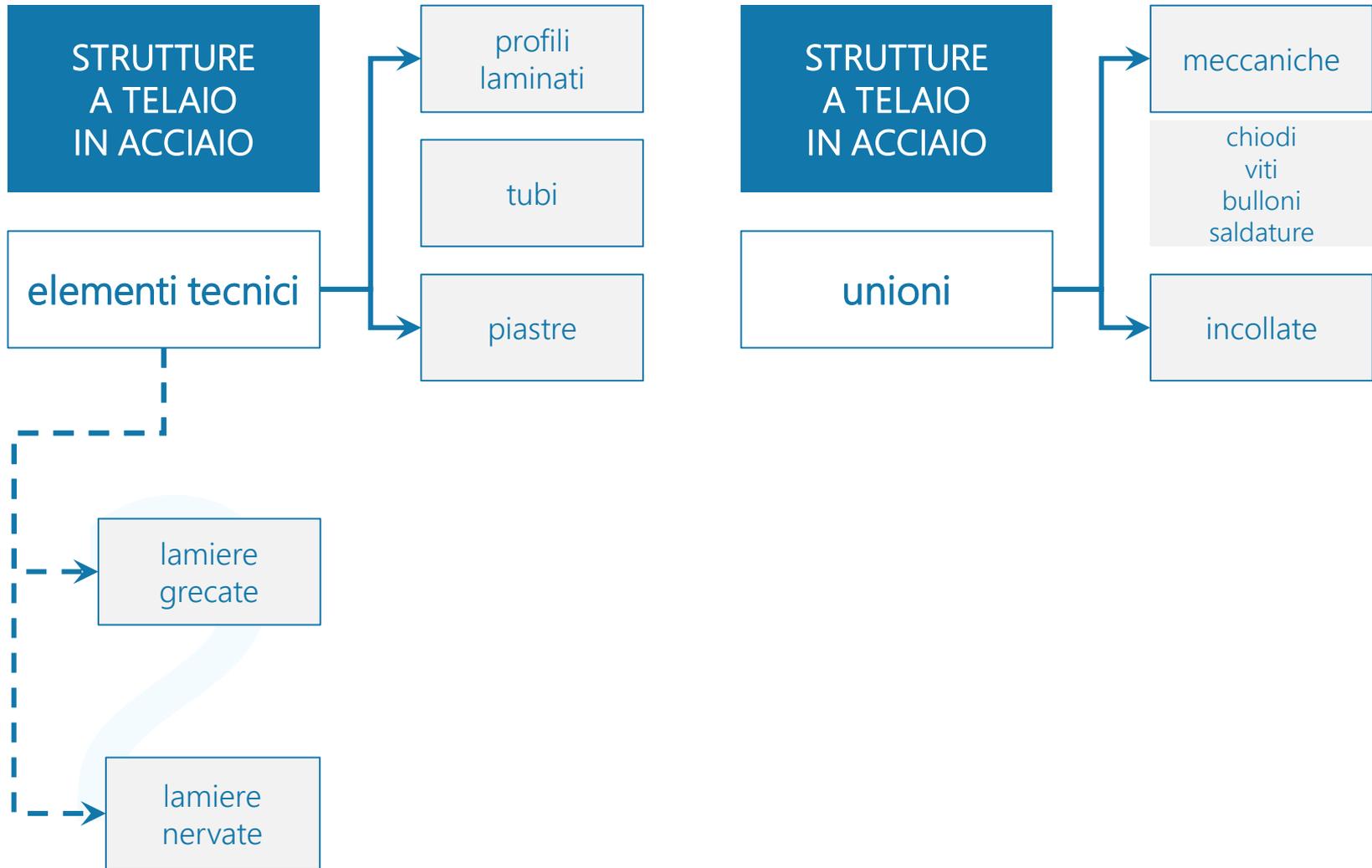
Scheletro portante in acciaio



Crystal Palace
Joseph Paxton, 1851

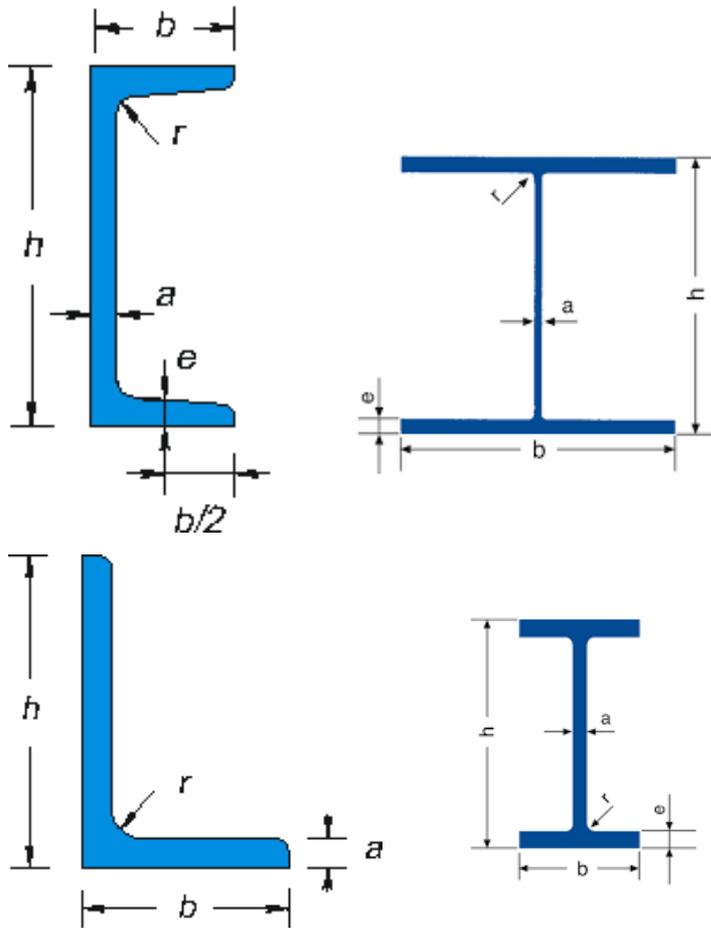


Scheletro portante in acciaio

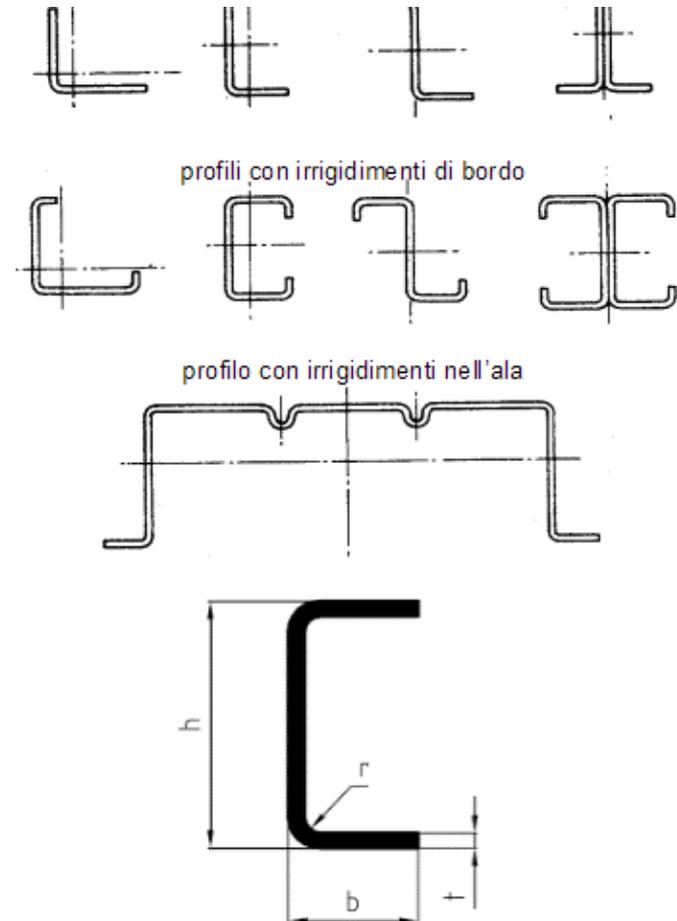


Scheletro portante in acciaio

profili a caldo

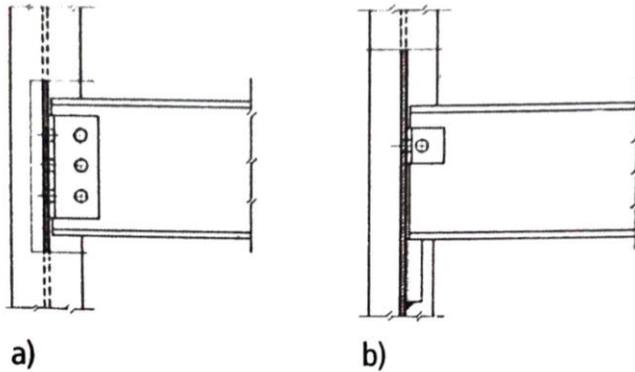


profili a freddo

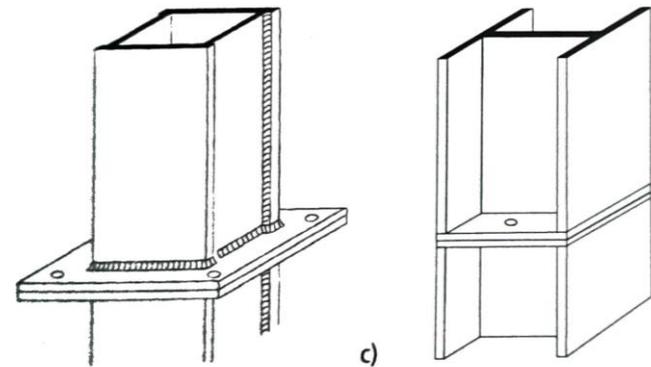
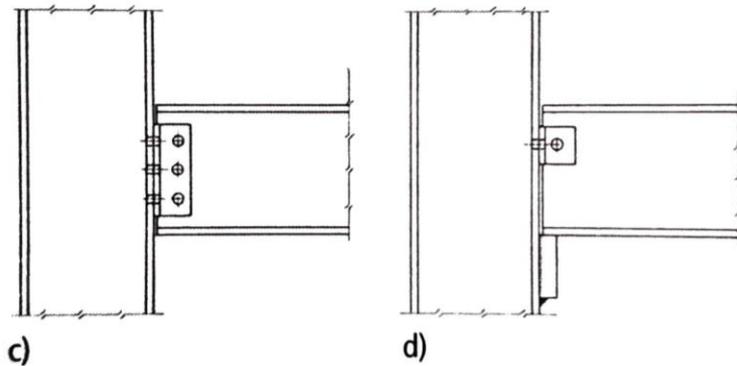
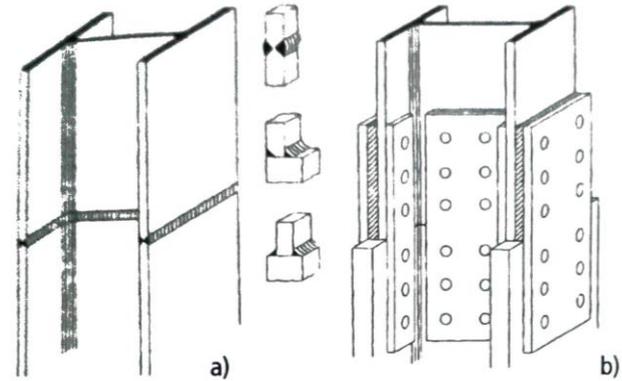


Scheletro portante in acciaio

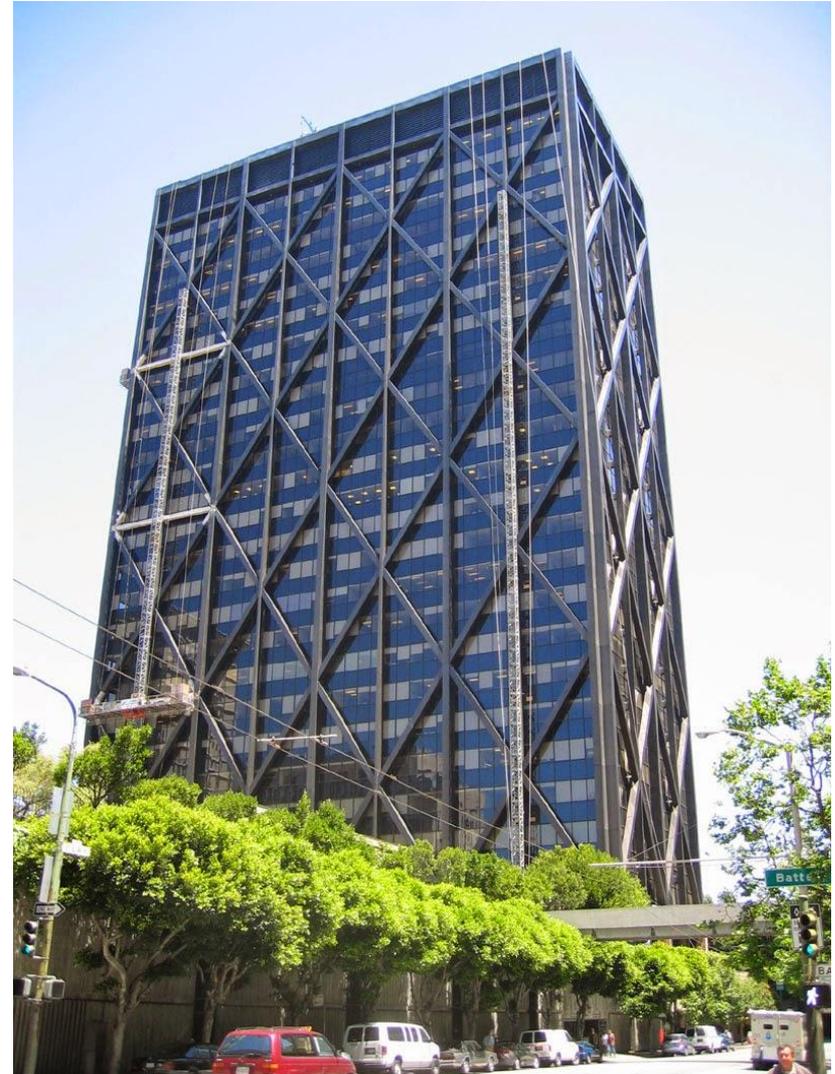
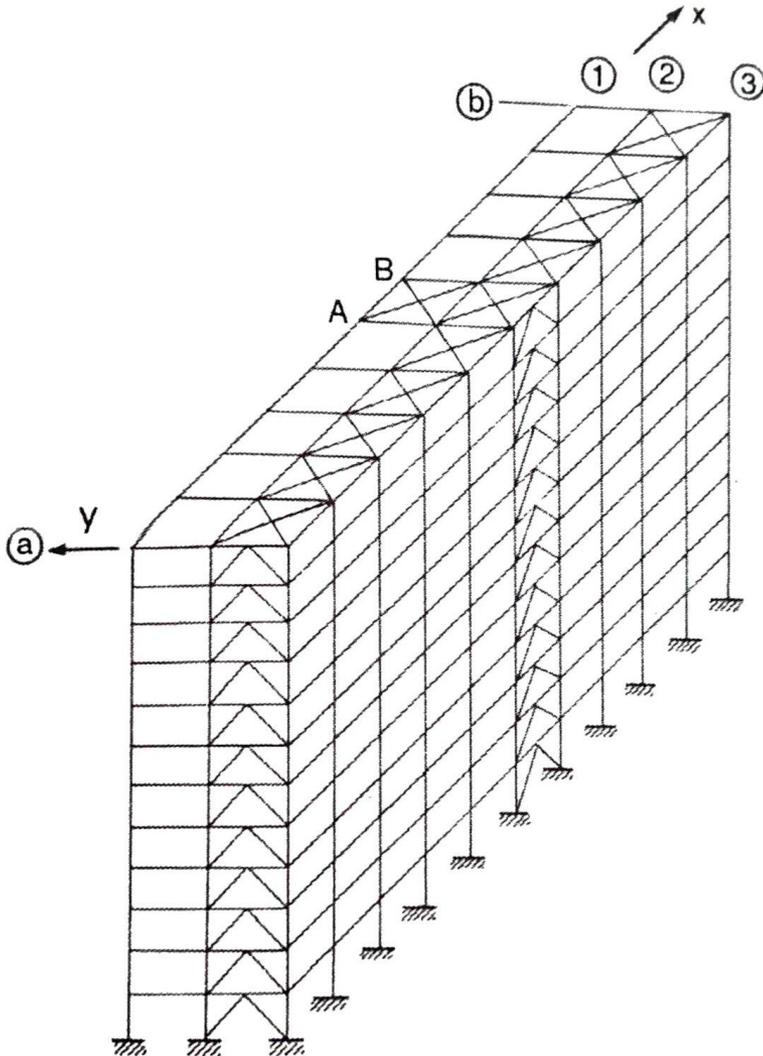
Nodo trave-colonna



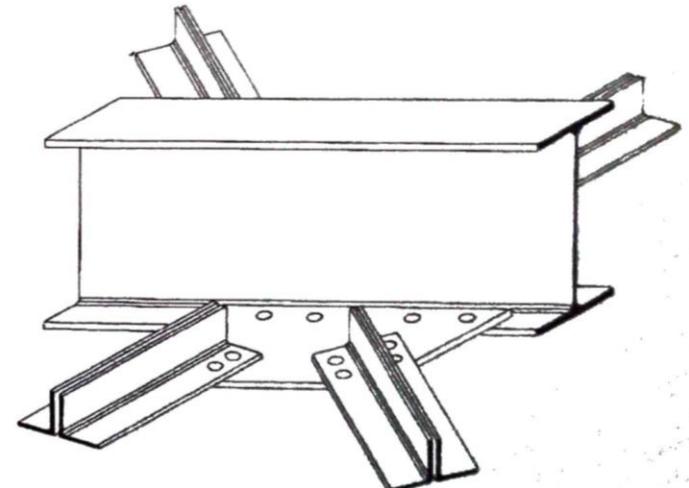
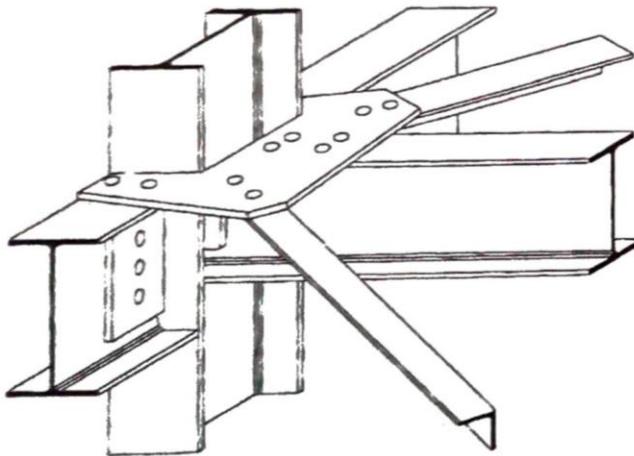
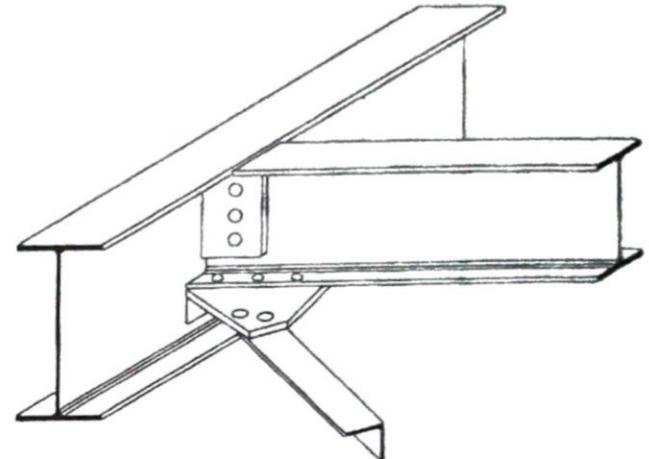
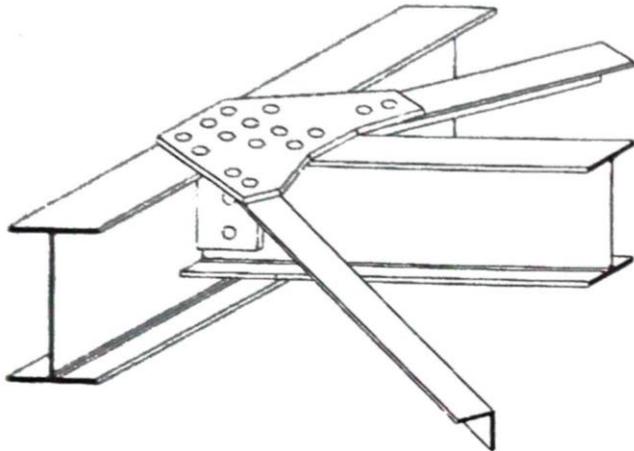
Nodo colonna-colonna



Scheletro portante in acciaio



Scheletro portante in acciaio

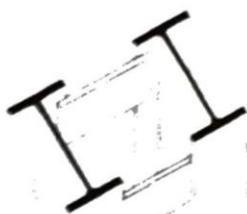
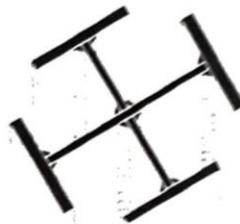
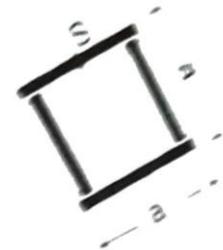
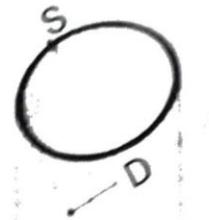
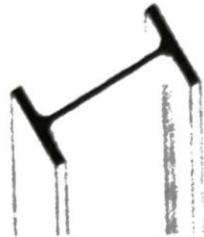


Scheletro portante in acciaio



Scheletro portante in acciaio

Ricorso a profili gemelli



Attacco a terra

