

MATERIALI ISOLANTI



CARATTERISTICHE E PROPRIETÀ DEI MATERIALI ISOLANTI

PERFORMANCE ENERGETICHE

Il risparmio energetico e la ritenzione di calore

La resistenza alla diffusione di vapore acqueo

L'isolamento acustico

PERFORMANCE TECNOLOGICHE/SICUREZZA

La resistenza meccanica

La stabilità nel tempo

La reazione al fuoco e la sicurezza in caso di incendio

L'emissione di sostanze inquinanti o nocive per l'uomo

L'igroscopicità

PERFORMANCE DI SOSTENIBILITÀ

Il ciclo di vita (LCA) del prodotto

La natura del materiale

CARATTERISTICHE E PROPRIETÀ DEI MATERIALI ISOLANTI

PERFORMANCE ENERGETICHE

Il risparmio energetico e la ritenzione di calore

La resistenza alla diffusione di vapore acqueo

L'isolamento acustico

PERFORMANCE TECNOLOGICHE/SICUREZZA

La resistenza meccanica

La stabilità nel tempo

La reazione al fuoco e la sicurezza in caso di incendio

L'emissione di sostanze inquinanti o nocive per l'uomo

L'igroscopicità

PERFORMANCE DI SOSTENIBILITÀ

Il ciclo di vita (LCA) del prodotto

La natura del materiale

Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

I concetti di trasmittanza, resistenza e conducibilità termica sono strettamente legati tra loro.

La conducibilità o conduttività termica (normalmente indicata con la lettera greca λ) è il

flusso di calore Q (misurato in J/s ovvero W) che attraversa una superficie unitaria A di spessore unitario d sottoposta ad un gradiente termico ΔT di un grado Kelvin (o Celsius).

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A \cdot \Delta T} \quad [\text{W/m}^\circ\text{K}]$$

Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

La definizione deriva dalla **legge di Fourier** che determina il **flusso di calore** che si instaura **attraverso una superficie unitaria di spessore unitario sottoposta ad un gradiente termico**, ovvero:

$$Q = \frac{\lambda \cdot A \cdot \Delta T}{d} \text{ [J/s]}$$

Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

La conducibilità termica dipende dalle caratteristiche fisico-chimiche del materiale preso in esame.

Materiale	Conducibilità termica [W/m°K]
Aria (a condizioni ambiente)	0.026
Polistirolo espanso	0.03
Acqua distillata	0.6
Vetro	1
Ferro	73
Rame	386
Argento	407
Diamante	1000

Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - Trasmittanza – resistenza

conduttori (termici) > materiali con elevata conducibilità termica

isolanti (termici) > materiali a bassa conducibilità termica

La conducibilità termica ha un ruolo fondamentale nella progettazione di case a basso consumo energetico: materiali a bassa conducibilità termica garantiscono un elevato isolamento termico dell'edificio, permettendo un basso consumo di energia per mantenere la temperatura interna.

Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - **Trasmittanza** – resistenza

La **trasmittanza termica U** (vedi norma UNI EN ISO 6946) **si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad un grado Kelvin (o Celsius)** ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare.

Essa si assume pari **all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche** degli strati che compongono la superficie considerata, ovvero:

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \text{ [W/°K]}$$

La **resistenza termica R** è definita come il rapporto tra lo spessore d dello strato considerato e la sua conducibilità termica λ :

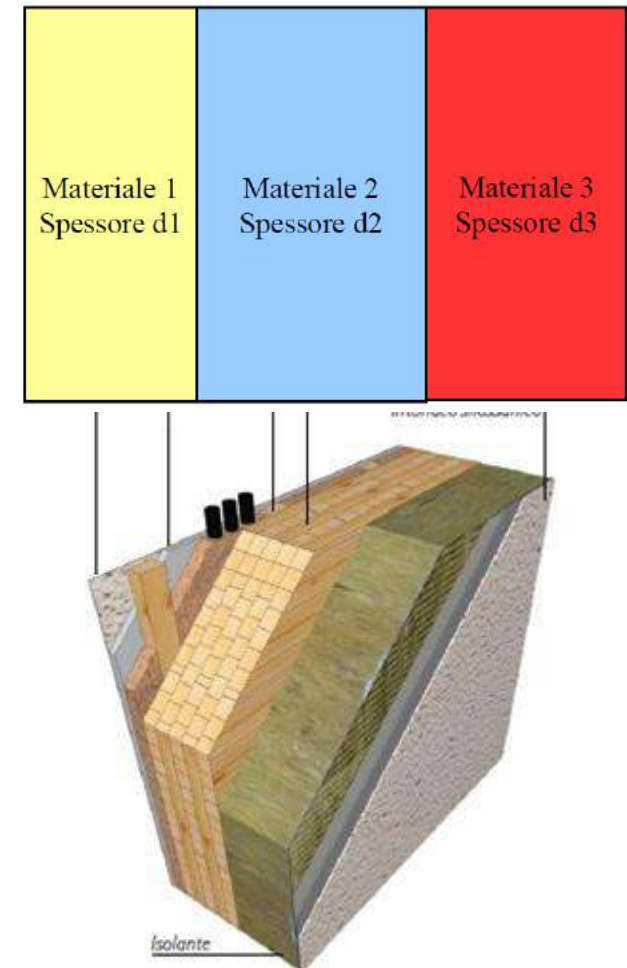
$$R = \frac{d}{\lambda} \text{ [°K/W]}$$

Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - **Trasmittanza** – **resistenza**

La resistenza termica di una parete composta da più strati sarà la somma delle resistenze termiche di ciascun strato.

$$R = R1 + R2 + R3 = \frac{d1}{\lambda 1} + \frac{d2}{\lambda 2} + \frac{d3}{\lambda 3} \text{ [°K/W]}$$



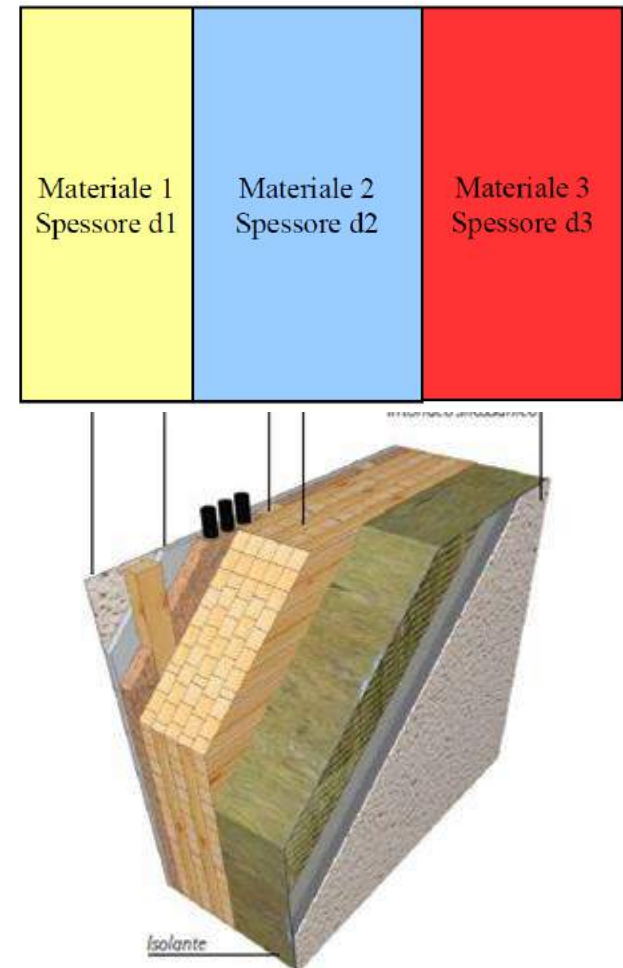
Risparmio energetico e ritenzione al calore

conducibilità termica - **Trasmittanza** – resistenza

La trasmittanza termica della parete è l'inverso della sua resistenza:

$$U = \frac{1}{\sum R_i} \text{ [W/°K]}$$

$$U = \frac{1}{R_{se} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{si}}$$



Risparmio energetico e ritenzione al calore

INERZIA TERMICA

L'inerzia termica di una parete è misurabile attraverso due grandezze che descrivono l'onda termica:

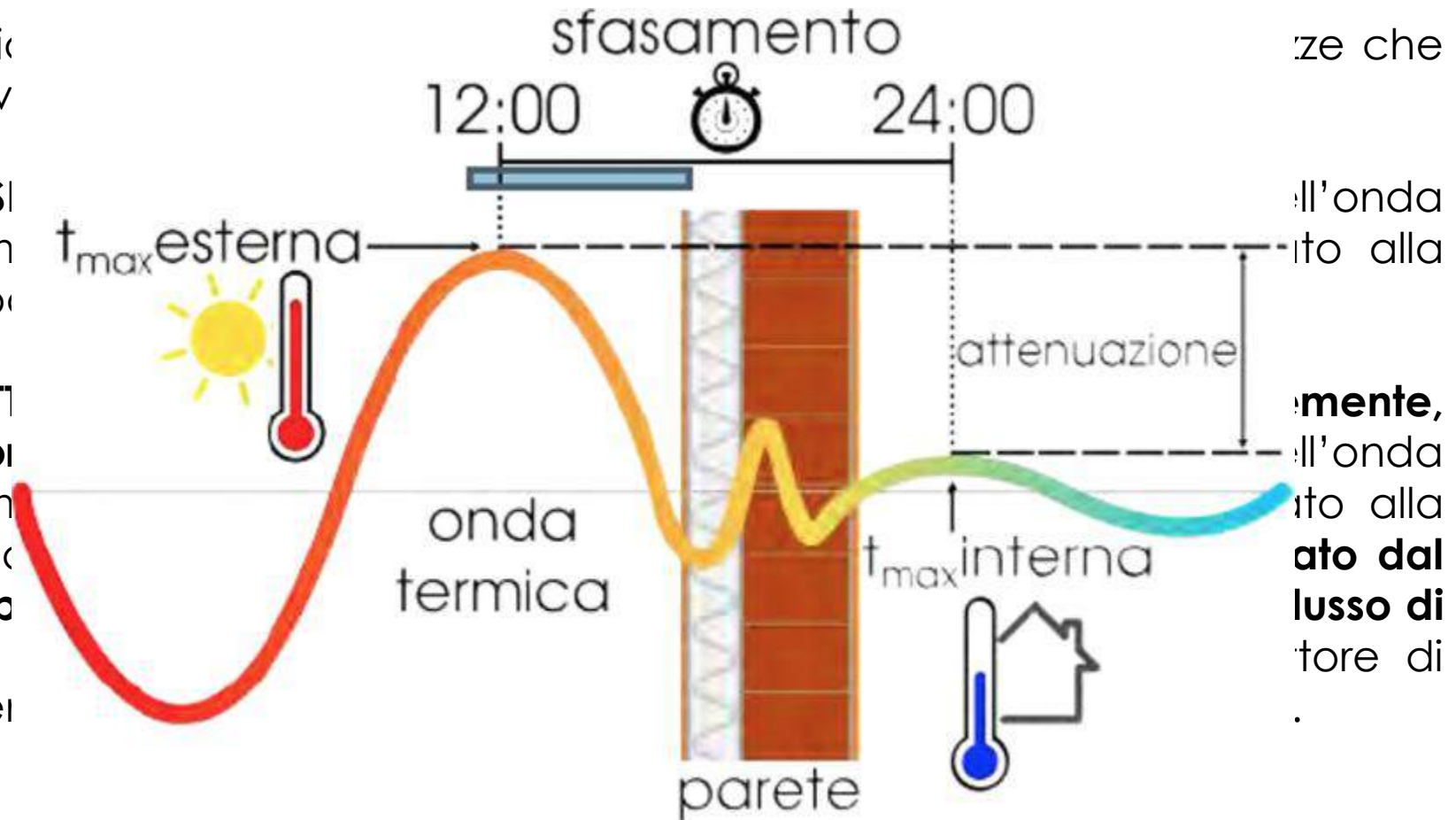
- Lo **SFASAMENTO (S o Δt)**, che rappresenta il ritardo temporale dell'onda termica nel passaggio attraverso la struttura in esame e legato alla capacità termica della stessa **[ore]**
- L'**ATTENUAZIONE** o **fattore di decremento** o, **più comunemente, smorzamento (f_a)**, che qualifica la riduzione di ampiezza dell'onda termica nel passaggio attraverso la struttura in esame e legato alla conducibilità della stessa **[numero adimensionale inferiore a 1 dato dal rapporto tra il massimo flusso della parete in esame e il massimo flusso di una parete a massa termica nulla]**; minore è il valore del fattore di attenuazione e maggiore è la riduzione del flusso termico entrante.

Risparmio energetico e ritenzione al calore

INERZIA TERMICA

L'inerzia
descriv

- Lo **S** term
capo
- L'**AT** smol
term
conc
rapp
una
atter



ze che

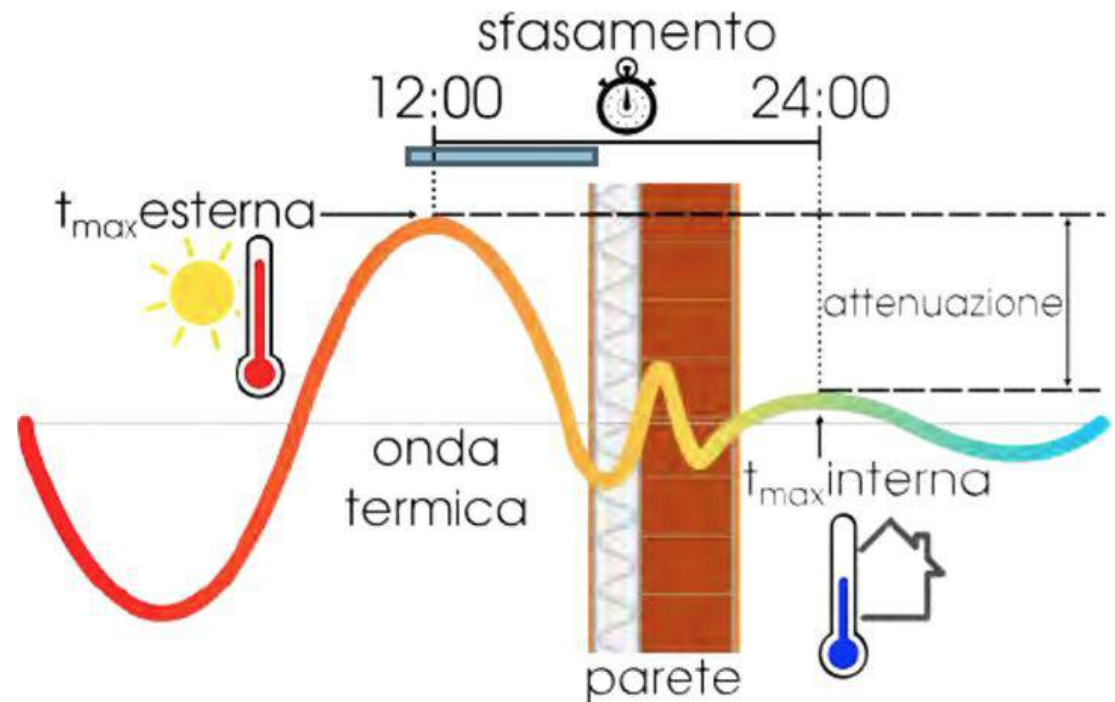
ll'onda
to alla

mente,
ll'onda
to alla
ato dal
lusso di
tore di
.

Risparmio energetico e ritenzione al calore

INERZIA TERMICA

I materiali di origine organica naturale presentano generalmente più inerzia termica e quindi un migliore comportamento rispetto alla protezione estiva.



Risparmio energetico e ritenzione al calore

Simulazioni di pacchetti di copertura Classe A con trasmittanza < 0,18 W/m ² K:				
Materiale	Trasmittanza	Sfasamento	Attenuazione	Delta T
Legno 20 + 190 mm. lana di roccia 40 Kg	0,174	3 ore 17'	0,898	44,75°
Legno 20 + 210 mm. polistirene 30 Kg	0,176	3 ore 18'	0,897	44,77°
Legno 20 + 310 mm. fibra di cellulosa 32 Kg	0,177	4 ore 23'	0,825	41,05°
Legno 20 + 190 mm. lana di roccia 100 Kg	0,174	5 ore 58'	0,694	34,59°
Legno 20 + 200 mm. fibra di legno 50 Kg	0,176	6 ore 8'	0,679	33,83°
Legno 20 + 360 mm. perlite 100 Kg	0,174	7 ore 53'	0,525	26,19°
Legno 20 + 240 mm. sughero 130 Kg	0,177	12 ore 19'	0,234	11,68°
Legno 20 + 210 mm. fibra di legno 160 Kg	0,176	12 ore 56'	0,207	10,32°
Legno 20 + 250 mm. fibra di legno 240 Kg	0,174	17 ore 56'	0,073	3,62°
Legno 20 + 480 mm. lana di legno 350 Kg	0,177	30 ore 37'	0,004	0,20°
Legno 20 + 640 mm. legno 450 Kg	0,177	46 ore 35'	0,000	0,00°

Pacchetto di copertura Legnolego	Trasmittanza	Sfasamento	Attenuazione	Delta T
Legno 120 + 100 mm. lana di legno 450 Kg + 80 mm. fibra di legno 240 Kg + 70 mm fibra di legno 160 Kg	0,173	23 ore 55'	0,022	1,11°

Risparmio energetico e ritenzione al calore

Confronto tra materiali per isolamento spessore 10cm								
Spessore isolante	Lambda (λ)	Densità (Kg/m ³)	Permeabilità al vapore (Kg/msPa)	Calore specifico (KJ/KgK)	Trasmittanza U (W/m ² K)	Sfasamento temporale (φ_s)	Fattore di attenuazione (f_s)	Trasmittanza termica periodica (Y_{ie})
Fibra legno mineralizzata	0,090	450	8	0,84	0,779	3h02'	0,8122	0,6327
Fibra di legno	0,046	160/210	37,4	1,70	0,426	3h54'	0,7771	0,3310
Fibra minerale	0,045	100	187,52	0,84	0,418	1h03'	0,9461	0,3955
Polistirene	0,035	30	0,94	1,25	0,330	0h33'	0,9624	0,3176
Polistirolo	0,040	25	4,17	1,25	0,374	0h27'	0,9630	0,3602
Silicato di calcio	0,045	115	62,3	1,30	0,418	1h53'	0,9145	0,3823
Sughero espanso	0,043	90/100	12,46	1,80	0,400	2h07'	0,9046	0,3618
Sughero SoKoVerd.LV SUGHERO SUPER COMPATTO	0,042	150	17,5	2,10	0,392	4h10'	0,7575	0,2969

Dai dati presentati sotto forma tabellare, si evince come la conducibilità termica delle tre diverse tipologie di materiali, non è direttamente correlata allo sfasamento temporale. Difatti al fine del calcolo dello sfasamento temporale, influiscono anche altre caratteristiche tecniche dei materiali, quali la densità e il calore specifico. Grazie all'ottima combinazione di questi elementi, il pannello in sughero biondo naturale SoKoVerd.LV, a parità di spessore, garantisce una prestazione di isolamento termico nettamente superiore rispetto ai pannelli in polistirene e fibra minerale.

Resistenza a diffusione di vapore acqueo

La proprietà si esprime attraverso il **coefficiente μ , fattore di resistenza al passaggio di vapore acqueo** che indica quanto è alta la resistenza di un materiale rispetto al passaggio di vapore per diffusione, paragonato a uno strato di aria ferma del medesimo spessore.

La resistenza al vapore non deve essere valutata solo rispetto al singolo materiale isolante, ma deve essere considerata in relazione alla chiusura in cui esso è alloggiato.

Per una costruzione secondo la “regola d'arte”, un elemento costruttivo dovrebbe essere realizzato attraverso strati sempre più permeabili alla diffusione di vapore procedendo dal lato interno verso l'esterno.

ORIGINE	materiale isolante	Conduttività termica λ in W/mK	Capacità termica specifica c in kJ/kgK	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ	Spessore materiale isolante di confronto (1) in cm	Disponibilità materie prime	Fabbisogno di energia durante la produzione	Inquinamento ambientale durante la produzione	Misure precauzionali durante il montaggio	Riciclabilità	Possibili applicazioni	Possibilità di formazione di ponte termico in caso di umidità	Tossicità del materiale in opera	Tossicità del materiale durante la dismissione
VEGETALI	FIBRA DI LEGNO	0,038 - 0,040	2,10	3,0 - 10	9,5 - 10	rinnovabile, abbondante	elevato	basso	limitare la formazione di polvere durante il taglio	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	SUGHERO	0,038 - 0,050	1,90	5,0 - 10	9,5 - 12,5	rinnovabile, limitata	elevato	basso	nessuna	raramente possibile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	FIBRA DI CELLULOSA	0,038 - 0,042	1,90	1,0 - 2	9,5 - 10,5	prodotto da riciclaggio	basso	basso	mascherina parapolvere (per i fiocchi)	raramente possibile	TT, II, CE, PE, PI, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI KENAF, CANAPA, LINO	0,038 - 0,042	1,7	1,0 - 2	9,5 - 10,5	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI MAIS	0,04	1,80	1,0 - 3	10	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso

Analogamente alla conduttività termica, tanto più piccolo è questo valore, tanto più il materiale è traspirante, cioè si comporta idealmente come l'aria (alla quale corrisponde il valore $\mu = 1$).

MINERALI	ESPANSA					abbondante			parapolvere		FE, TT, II, PS			
	LANA DI VETRO, LANA DI ROCCIA	0,04	0,80	1,0 - 5,0	10	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	molto elevato	guanti + mascherina parapolvere	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	basso	medio
	VETRO CELLULARE	0,040 - 0,050	0,80	stagno al vapore	10 - 12,5	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	medio	aerare bene se utilizzati collanti	no	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	medio
SINTETICI	FIBRA DI POLIESTERE	0,035 - 0,045	0,24	3,0 - 5,0	8,7 - 11,2	prodotto da riciclaggio	basso	basso	nessuna		TT, II, CE, PE, TB, AC	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESPANSO (EPS) bianco o con grafite	0,031 - 0,038	1,40	20 - 80	7,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, PE, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESTRUSO (XPS)	0,035 - 0,038	1,40	100 - 300	8,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, SE, PS, CE, SI, PE, PI	alto	alto	alto
	POLIURETANO (PUR)	0,025 - 0,032	1,20	30 - 100	6,2 - 8	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	limitare la formazione di polvere durante il taglio	raramente possibile	FE, TT, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	alto	alto	alto

(1) Spessore materiale isolante in cm che a livello di calcolo presenta le stesse proprietà isolanti di 10 cm di materiale isolante con conduttività termica $\lambda=0,040$ W/mK

(2) FE facciata esterna, TT tetto, II isolamento interno, SE parete scantinato esterna, PS pavimento scantinato, CE isolamento d'intercapedine parete esterna, SI, parete scantinato interna, PE soffitto piano più elevato, TB isolamento tubazioni, AC isolamento acustico anticalpestio, PI soffitto piano inferiore

(3) Prezzi di listino indicativi

(4) Cellulosa in fiocchi posata in opera

ORIGINE	materiale isolante	Conduttività termica λ in W/mK	Capacità termica specifica c in kJ/kgK	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ	Spessore materiale isolante di confronto (1) in cm	Disponibilità materie prime	Fabbisogno di energia durante la produzione	Inquinamento ambientale durante la produzione	Misure precauzionali durante il montaggio	Riciclabilità	Possibili applicazioni	Possibilità di formazione di ponte termico in caso di umidità	Tossicità del materiale in opera	Tossicità del materiale durante la dismissione
VEGETALI	FIBRA DI LEGNO	0,038 - 0,040	2,10	3,0 - 10	9,5 - 10	rinnovabile, abbondante	elevato	basso	limitare la formazione di polvere durante il taglio	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	SUGHERO	0,038 - 0,050	1,90	5,0 - 10	9,5 - 12,5	rinnovabile, limitata	elevato	basso	nessuna	raramente possibile	FE, TT, II, PS, CE, S, I, PE, AC, PI	basso	basso	basso
	FIBRA DI CELLULOSA	0,038 - 0,042	1,90	1,0 - 2	9,5 - 10,5	prodotto da riciclaggio	basso	basso	mascherina parapolvere (per i fiocchi)	raramente possibile	TT, II, CE, PE, PI, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI KENAF, CANAPA, LINO	0,038 - 0,042	1,7	1,0 - 2	9,5 - 10,5	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI MAIS	0,04	1,80	1,0 - 3	10	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC	basso	basso	basso
	FIBRA DI COCCO	0,044 - 0,049	1,45	1,0 - 2	11 - 12,2	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, AC, PI	basso	basso	basso
ANIMALI	LANA DI PECORA	0,040 - 0,043	1,70	1,0 - 2	10 - 10,7	rinnovabile, abbondante	basso	basso	nessuna	rimontabile	TT, II, CE, PE, TB, AC	basso	basso	basso
MINERALI	VERMICULITE, PERLITE ESPANSA	0,047 - 0,070	0,90	5,0 - 8	11,7 - 17,5	non rinnovabile, abbondante	basso	medio	mascherina parapolvere	rimontabile	PS, CE, PE, PI, AF, DD, ID, KB	medio	medio	medio
	LANA DI VETRO, LANA DI ROCCIA	0,04	0,80	1,0 - 5,0	10	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	molto elevato	guanti + mascherina parapolvere	rimontabile	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	basso	medio
	VETRO CELLULARE	0,040 - 0,050	0,80	stagno al vapore	10 - 12,5	non rinnovabile, abbondante	molto elevato	medio	aerare bene se utilizzati collanti	no	FE, TT, II, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	medio
SINTETICI	FIBRA DI POLIESTERE	0,035 - 0,045	0,24	3,0 - 5,0	8,7 - 11,2	prodotto da riciclaggio	basso	basso	nessuna		TT, II, CE, PE, TB, AC	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESPANSO (EPS) bianco o con grafite	0,031 - 0,038	1,40	20 - 80	7,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, PE, CE, SI, PE, TB, AC, PI	medio	medio	alto
	POLISTIROLO ESTRUSO (XPS)	0,035 - 0,038	1,40	100 - 300	8,7 - 9,5	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	aerazione in caso di taglio a filo caldo	raramente possibile	FE, TT, II, SE, PS, CE, SI, PE, PI	alto	alto	alto
	POLIURETANO (PUR)	0,025 - 0,032	1,20	30 - 100	6,2 - 8	non rinnovabile, limitata	elevato	molto elevato	limitare la formazione di polvere durante il taglio	raramente possibile	FE, TT, PS, CE, SI, PE, TB, AC, PI	alto	alto	alto

(1) Spessore materiale isolante in cm che a livello di calcolo presenta le stesse proprietà isolanti di 10 cm di materiale isolante con conduttività termica $\lambda=0,040$ W/mK

(2) FE facciata esterna, TT tetto, II isolamento interno, SE parete scantinato esterna, PS pavimento scantinato, CE isolamento d'intercapedine parete esterna, SI, parete scantinato interna, PE soffitto piano più elevato, TB isolamento tubazioni, AC isolamento acustico anticalpestio, PI soffitto piano inferiore

(3) Prezzi di listino indicativi

(4) Cellulosa in fiocchi posata in opera

Isolamento acustico

Oltre alle proprietà termiche, i materiali isolanti devono essere in grado di garantire proprietà di protezione acustica dai rumori provenienti dall'esterno e dall'interno, sia attraverso le strutture, che per via aerea.

Le prestazioni che essi devono offrire sono di **fonoassorbimento** e di **fonoisolamento**.

I materiali fibrosi ed elastici (fibra di legno, fibre minerali, cellulosa, lana di pecora) garantiscono ottime prestazioni fonoassorbenti (rispetto ai rumori esterni).

Materiali rigidi (poliuretano, polistirene, vetro cellulare) possono invece peggiorare la qualità acustica.

Come per la permeabilità al vapore, la prestazione deve essere valutata in relazione alla stratificazione dell'intera chiusura e non per il singolo materiale.

CARATTERISTICHE E PROPRIETÀ DEI MATERIALI ISOLANTI

PERFORMANCE ENERGETICHE

Il risparmio energetico e la ritenzione di calore

La resistenza alla diffusione di vapore acqueo

L'isolamento acustico

PERFORMANCE TECNOLOGICHE/SICUREZZA

La resistenza meccanica

La stabilità nel tempo

La reazione al fuoco e la sicurezza in caso di incendio

L'emissione di sostanze inquinanti o nocive per l'uomo

L'igroscopicità

PERFORMANCE DI SOSTENIBILITÀ

Il ciclo di vita (LCA) del prodotto

La natura del materiale

Resistenza meccanica

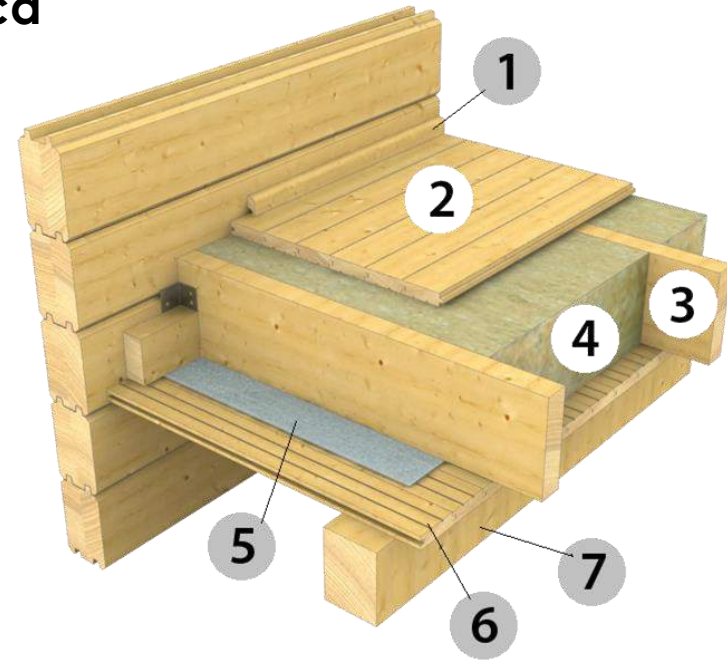
Gli isolanti sono generalmente dei materiali leggeri e, pertanto, presentano scarse resistenze meccaniche, proprietà legata invece alla massa o alla densità.

Più la massa è elevata e più il materiale è resistente, ma non rispetto a tutte le sollecitazioni.

Tale requisito è particolarmente importante se il materiale è soggetto a **calpestio**,

se esso non presenta adeguate proprietà di resistenza meccanica, può essere soggetto a fessurazioni e rotture dovute alla compressione

Resistenza meccanica



Stabilità

La stabilità è la capacità di un materiale di **mantenere inalterate le proprie caratteristiche fisico-chimiche e dimensionali nel tempo.**

La stabilità dimensionale è la capacità di non variare le dimensioni a seguito delle sollecitazioni termiche e igrometriche provocate dalle escursioni stagionali.

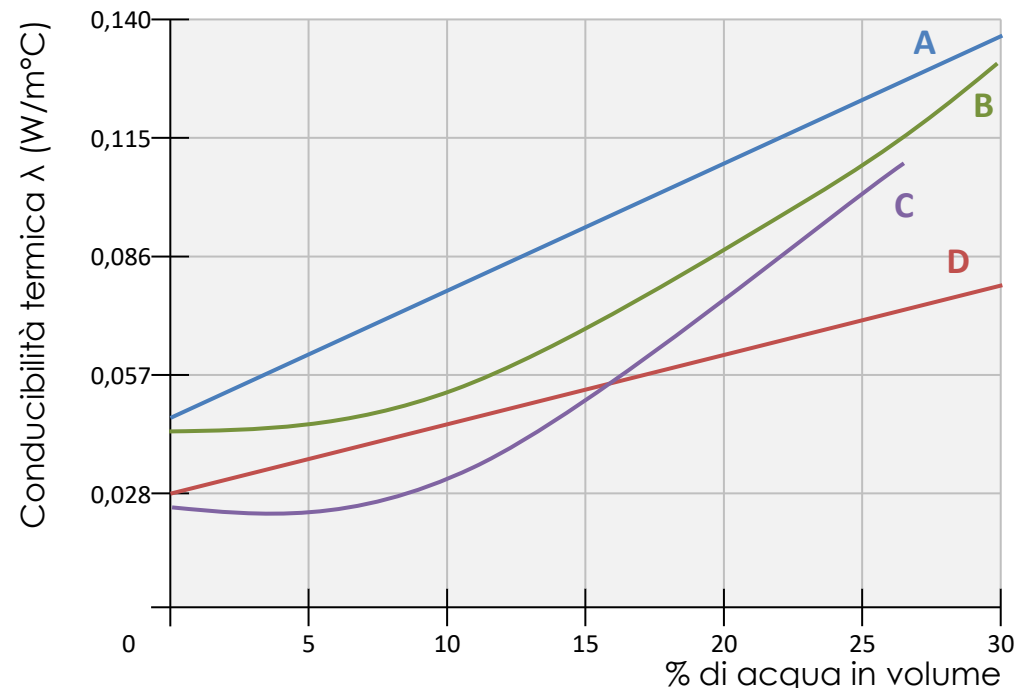
Questo requisito è particolarmente importante per gli isolanti impiegati nelle tecnologie a cappotto, poiché il materiale è posato direttamente sul lato esterno della chiusura ed è protetto solo da un sottile strato di intonaco.

Igroscopicità

È la capacità di un materiale di assorbire e trattenere acqua all'interno della propria struttura.

La presenza di acqua nei materiali **inficia le proprietà isolanti** e danneggia la struttura stessa del materiale, che subisce un progressivo deterioramento. L'acqua può provenire dal sottosuolo o, comunque, dal livello inferiore del fabbricato (**umidità di risalita**) oppure dall'interno, **provocando condense superficiali**.

- A – Fibra di vetro con cartongesso su una faccia 2,3 cm, 235 kg/m³
- B – Polistirene espanso granulare 3,5 cm, 21 kg/m³
- C – Poliuretano 2,4 cm, 28,5 kg/m³
- D – Polistirene espanso estruso 2,5 cm, 33 kg/m³



Reazione al fuoco e sicurezza in caso di incendio

Le direttive comunitarie suddividono i materiali da costruzione in **7 categorie di reazione al fuoco**, in relazione al grado di partecipazione del materiale all'incendio e alla capacità di contribuire alla propagazione.

Ulteriori parametri di valutazione sono il **livello di produzione di fumo (s)** e il **livello di rilascio di particelle ardenti (d)**.

Se si sceglie di adottare un materiale particolarmente infiammabile, è bene proteggerlo attraverso rivestimenti in materiali poco infiammabili (es. pannelli a base di gesso).

Una particolare cautela deve essere adottata per i materiali isolanti a contatto con le installazioni elettriche.

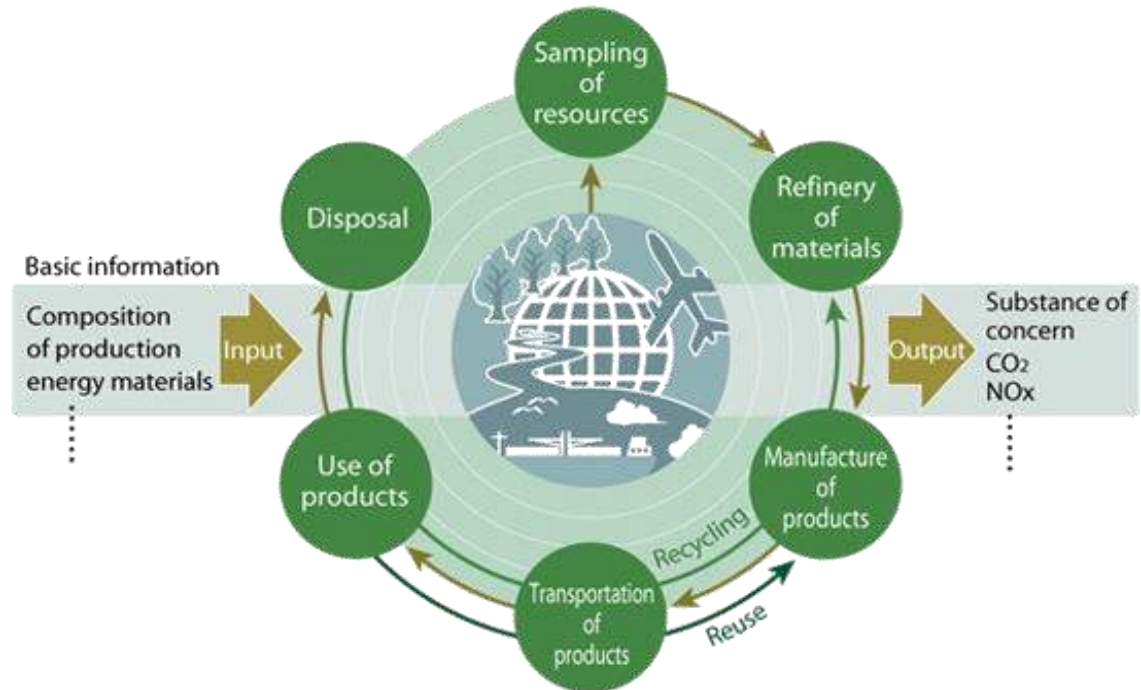
Euroclassi di reazione al fuoco

A1 – A2	Nessun contributo all'incendio (materiali non combustibili o molto poco combustibili)
B	Prodotti combustibili con contributo molto limitato allo sviluppo di incendi
C	Prodotti combustibili con contributo limitato allo sviluppo di incendi
D	Prodotti combustibili con contributo abbastanza significativo
E	Prodotti combustibili con contributo più significativo
F	Prodotti non classificati

LCA – Ciclo di vita del prodotto

Durante la scelta del materiale isolante è opportuno valutare inoltre l'impatto sull'ambiente e sull'uomo attraverso l'**analisi del ciclo di vita del prodotto**. Infatti, l'estrazione della materia prima, la produzione del materiale, il trasporto, il montaggio, l'utilizzo e la dismissione comportano notevoli consumi energetici e l'immissione di sostanze, anche nocive, in atmosfera. In tal senso, sono da privilegiare i **materiali riciclabili** e, quindi, reinseriti nel ciclo sotto forma di **materie prime seconde**.

I materiali di sintesi, derivando dalla lavorazione del petrolio e del cloro, sono particolarmente problematici (elevate emissioni di gas serra in fase di produzione e di gas nocivi, difficoltà di riciclaggio). **I materiali di origine naturale per avere un bilancio positivo devono essere prodotti vicino ai luoghi di installazione per limitare le emissioni in fase di trasporto.**



L'emissione di sostanze inquinanti o nocive per l'uomo

I materiali utilizzati in edilizia e, quindi, anche gli isolanti devono essere scelti in modo da non compromettere l'igiene e la salute degli occupanti e dei vicini e, in particolare, in modo da non provocare:

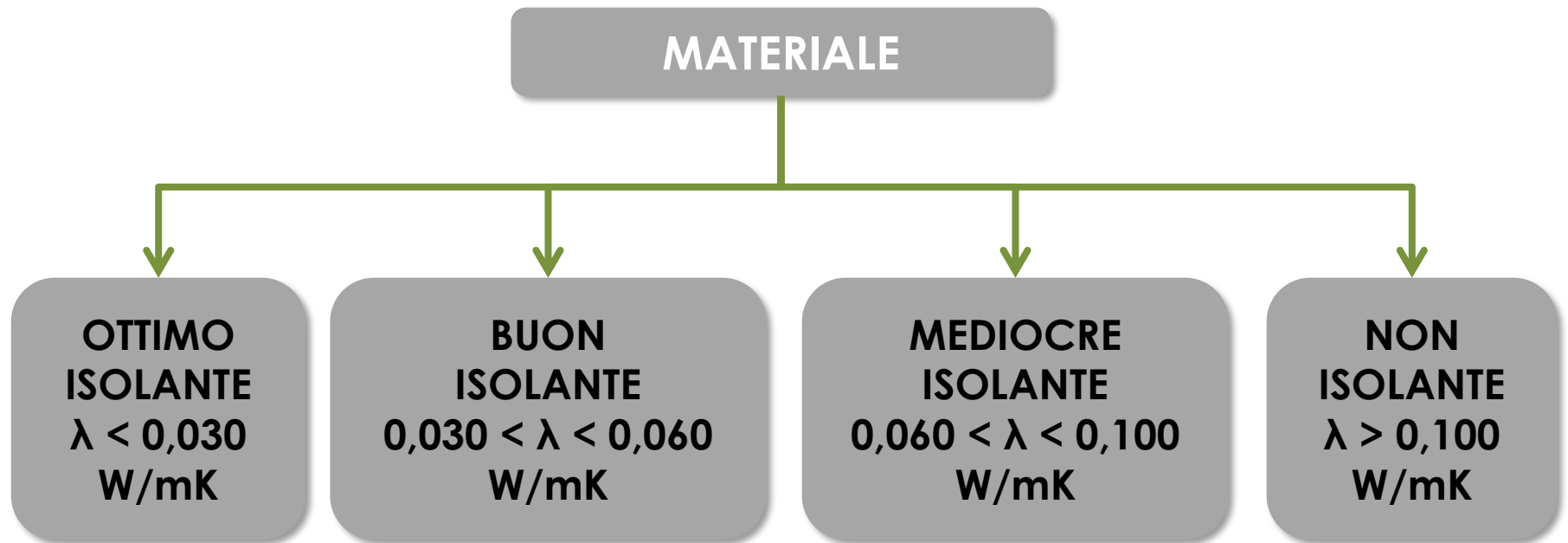
- sviluppo di gas tossici
- Presenza nell'aria di particelle o gas pericolosi (VOC e altri inquinanti)
- Emissione di radiazioni pericolose
- Inquinamento o tossicità dell'acqua e del sottosuolo
- Difetti nell'eliminazione dei fumi, delle acque di scarico e dei rifiuti solidi o liquidi
- Formazione di umidità o condense sulle superfici o all'interno della stratificazione

Materiali estratti, lavorati e prodotti a distanza limitata (materiali regionali)

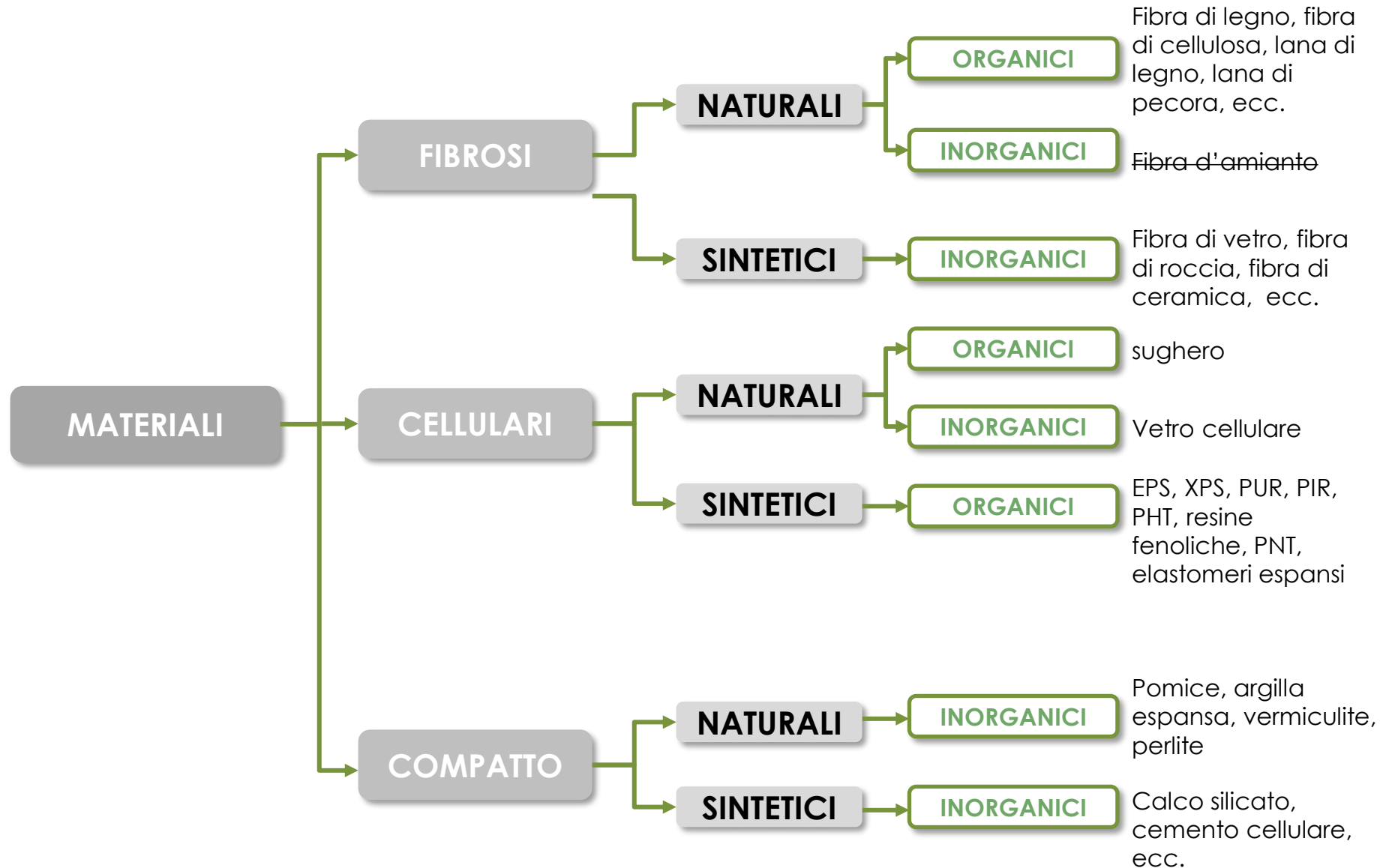
L'obiettivo è l'incremento della domanda e dell'utilizzo di prodotti da costruzione che siano **estratti e lavorati a distanza limitata, sostenendo l'uso di risorse locali e riducendo gli impatti sull'ambiente derivanti dal trasporto.**



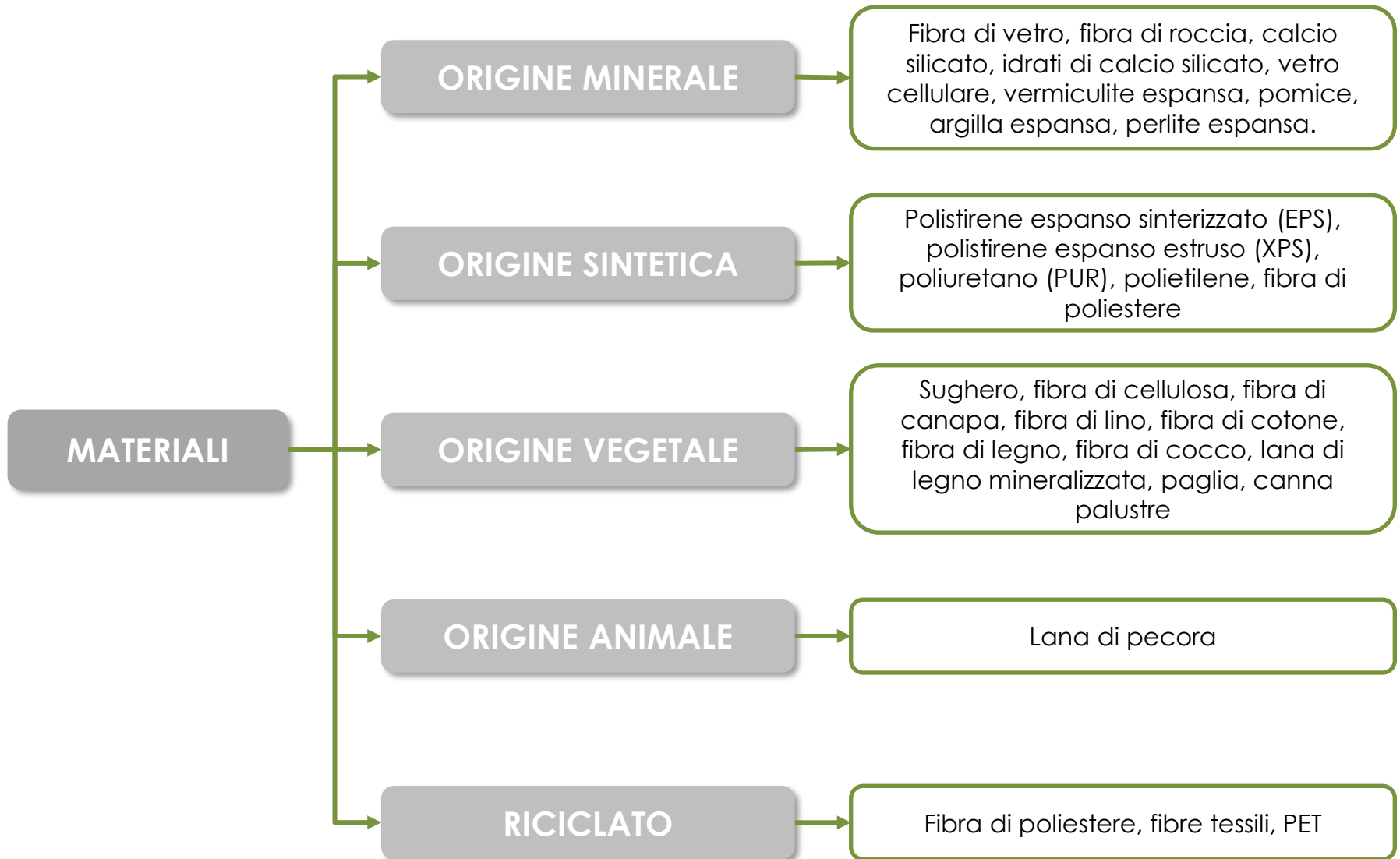
Classificazione dei materiali isolanti



Classificazione dei materiali isolanti



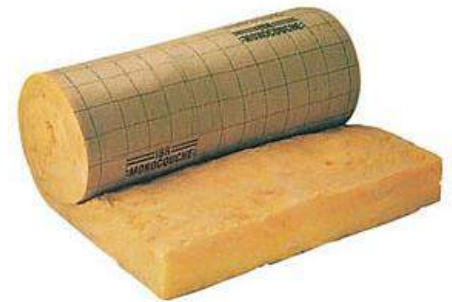
Classificazione dei materiali isolanti



Prodotti in commercio

I materiali isolanti possono essere reperiti in commercio sotto forma di:

- **Materiale sfuso** (granuli, fibre, fiocchi). Sono ideali per il riempimento di intercapedini o, miscelati al calcestruzzo, per formare strati di alleggerimento con parziale potere isolante. Sono particolarmente adatti nei risanamenti poiché riescono a riempire interstizi non perfettamente complanari. Devono essere posati da maestranze specializzate in gradi di garantire la corretta compattazione del prodotto.
- **Feltri morbidi o materassini**. Possono essere adottati come riempimento tra le travi o nelle intercapedini. È necessaria particolare accortezza nella posa in opera al fine di non creare ponti termici dovuti alla soluzione di continuità fra strati di materiale contiguo.
- **Pannelli rigidi con diverse densità**. Si adattano a molti usi, ma non al riempimento tra le travi (in particolare in edifici esistenti). Possono essere forniti con spigoli vivi oppure battentati o con incastro maschio-femmina.



Ambiti di impiego dei materiali isolanti

Sotto la platea di fondazione	Granulato di vetro cellulare, vetro cellulare (densità appropriata), XPS ad alta resistenza meccanica
Pavimento di cantine o controterra Resistenza a compressione minima 500 kg/mq	Vetro cellulare (densità appropriata), XPS
Isolamento perimetrale (isolamento esterno pareti controterra delle cantine)	Granulato di vetro cellulare, pannelli di EPS idrofobizzato, XPS, vetro cellulare (densità appropriata)
Isolamento esterno facciate (sistemi a cappotto e facciate ventilate)	Pannelli XPS, EPS, sughero, idrati di silicato di calcio, fibre minerali, fibre di canapa, fibra di legno, vetro cellulare (densità appropriata)
Isolamento interno pareti senza barriera al vapore (valutare freno vapore)	Pannelli in calcio silicato, cellulosa, fibra di legno a diffusione aperta, pannelli in PUR rivestiti in alluminio, vetro cellulare (densità appropriata), XPS non aperti alla diffusione
Isolamento per pareti con sistema costruttivo a telaio	Pannelli o materassini in fibra di canapa, di lino, fibre minerali, fibra di legno, lana di pecora, fiocchi di cellulosa, granuli di sughero, perlite espansa

Ambiti di impiego dei materiali isolanti

Solai intermedi: isolamento acustico anticalpestio	Pannelli EPS, fibre minerali, fibra di canapa, fibra di lino, fibra di legno, sughero, lana di pecora, perlite espansa, fibra di cocco
Solai o tetti in travi di legno Isolamento non resistente a compressione tra puntoni	Feltri in fibra di lino, di canapa, fibre minerali, lana di pecora, fibra di legno, perlite espansa, granuli di sughero, fiocchi di cellulosa, fibre di canapa
Isolamento sopra i puntoni	EPS, fibre minerali ad alta resistenza, PUR, XPS, pannelli in fibra di legno, sughero, pannelli in fibra di canapa, vetro cellulare (densità appropriata)
Ultimo solaio	EPS, sughero, perlite espansa, fibre minerali pesanti, PUR, XPS, vetro cellulare, fibre di canapa, di legno, cellulosa
Partizioni interne, tetto piano e tetto verde	Perlite espansa, fibre minerali ad alta resistenza, PUR, vetro cellulare (densità appropriata), XPS

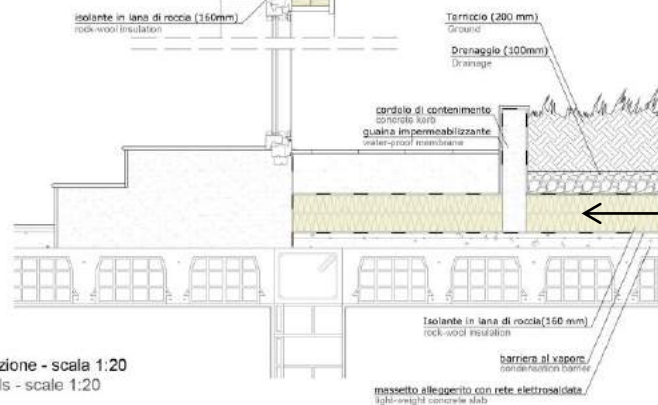
ISOLANTI APPLICATI



Multistrato, fibra di legno, lana di roccia, sottovuoto, sughero, lana di vetro



Multistrato, fibra di legno, lana di roccia, sottovuoto, sughero, lana di vetro, polistirene, polistirolo

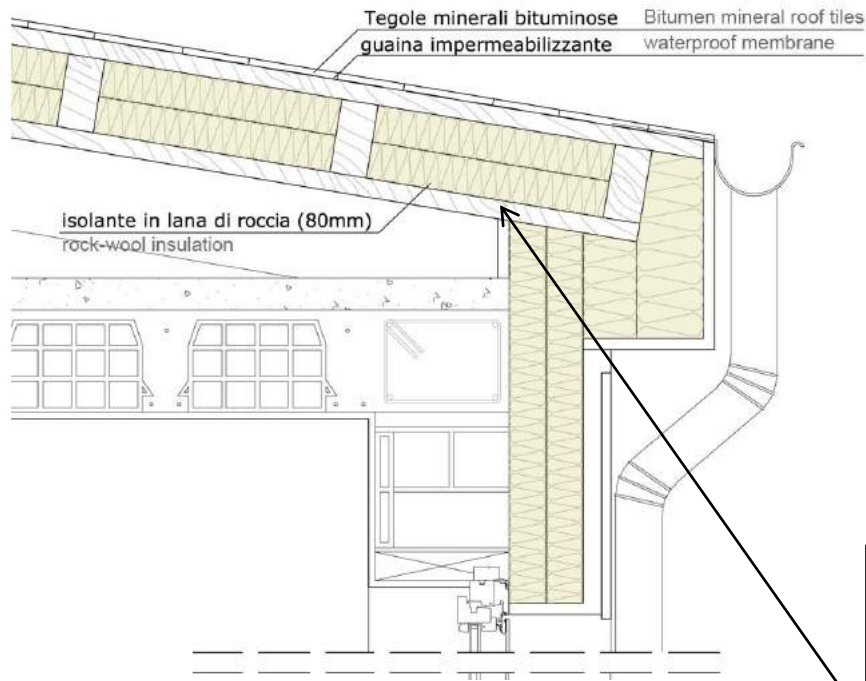


Areogel, sughero, poliuretano, polistirene



Particolari tecnologici in sezione - scala 1:20
Section technological details - scale 1:20

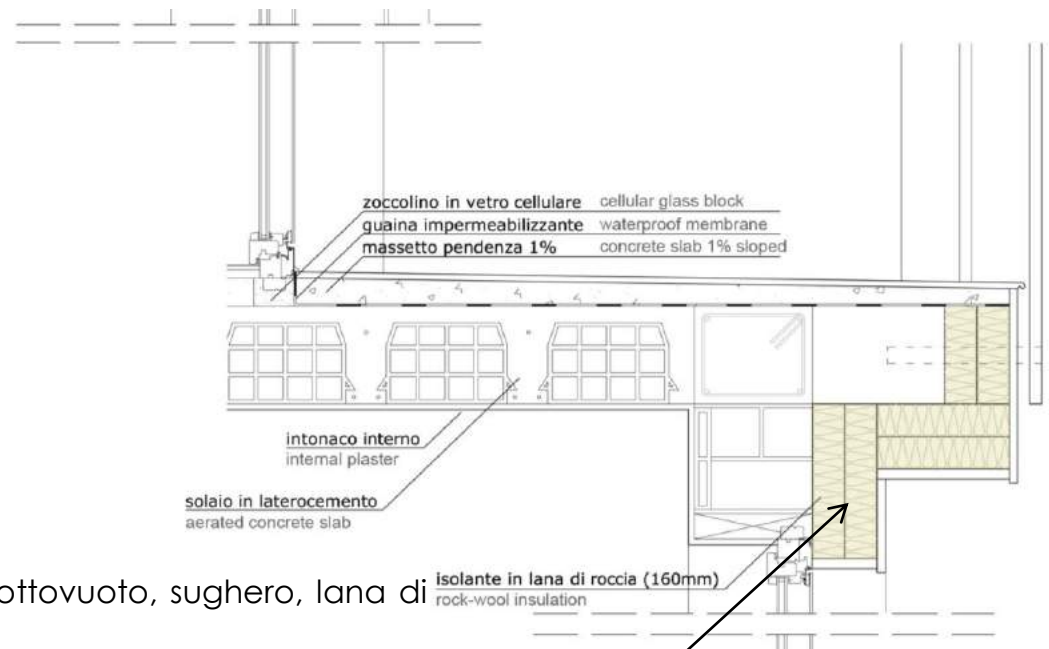
ISOLANTI APPLICATI



Multistrato, fibra di legno, lana di roccia, sottovuoto, sughero, lana di vetro



ISOLANTI APPLICATI

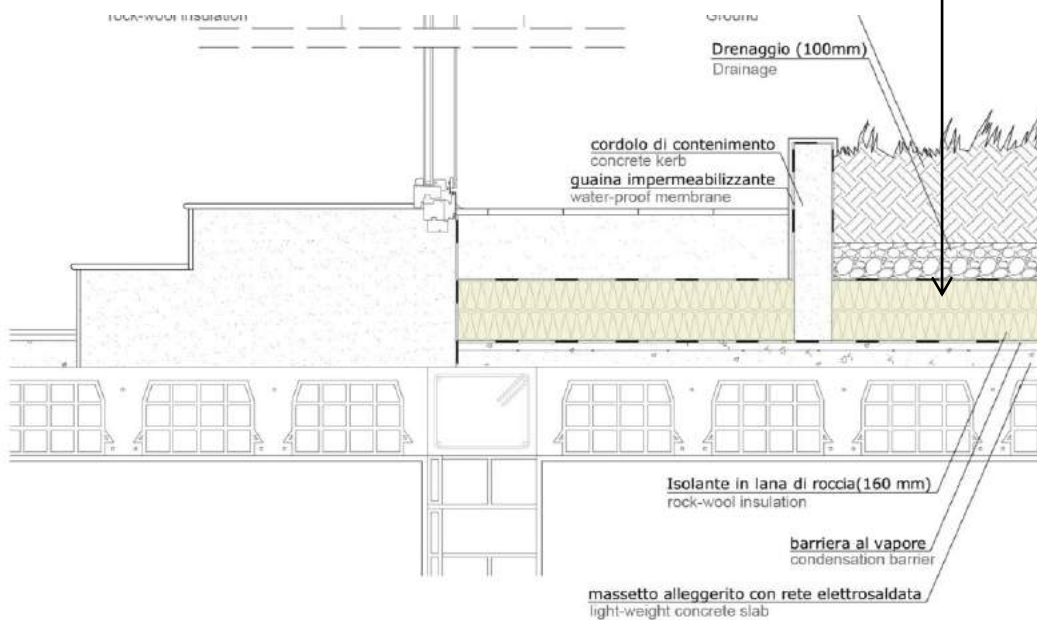


Multistrato, fibra di legno, lana di roccia, sottovuoto, sughero, lana di vetro, polistirene, polistirolo



ISOLANTI APPLICATI

Areogel, sughero, poliuretano, polistirene



Isolanti di origine minerale

ARGILLA ESPANSA



Presentazione: granuli sfusi

Materia prima: impasto di argilla e olio sottoposto ad elevate temperature

Proprietà: scarso potere termoisolante, buone capacità fonoassorbenti, ottima protezione estiva

Impiego: riempimento di intercapedini, alleggerimento di solai (miscelato con cls)

Conducibilità termica λ : 0,09 – 0,12 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 2-8

Costo medio: 50-250 €/mc



Isolanti di origine minerale

SILICATO DI CALCE ESPANSO



Presentazione: pannelli

Materia prima: ossidi di calcio e di silicio con l'aggiunta di cellulosa (3-6%) per migliorare la flessibilità e la resistenza degli spigoli. I materiali vengono miscelati con acqua (silicato di calcio idrato) e versati in stampi, dunque trattati con vapore acqueo in autoclave ad alte temperature, fino ad ottenere una struttura aperta con pori fini (fino al 90%)

Proprietà: isolamento interno e risanamento da umidità e muffe. Deve essere trattato in superficie con materiali aperti alla diffusione dei vapore.

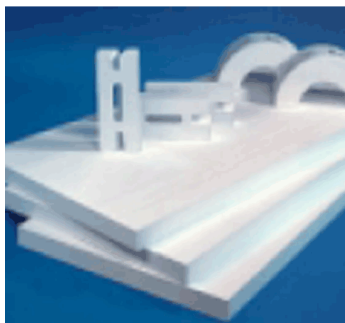
Conducibilità termica λ : 0,060-0,095 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 3-20

Costo medio: 350-450 €/mc

Isolanti di origine minerale

CALCE CEMENTO CELLULARE



Presentazione: pannelli o granuli (derivanti dagli scarti di fabbricazione dei pannelli)

Materia prima: sabbia silicea, idrato di calce, cemento Portland, acqua, schiuma proteica e sostanze idrofobizzanti

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, buona capacità di regolazione dell'umidità grazie all'elevata permeabilità al vapore. Non adatto come isolante acustico.

Impiego: isolamento a cappotto

Impiego: Conducibilità termica λ : 0,076 – 0,094 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 15-20

Costo medio: 200-300 €/mc

Isolanti di origine minerale

FIBRE MINERALI (LANA DI VETRO, LANA DI ROCCIA)



Presentazione: pannelli, feltri, materassini, materiale sfuso

Materia prima (l. vetro): sabbia di quarzo o vetro riciclato (45-49%), soda, dolomite, feldspato, calcare e resina sintetica (bakelite). Processo di fusione e centrifugazione **(l. roccia):** rocce basaltiche, resine sintetiche portate a fusione e idrofobizzazione con sostanze a base di silicone o oli minerali.

Proprietà: qualità isolanti molto buone, ma scarsa protezione estiva, ottimo isolamento acustico, non regola l'umidità.

Impiego: coperture (tra e sopra i travetti), solai intermedi, isolamento a cappotto e facciate ventilate, riempimento tra sistemi costruttivi a secco. Deve essere protetto dall'umidità e necessita generalmente di compartimentazione.

Conducibilità termica λ : 0,038-0,053 W/mK (vetro) | 0,037 – 0,054 W/mK (roccia)

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1 (v+r)

Costo medio: 100-350 €/mc (vetro) | 80-250 €/mc (roccia)

Isolanti di origine minerale

VETRO CELLULARE



Presentazione: pannelli, blocchi, granuli, elementi sagomati

Materia prima: sabbia quarzifera e vetro riciclato (fino a oltre il 60%) macinati e portati ad elevate temperature con aggiunta di carbonio che causa la formazione di gas e conferendo struttura alveolare.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti e buona protezione estiva, completamente impermeabile all'acqua e al vapore. I pannelli hanno elevata resistenza meccanica a compressione, ma su superfici piane (altrimenti rischio rottura)

Impiego: in presenza di umidità, ovvero coperture, pareti contro terra, solai verso ambienti esterni.

Conducibilità termica λ : 0,055 – 0,066 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : ∞

Costo medio: 300-500 €/mc (pannelli) | 80-150 €/mc (granulato sfuso)

Isolanti di origine minerale

PERLITE ESPANSA



Presentazione: granuli sfusi, pannelli

Materia prima: sabbia quarzosa e/o vetro riciclato (fino a oltre il 60%) portati ad elevate temperature.

Proprietà: Buona permeabilità al vapore, anche se i singoli granuli sono completamente impermeabili. E' un materiale con buone proprietà termoisolanti e fonoassorbenti, è incombustibile e non emette fumi tossici in caso di incendio, non contiene sostanze nocive per la salute, è inerte, stabile nel tempo, inattaccabile da parassiti.

Impiego: riempimento di intercapedini, coperture, sottotetti non praticabili, impastata con calce idraulica è impiegata per la realizzazione di sottofondi e massetti in solai interpiano o controterra, coperture piane e a falda. A granulometria per la realizzazione di intonaci termoisolanti, fonoassorbenti e resistenti al fuoco.

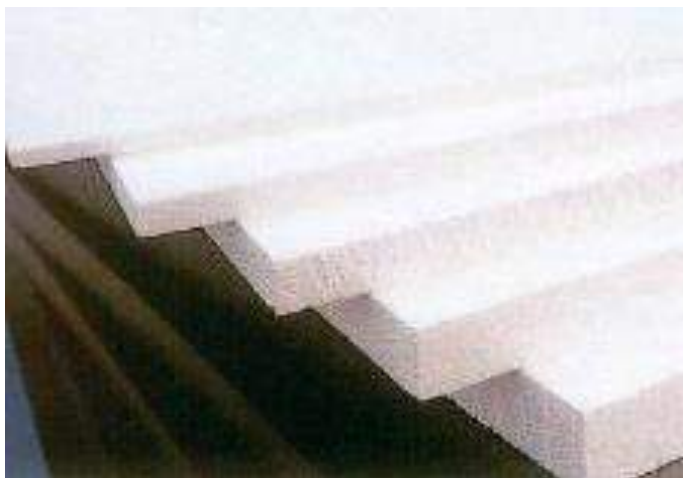
Conducibilità termica λ : 0,045-0,070 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-5

Costo medio: 100-250 €/mc

Isolanti di origine sintetica

POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)



Presentazione: pannelli, perle sciolte, elementi sagomati

Materia prima: polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. È possibile aggiungere polvere di alluminio o grafite per migliorare le proprietà termiche (EPS grigio).

Proprietà: da buone a ottime proprietà termoisolanti, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio ma non da trasmissione aerea.

Impiego: coperture, solai a terra e interpiano (anche come supporto di sistemi radianti a pavimento), sistemi a cappotto.

Conducibilità termica λ : 0,040 – 0,056 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 21-107

Costo medio: 50-250 €/mc

Isolanti di origine sintetica

POLISTIRENE ESPANSO ESTRUSO (XPS)



Presentazione: pannelli con o senza «pelle» (addensamento superficiale compatto), da solo o accoppiato con altri materiali

Materia prima: polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. Il propellente più utilizzato per l'espansione del polistirolo liquido è la CO_2 .

Proprietà: proprietà termoisolanti molto buone, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio ma non da trasmissione aerea.

Impiego: principalmente negli attacchi a terra e negli ambienti umidi particolarmente sollecitati ai carichi (coperture praticabili, a verde).

Conducibilità termica λ : 0,034 – 0,041 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 87-321

Costo medio: 150-250 €/mc

Isolanti di origine sintetica

POLIURETANO (PUR)



Presentazione: pannelli, schiume ad espansione in situ, elementi presagomati

Materia prima: polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. Il propellente più utilizzato per l'espansione del polistirolo liquido è la CO_2 .

Proprietà: proprietà termoisolanti molto buone, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio.

Impiego: copertura, come isolamento anticalpestio nei solai intermedi, isolamento di condotte impiantistiche.

Conducibilità termica λ : 0,032-0,034 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 60

Costo medio: 200-300 €/mc

Isolanti di origine vegetale

FIBRA DI CANAPA



Presentazione: feltri, pannelli, fibre sfuse

Materia prima: prodotto vegetale della canapa, trattato con soda o sali di boro per aumentare le proprietà antincendio e talvolta rinforzato con fibre di poliestere.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, buona capacità di regolare l'umidità (riesce ad assorbire umidità fino a un terzo del suo peso senza perdere le proprietà isolanti), buon isolamento acustico. È un materiale rinnovabile e riutilizzabile.

Impiego: in copertura come isolamento tra travetti, in parete nei sistemi di isolamento a cappotto (posato in più strati tra montanti) e nelle chiusure stratificate a secco. Nei solai intermedi vengono utilizzati i feltri anticalpestio. Può essere impiegato al posto delle schiume per il riempimento delle cavità.

Conducibilità termica λ : 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-5

Costo medio: 150-300 €/mc

Isolanti di origine vegetale

FIBRA DI CELLULOSA



Presentazione: pannelli, fiocchi sfusi

Materia prima: carta da giornale riciclata arricchita con sali di boro per la protezione antincendio e con additivi per la protezione dai roditori. Possono essere impiegate fibre di juta per il rinforzo dei pannelli.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, buona capacità di regolare l'umidità, molto buone proprietà di isolamento e assorbimento acustico. Se in fiocchi, è un materiale rinnovabile e riutilizzabile.

Impiego (fiocchi sfusi): per insufflazione nelle intercapedini di solai e chiusure verticali.

Impiego (pannelli): isolamento tra travetti o come isolamento anticalpestio.

Conducibilità termica λ : 0,045-0,058 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-3

Costo medio: 100-350 €/mc

Isolanti di origine vegetale

FIBRA DI COCCO



Presentazione: feltri, materassini, pannelli

Materia prima: rafia delle noci di cocco, sali di boro e solfato di ammonio per renderla ignifuga.

Proprietà: proprietà termoisolanti da medie a buone, buona capacità di regolare l'umidità, ottimo isolante acustico anticalpestio. Materia prima disponibile, ma pregiata, lunghi tragitti per il trasporto (valutazione LCA). È riciclabile.

Impiego: isolamento tra travetti, tra telai in legno o come isolamento anticalpestio.

Conducibilità termica λ : 0,043 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1

Isolanti di origine vegetale

FIBRA DI LEGNO



Presentazione: pannelli

Materia prima: residui della lavorazione del legno di conifere e latifoglie, senza o con aggiunta di lattice, paraffina, bitume, cera naturale per rendere i pannelli resistenti all'umidità.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, ottima protezione dal calore estivo, buone capacità di regolazione dell'umidità, buon isolamento acustico, anche d a calpestio. Risorsa sufficientemente disponibile, rigenerabile, può essere riciclato come combustibile.

Impiego: isolamento tra e sopra i travetti di copertura. Isolamento in pannelli anticalpestio nei solai. Pannelli per isolamento a cappotto e facciate ventilate. Buono anche per l'isolamento dall'interno.

Conducibilità termica λ : 0,040-0,55 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 2-5

Costo medio: 150-300 €/mc

Isolanti di origine vegetale

LANA DI LEGNO MINERALIZZATA



Presentazione: pannelli

Materia prima: fibre di abete mineralizzate rivestite da un legante minerale: il cemento Portland. Le fibre vengono sottoposte ad un trattamento mineralizzante che rende le fibre perfettamente inerti e ne aumenta la resistenza al fuoco

Proprietà: la struttura cellulare del legno conferisce al pannello isolamento, leggerezza, elasticità. Gli interstizi fra le fibre sono responsabili dell'assorbimento acustico e dell'ottimo aggrappaggio a tutte le malte.

Impiego: isolamento dai ponti termici di elementi in c.a. (usato come cassero per getti), architravi, cordoli solai, nicchie radiatori. Nelle chiusure verticali per isolamento a cappotto e per isolamento in intercapedine per protezione acustica. Nei solai per protezione acustica.

Conducibilità termica λ : 0,085-0,091 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 3-50 (solo lana di legno 5)

Costo medio: 200-550€/mc

Isolanti di origine vegetale

FIBRA DI LINO



Presentazione: pannelli, feltri, fibre sfuse

Materia prima: prodotto vegetale dal lino, trattato con boro o sali di ammonio per la resistenza al fuoco e agli insetti. Può presentare fibre di poliestere come rinforzo.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, media protezione dal caldo estivo, buone capacità di regolazione dell'umidità. Materia prima rinnovabile.

Impiego: isolamento di coperture e di chiusure stratificate a secco. Nei solai sono impiegati feltri anticalpestio; utilizzato in intercapedini come riempitivo al posto delle schiume.

Conducibilità termica λ : 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1

Isolanti di origine vegetale

SUGHERO



Presentazione: granulato sfuso, pannelli di agglomerato espanso

Materia prima: corteccia della quercia da sughero (Francia del Sud, Spagna, Portogallo, Africa del Nord) frantumata e sottoposta a cottura senza l'aggiunta di alcuna sostanza. Materia prima limitata e pregiata. Nella fase di cottura possono svilupparsi sostanze pericolose per la salute. Tragitti abbastanza lunghi per il trasporto (valutazione LCA). Può avere un odore molto forte.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti e capacità di protezione dal caldo estivo, buona capacità di regolazione dell'umidità, buone capacità di isolamento acustico.

Impiego: il granulato viene impiegato come riempimento di intercapedini. Isolamento a cappotto o parete ventilata. Coperture ventilate. Pannelli anticalpestio.

Conducibilità termica λ : 0,043-0,052 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 9-19

Costo medio: 200-450 €/mc

Isolanti di origine animale

LANA DI PECORA



Presentazione: feltri, fiocchi

Materia prima: lana di pecora, urea e derivati e sali di boro come trattamento antincendio e antitarma. Prodotto naturale sufficientemente disponibile.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, protezione termica estiva media, buona capacità di regolazione dell'umidità, buon isolamento acustico anche anticalpestio.

Impiego: in copertura è impiegato sotto forma di materassini tra travetti. In chiusura verticale come riempitivo in strutture stratificate a secco. Isolamento anticalpestio e in intercapedine tra le tubature.

Conducibilità termica λ : 0,035-0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-5

Costo medio: 150-250 €/mc

ISOLANTI INNOVATIVI



Multi-riflettenti



Sottovuoto



Aerogel

ISOLANTI INNOVATIVI



Multi-riflettenti

Sono isolanti tecnici a basso spessore, costituiti da una serie di film riflettenti e relativi materiali separatori (ovatte, schiume, ecc...).

I film riflettenti hanno la funzione di riflettere l'irraggiamento termico: è il principio dei doppi vetri e delle coperte termiche, utilizzate dai servizi di soccorso, applicato all'isolamento in edilizia.



ISOLANTI INNOVATIVI



Sottovuoto

Sono pannelli sigillati senz'aria e grazie a questo processo produttivo hanno una conduttività termica $\lambda=0,005$ quindi 8 volte maggiore rispetto ad un normale pannello isolante. In pratica 2 cm di questo materiale isolano circa come 16 dei tradizionali isolanti.

ISOLANTI INNOVATIVI

È una sorta di schiuma solida ottenuta attraverso la sostituzione del componente liquido con gas. Ogni particella impiegata nel blocco isolante si compone, per più del 90% di aria, contenuta in una struttura che impedisce il trasferimento di calore.



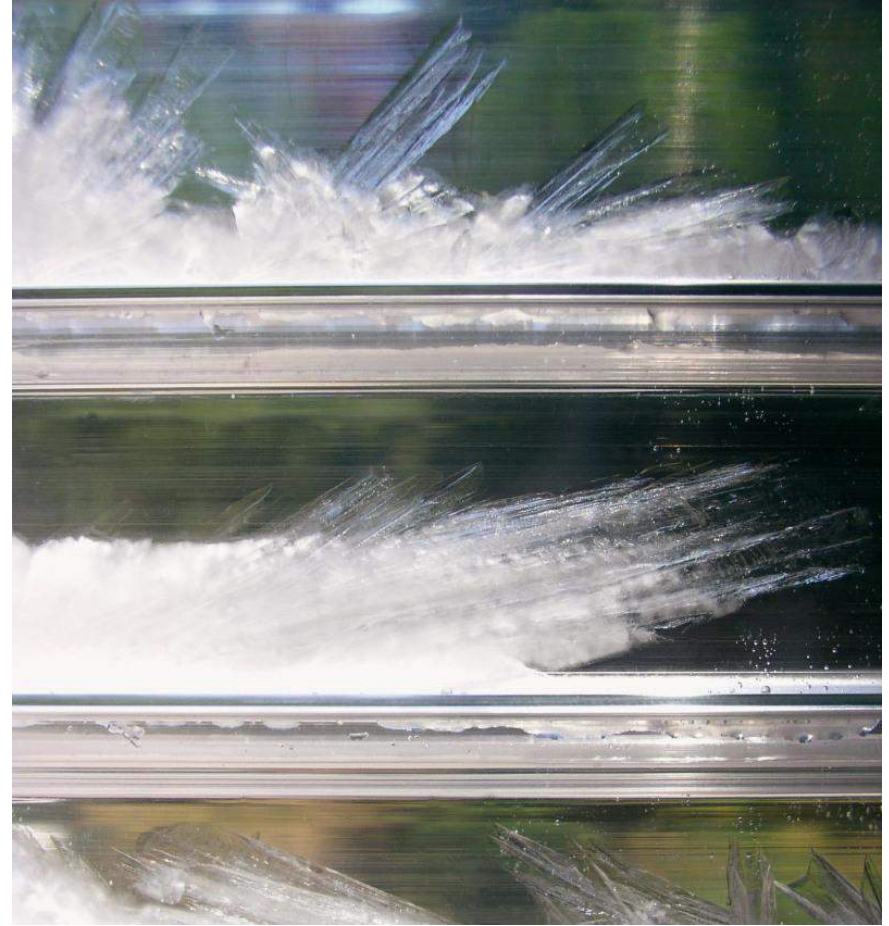
Aerogel

PHASE CHANGE MATERIALS (PCM)



I PCM («Phase changing material»), **materiali a cambiamento di fase**) sono accumulatori di calore intelligenti che sfruttano il fenomeno fisico della transazione di fase per assorbire i flussi energetici termici latenti e immagazzinare un'elevata quantità di energia, mantenendo costante la propria temperatura e restituendo il calore all'esterno durante un abbassamento successivo di temperatura.

GLASSX – GLASSX INDUSTRIES



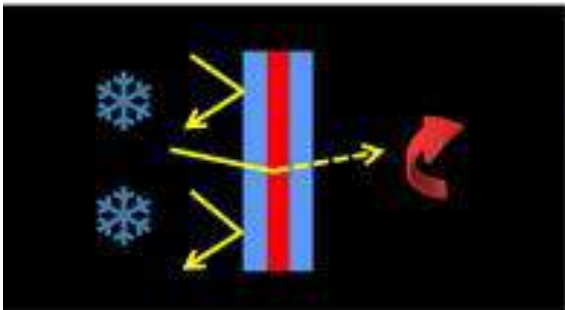
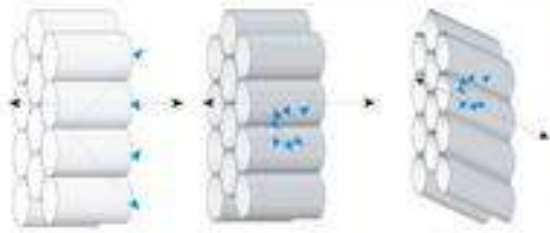
GLASSX – GLASSX INDUSTRIES



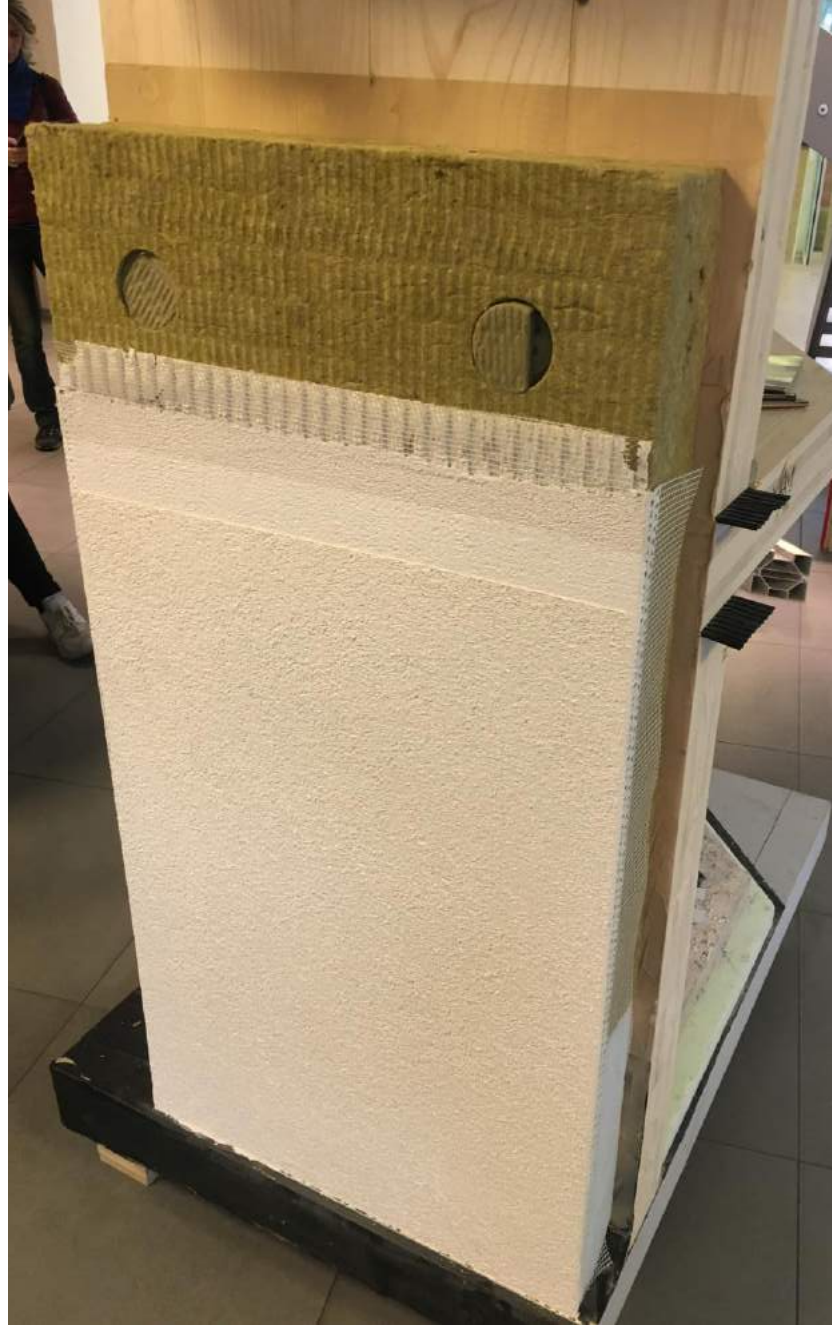
Sistema di facciata pluristrato in vetro contenente pannelli Pcm (sali idrati), GlassX è prodotto dall'omonima azienda svizzera

è composto da vetro di sicurezza esterno da 6 mm, camera d'aria con pannelli frangisole e gas nobile 20 mm, vetro di sicurezza bassoemissivo da 6 mm, intercapedine con gas nobile 20 mm, vetro di sicurezza bassoemissivo 6 mm, intercapedine con pannelli a cambiamento di fase 24 mm, vetro di sicurezza che può essere serigrafato con materiale ceramico in base alle esigenze.

GLASSX – GLASSX INDUSTRIES



XLAM DOLOMITI



CASA UNIFAMILIAIRE, MASCALUCIA (CT) (Progetto C. Sapienza)



CASA UNIFAMILIAIRE, MASCALUCIA (CT) (Progetto C. Sapienza)



CASA UNIFAMILIAIRE, MASCALUCIA (CT) (Progetto C. Sapienza)



CASA "MONICA" LEED PLATINUM, MODENA



CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



CASA IN LEGNO, SCENA (BZ) (Progetto M. Benedikter)



CASA UNIFAMILIARE, MARENO DI PIAVE (TV)



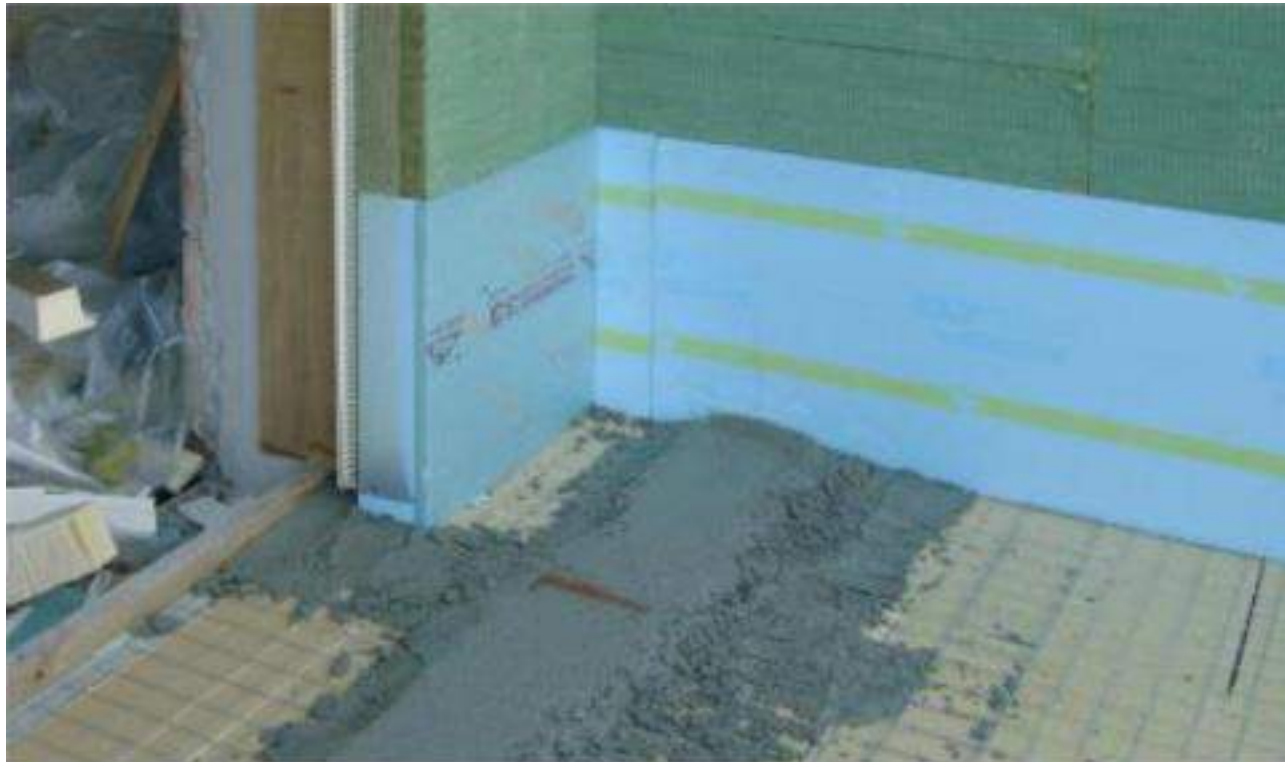
CASA UNIFAMILIARE, MARENO DI PIAVE (TV)



CASA "MAGNANELLI", MONTESCUDO (RN) (Progetto M. Benedikter)



CASA "MAGNANELLI", MONTESCUDO (RN) (Progetto M. Benedikter)



FILIALE UNICREDIT, REGGIO EMILIA

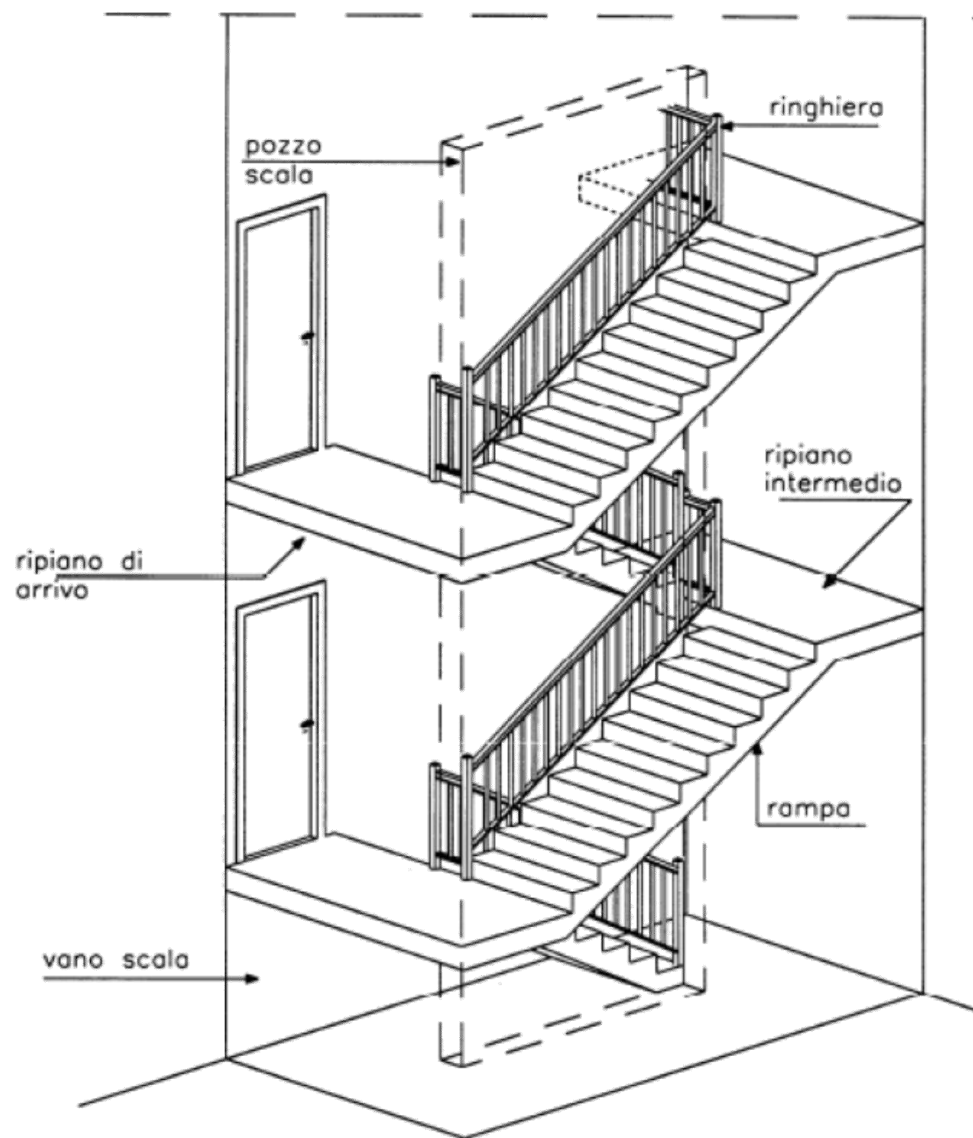






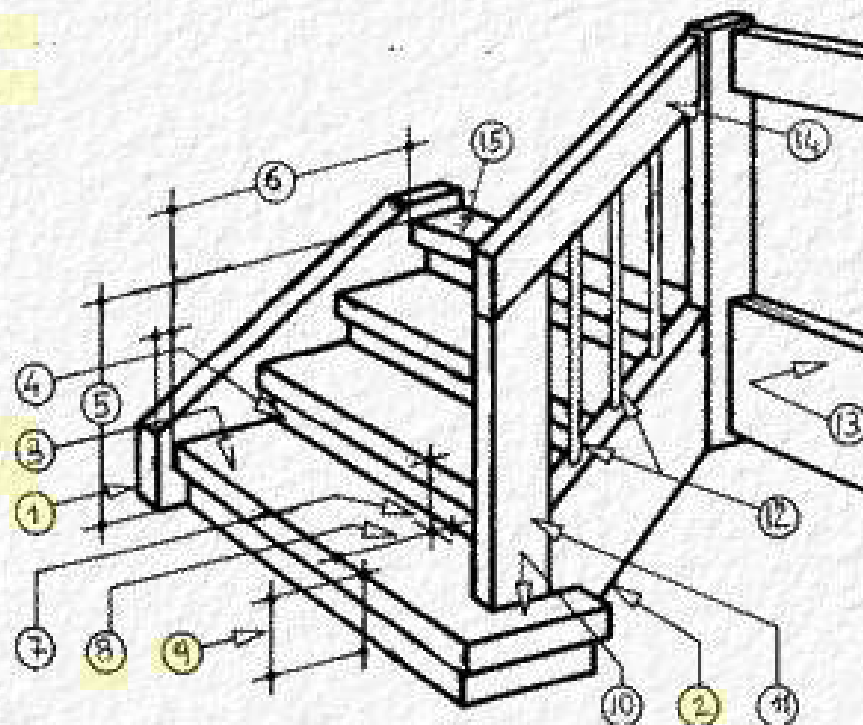
COLLEGAMENTI VERTICALI

La scala può essere definita come un elemento di fabbrica che permette, attraverso una successione di gradini, di porre in comunicazione piani a quote diverse.



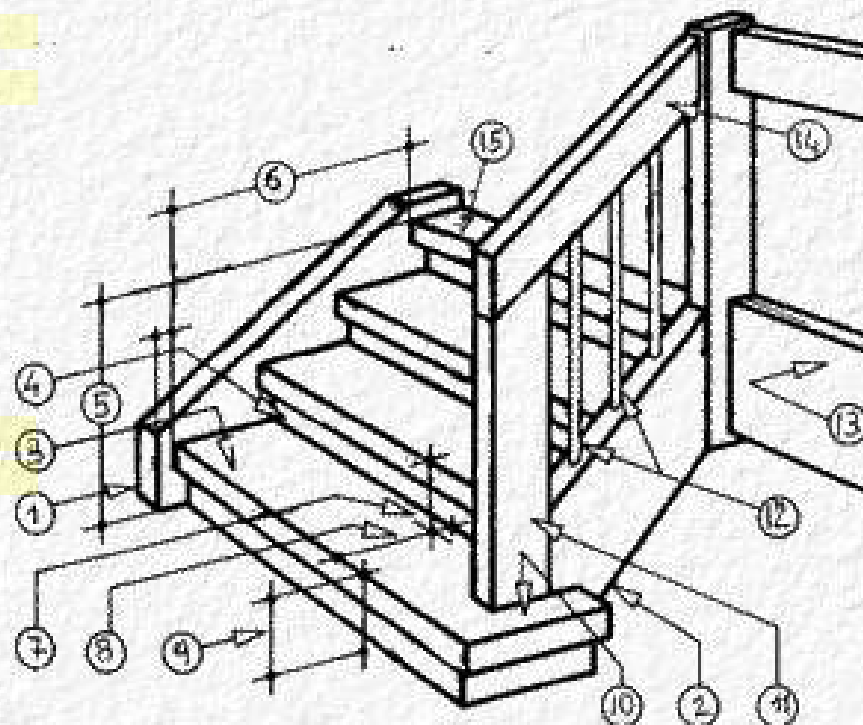
Scale diritte, parti costruttive

1. Cosciale o costola o fiancale a parete
2. Cosciale a vista
3. Pedata
4. Alzata o sottogrado o fronte
5. Altezza rampa
6. Lunghezza rampa
7. Spessore sormonto
8. Profondità pedata
9. Altezza alzata
10. Testa del gradino
11. Caposcala
12. Colonnine
13. Trave di bordo
15. Stangone



Scale diritte, parti costruttive

1. Cosciale o costola o fiancale a parete
2. Cosciale a vista
3. Pedata
4. Alzata o sottogrado o fronte
5. Altezza rampa
6. Lunghezza rampa
7. Spessore sormonto
8. Profondità pedata
9. Altezza alzata
10. Testa del gradino
11. Caposcala
12. Colonnine
13. Trave di bordo
15. Stangone

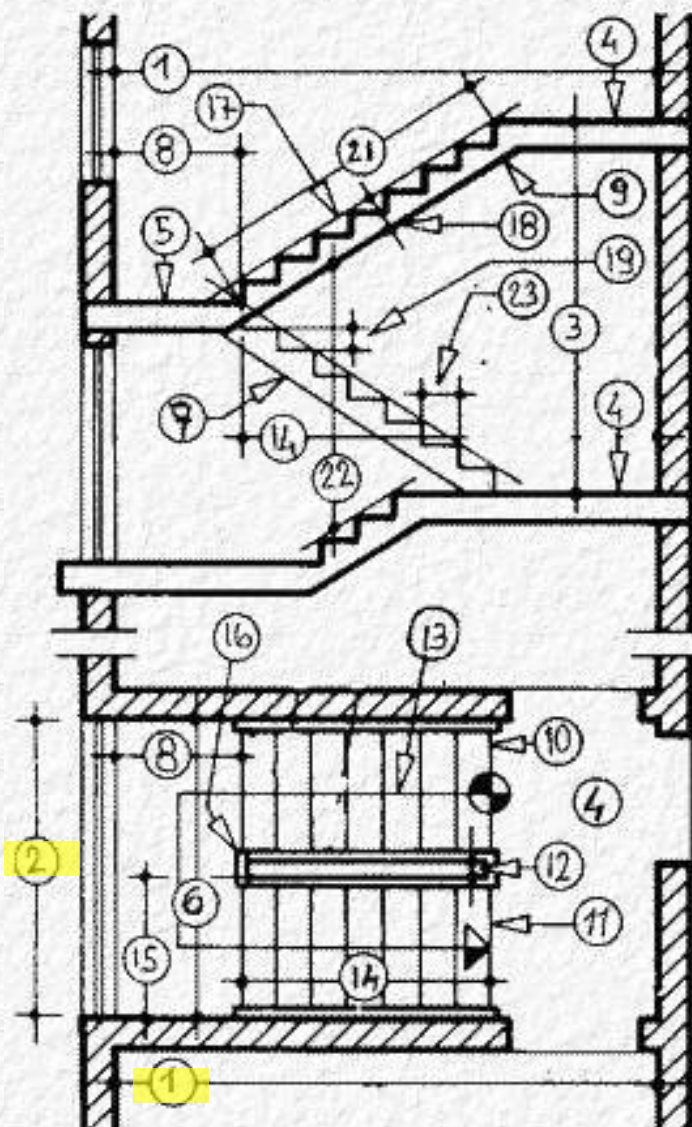


la **rampa** è la serie di gradini compresa tra due pianerottoli, la cui superficie inferiore è detta sottorampa o intradosso; quando la rampa appoggia solo agli estremi viene detta rampa a volo

Scale dritte, assieme generale

ABCD Gabbia della Scala

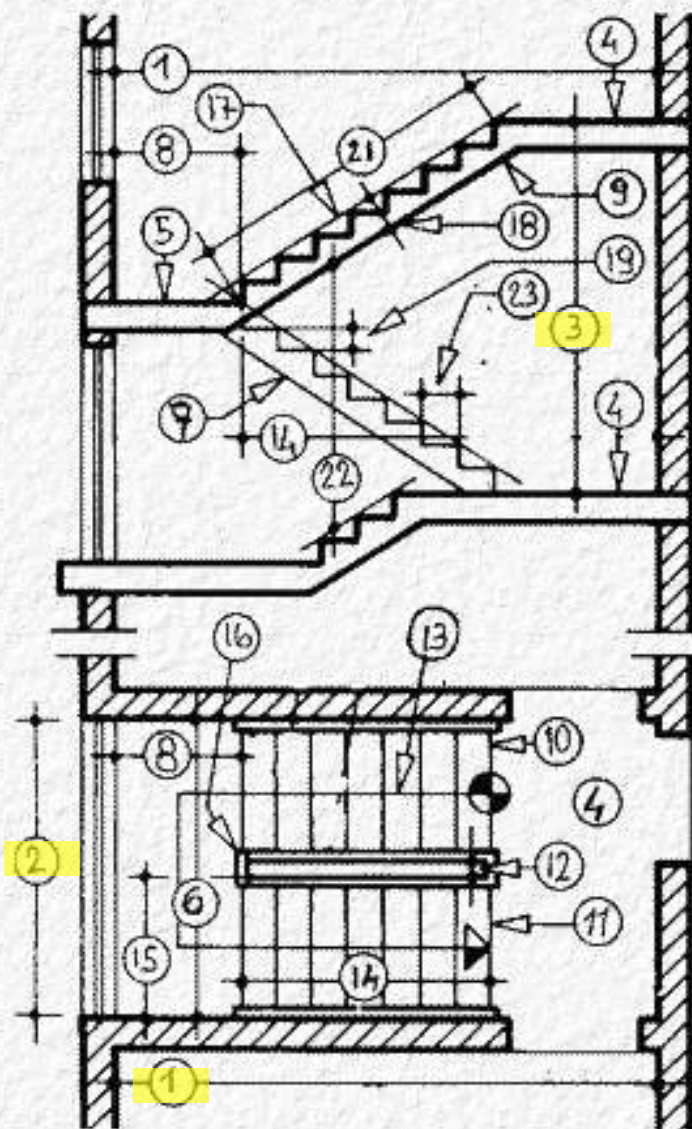
1. Lunghezza vano scala
2. Larghezza vano scala
3. Altezza interpiano o passo
4. Pianerottolo o ripiano
5. Pianerottolo intermedio
6. Larghezza pianerottolo
7. Prima rampa
8. Profondità pianerottolo
9. Sottorampa o intradosso
10. Primo gradino (*s'intende sempre a salire*)
11. Gradino di sbarco o ultimo gradino
12. Tromba o anima della scala
13. Freccia di direzione (*s'intende sempre a salire*)
14. Ingombro rampa (*proiezione in piano*)
15. Larghezza rampa
16. Caposcala
17. Inclinazione rampa o linea delle alzate
18. Rampa di sbarco
19. Alzata
20. Luce netta interpiano
21. Lunghezza rampa (*lungo l'inclinazione*)
23. Pedata



Scale dritte, assieme generale

ABCD Gabbia della Scala

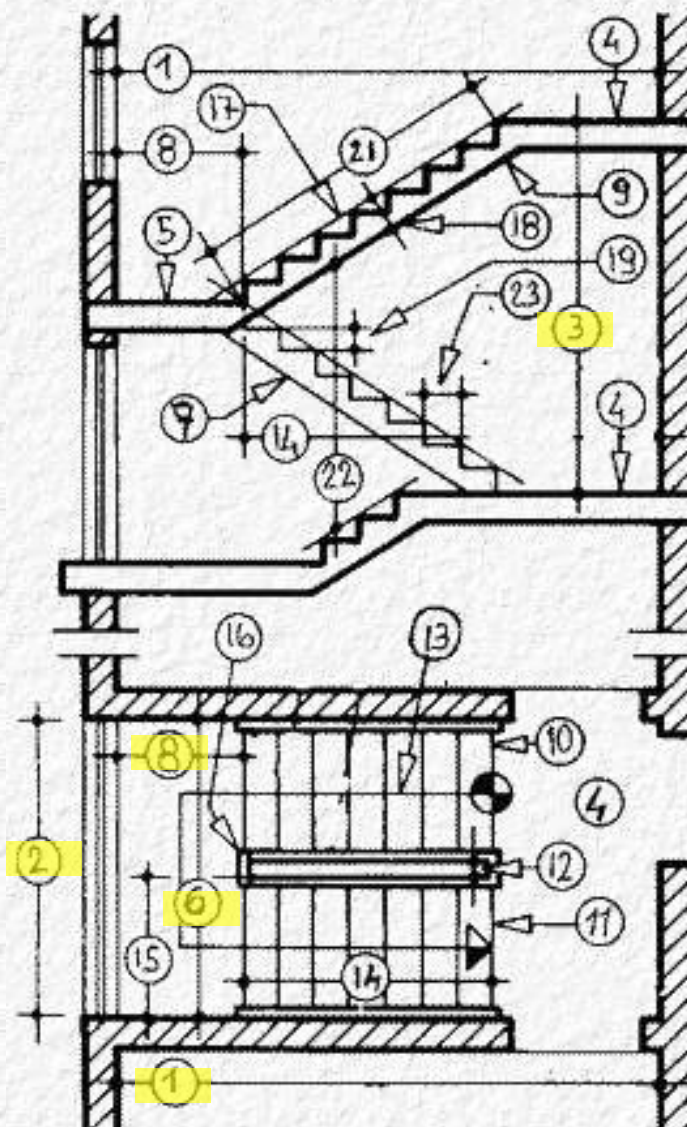
1. Lunghezza vano scala
2. Larghezza vano scala
3. Altezza interpiano o passo
4. Pianerottolo o ripiano
5. Pianerottolo intermedio
6. Larghezza pianerottolo
7. Prima rampa
8. Profondità pianerottolo
9. Sottorampa o intradosso
10. Primo gradino (*s'intende sempre a salire*)
11. Gradino di sbarco o ultimo gradino
12. Tromba o anima della scala
13. Freccia di direzione (*s'intende sempre a salire*)
14. Ingombro rampa (*proiezione in piano*)
15. Larghezza rampa
16. Caposcala
17. Inclinazione rampa o linea delle alzate
18. Rampa di sbarco
19. Alzata
20. Luce netta interpiano
21. Lunghezza rampa (*lungo l'inclinazione*)
23. Pedata



Scale diritte, assieme generale

ABCD Gabbia della Scala

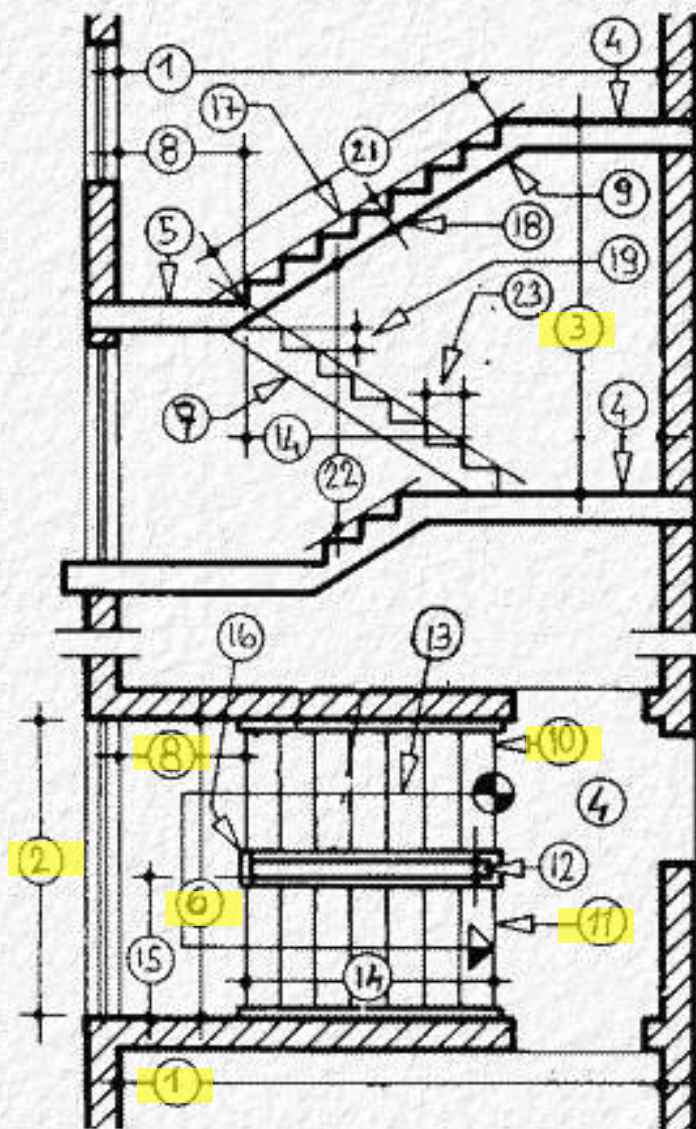
1. Lunghezza vano scala
2. Larghezza vano scala
3. Altezza interpiano o passo
4. Pianerottolo o ripiano
5. Pianerottolo intermedio
6. Larghezza pianerottolo
7. Prima rampa
8. Profondità pianerottolo
9. Sottorampa o intradosso
10. Primo gradino (*s'intende sempre a salire*)
11. Gradino di sbarco o ultimo gradino
12. Tromba o anima della scala
13. Freccia di direzione (*s'intende sempre a salire*)
14. Ingombro rampa (*proiezione in piano*)
15. Larghezza rampa
16. Caposcala
17. Inclinazione rampa o linea delle alzate
18. Rampa di sbarco
19. Alzata
20. Luce netta interpiano
21. Lunghezza rampa (*lungo l'inclinazione*)
23. Pedata



Scale dritte, assieme generale

ABCD Gabbia della Scala

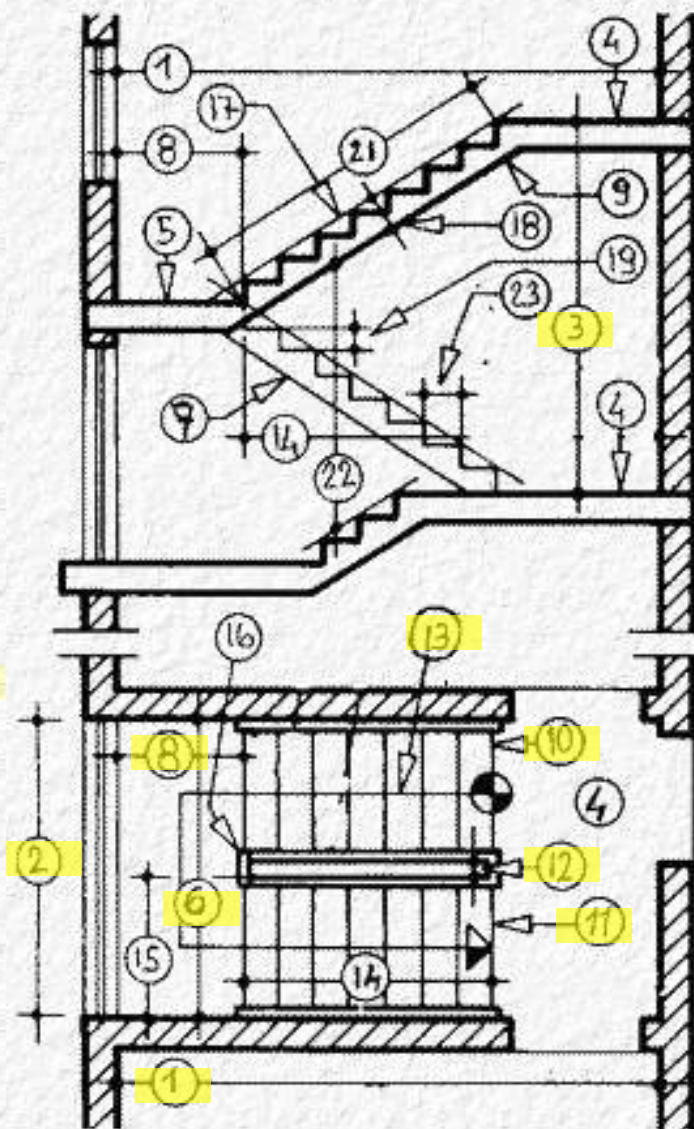
1. Lunghezza vano scala
2. Larghezza vano scala
3. Altezza interpiano o passo
4. Pianerottolo o ripiano
5. Pianerottolo intermedio
6. Larghezza pianerottolo
7. Prima rampa
8. Profondità pianerottolo
9. Sottorampa o intradosso
10. Primo gradino (*s'intende sempre a salire*)
11. Gradino di sbarco o ultimo gradino
12. Tromba o anima della scala
13. Freccia di direzione (*s'intende sempre a salire*)
14. Ingombro rampa (*proiezione in piano*)
15. Larghezza rampa
16. Caposcala
17. Inclinazione rampa o linea delle alzate
18. Rampa di sbarco
19. Alzata
20. Luce netta interpiano
21. Lunghezza rampa (*lungo l'inclinazione*)
23. Pedata



Scale dritte, assieme generale

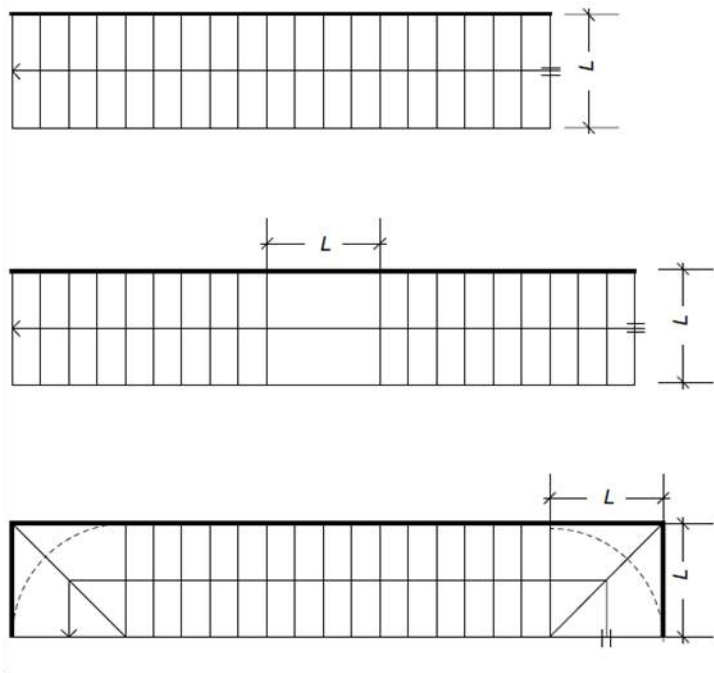
ABCD Gabbia della Scala

1. Lunghezza vano scala
2. Larghezza vano scala
3. Altezza interpiano o passo
4. Pianerottolo o ripiano
5. Pianerottolo intermedio
6. Larghezza pianerottolo
7. Prima rampa
8. Profondità pianerottolo
9. Sottorampa o intradosso
10. Primo gradino (*s'intende sempre a salire*)
11. Gradino di sbarco o ultimo gradino
12. Tromba o anima della scala
13. Freccia di direzione (*s'intende sempre a salire*)
14. Ingombro rampa (*proiezione in piano*)
15. Larghezza rampa
16. Caposcala
17. Inclinazione rampa o linea delle alzate
18. Rampa di sbarco
19. Alzata
20. Luce netta interpiano
21. Lunghezza rampa (*lungo l'inclinazione*)
23. Pedata

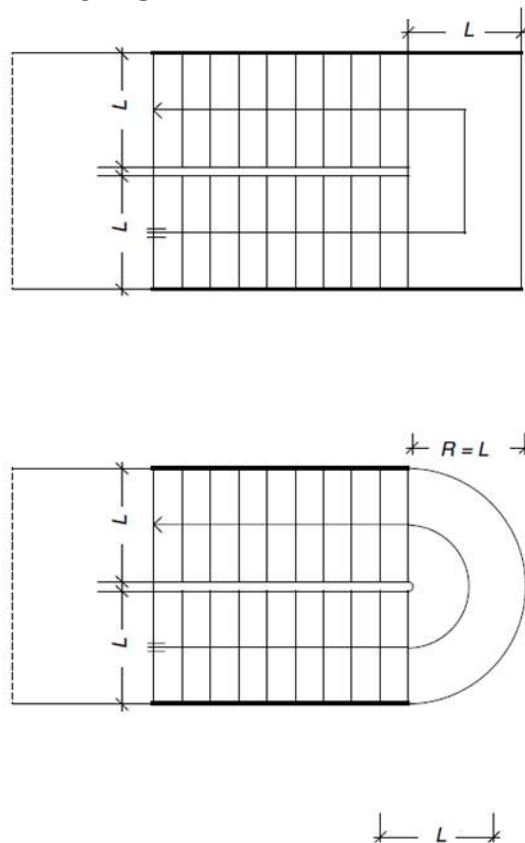


TIPOLOGIE DI RAMPE IN FUNZIONE DELLA FORMA

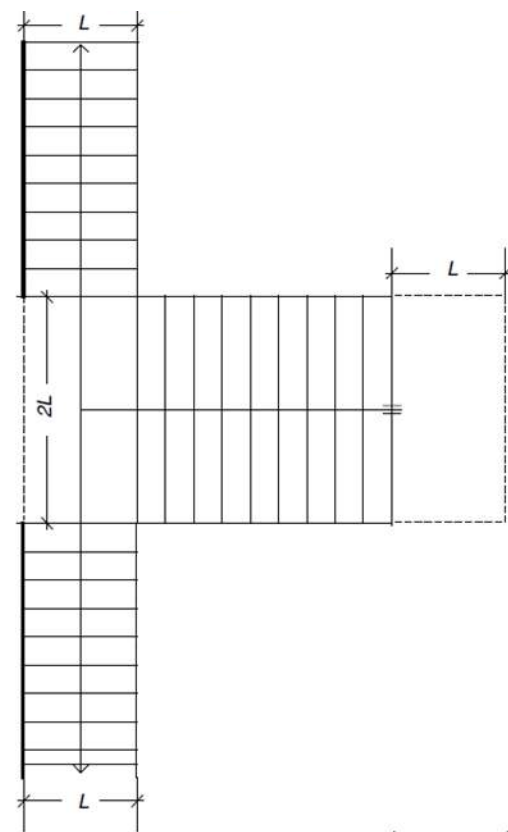
AD UNA RAMPA, IN LINEA O CURVE



A DUE O TRE RAMPE



COMPLESSE

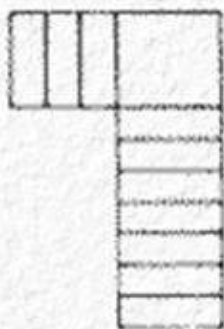


TIPOLOGIE DI RAMPE IN FUNZIONE DELLA FORMA

Tipi di sviluppo delle scale a giorno



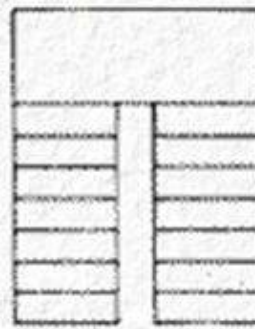
Ad "I"



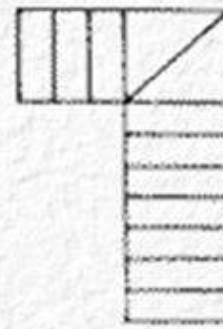
Ad "L"
con pianerottolo



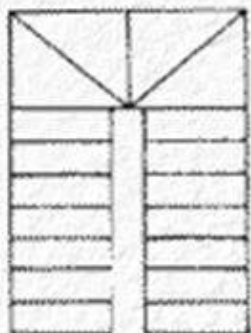
Ad "U"
con doppio pianerottolo



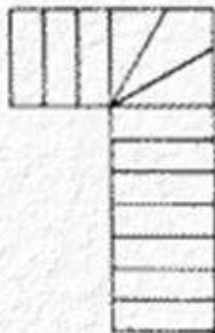
Ad "U"
Con pianerottolo unico



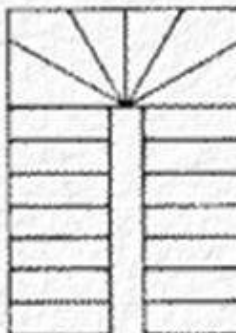
Ad "L"
con ventaglio "a 2"



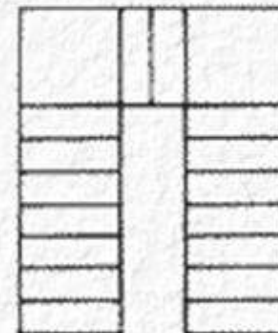
Ad "U"
Con doppio ventaglio "a 2"



Ad "L"
con ventaglio "a 3"

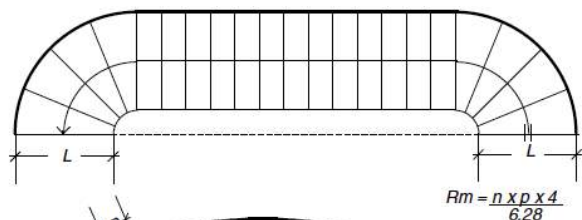


Ad "U"
con doppio ventaglio "a 3"



Ad "U"
con doppio pianerottolo
e rampa intermedia

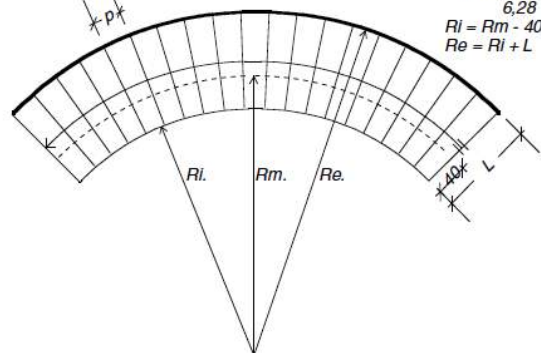
TIPOLOGIE DI RAMPE IN FUNZIONE DELLA FORMA



$$Rm = \frac{n \times p \times 4}{6,28}$$

$$Ri = Rm - 40 \text{ cm}$$

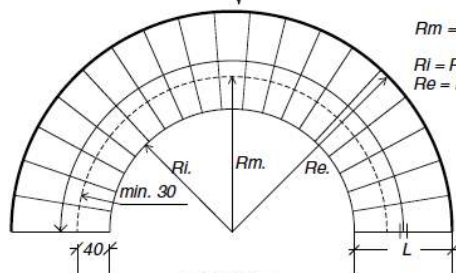
$$Re = Ri + L$$



$$Rm = \frac{n \times p \times 2}{6,28}$$

$$Ri = Rm - 40 \text{ cm}$$

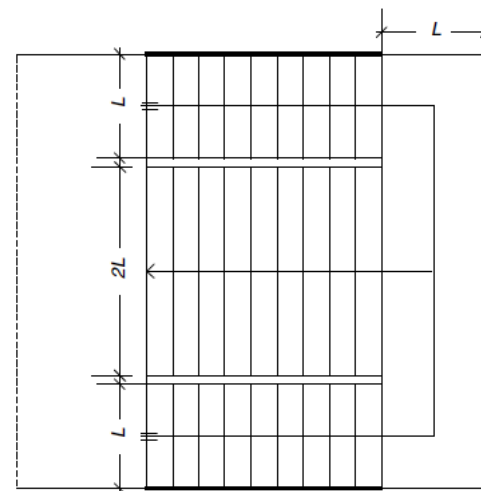
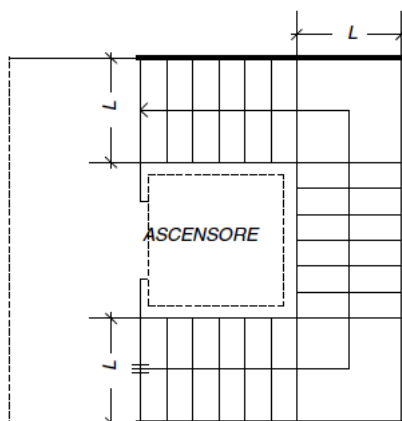
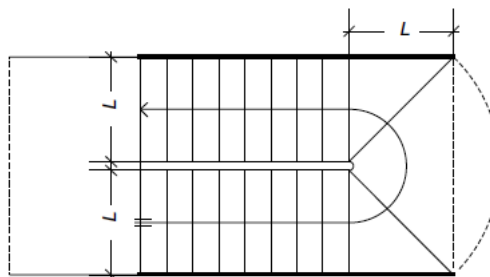
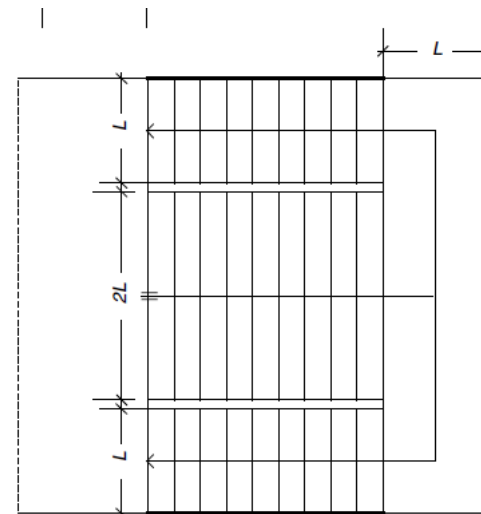
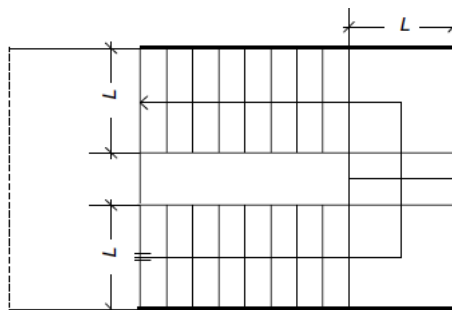
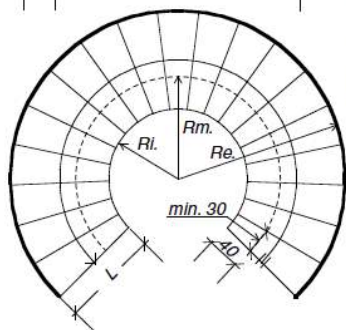
$$Re = Ri + L$$



$$Rm = \frac{n \times p \times 4/3}{6,28}$$

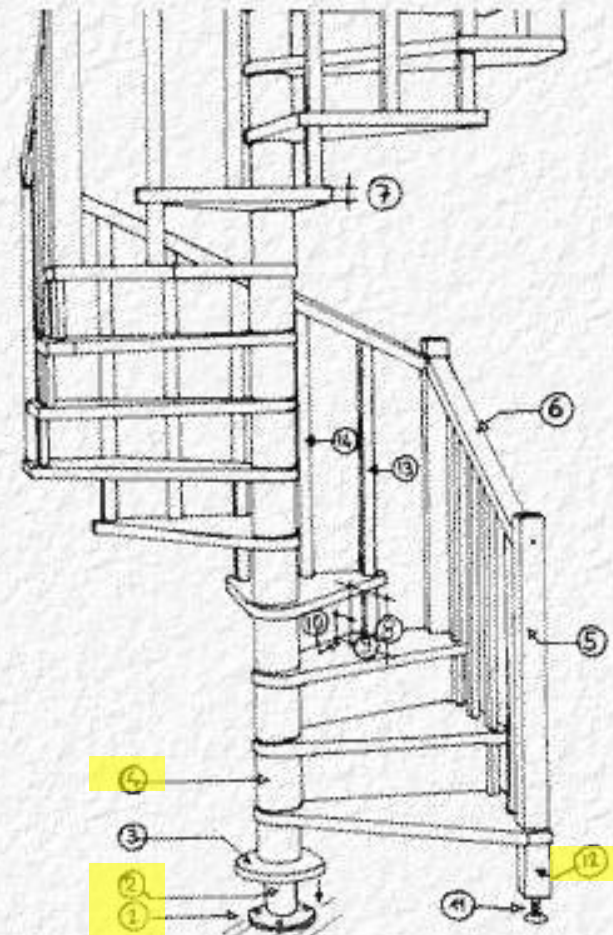
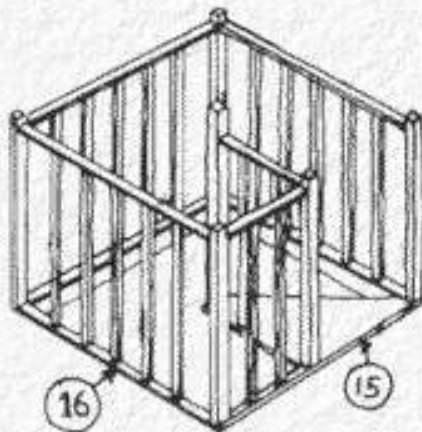
$$Ri = Rm - 40 \text{ cm}$$

$$Re = Ri + L$$



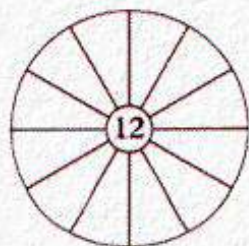
Scale a chiocciola, assieme generale

1. Piastra di base
2. Asse centrale o piantone o tige
3. Copripiastra
4. Distanziale centrale
5. Caposcala
6. Corrimano
7. Spessore gradino
8. Alzata
9. Pedata
10. Sormonto
11. Piedino laterale
12. Distanziale laterale
13. Colonnina
14. Colonnina Intermedia
15. Pianerottolo o sbarco
16. Balaustra protezione foro
17. Passo della scala
18. Linea di percorso

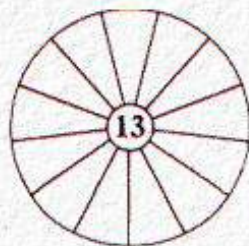


Scale a chiocciola a pianta rotonda

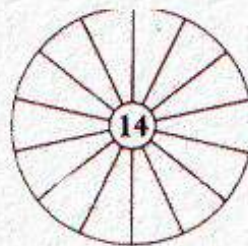
Numero di gradini generalmente inseriti in un giro di 360°



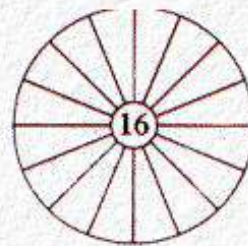
Ø da 100 a 140 cm



Ø da 140 a 160 cm



Ø da 160 a 180 cm

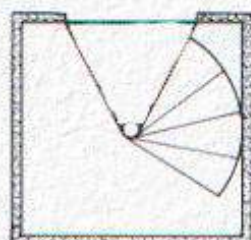


Ø da 180 a 200 cm

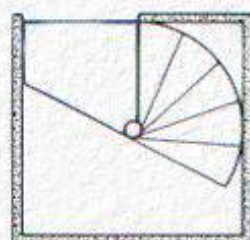
Tipi di pianerottolo



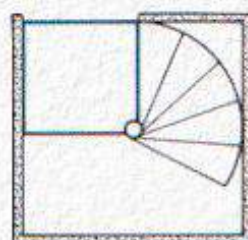
Triangolare
stondato



Triangolare



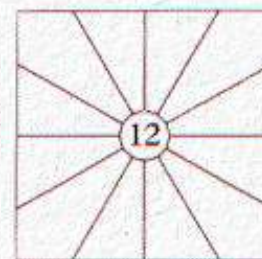
A trapezio (Dx o Sx)



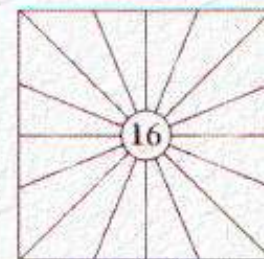
Quadrato

Scale a chiocciola a pianta quadrata

Numero di gradini per giro di 360°

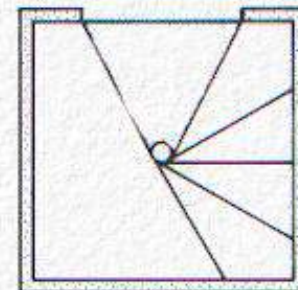
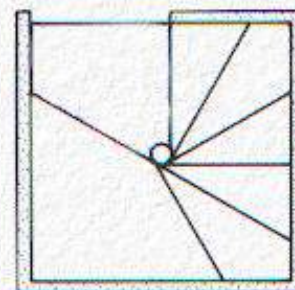


Lato da 100 a 160 cm



Lato da 160 a 200 cm

Tipi di pianerottolo



DIMENSIONAMENTO E FRUIBILITÀ

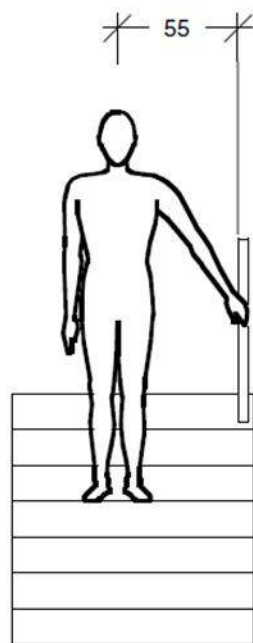
DIMENSIONAMENTO DELLE SCALE A GIORNO PER **GRADINI RETTILINEI** (UNI 10804:1999)

	PUBBLICO ⁽¹⁾	PRIVATO PRINCIPALE ⁽²⁾	PRIVATO SECONDARIO
Larghezza minima di passaggio utile, in mm	1200	800	600
Pedata minima, in mm	300	250	220
Rapporto alzata/pedata	2A+P=620-640	2A+P=620-640	2A+P=600-660

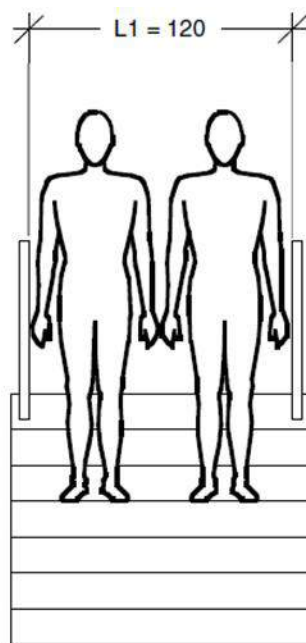
1) Ogni rampa deve avere un numero massimo di **15 gradini**

2) È possibile avere alzate tamponate solo con pedate > 250

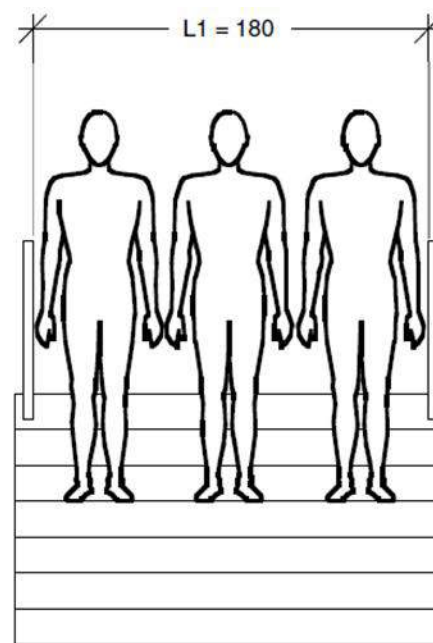
DIMENSIONAMENTO E FRUIBILITÀ



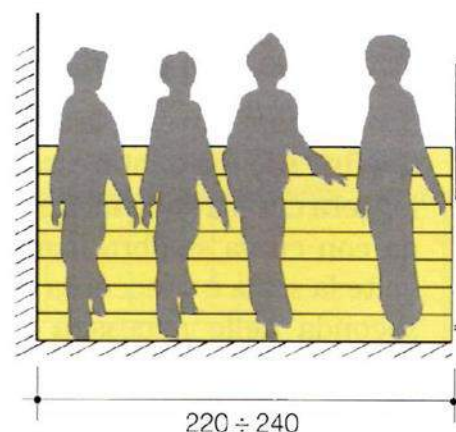
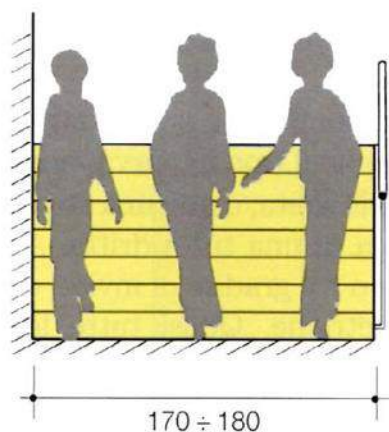
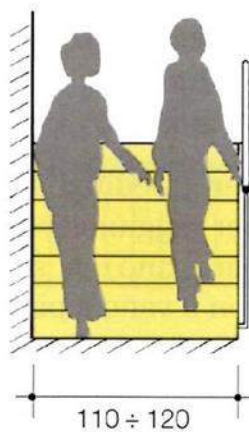
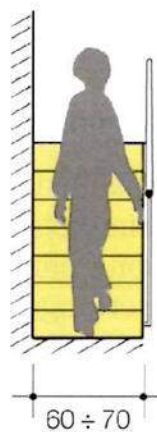
*POSIZIONE
MANCORRENTE*



*LARGHEZZA
SCALE A DUE TRANSITI*

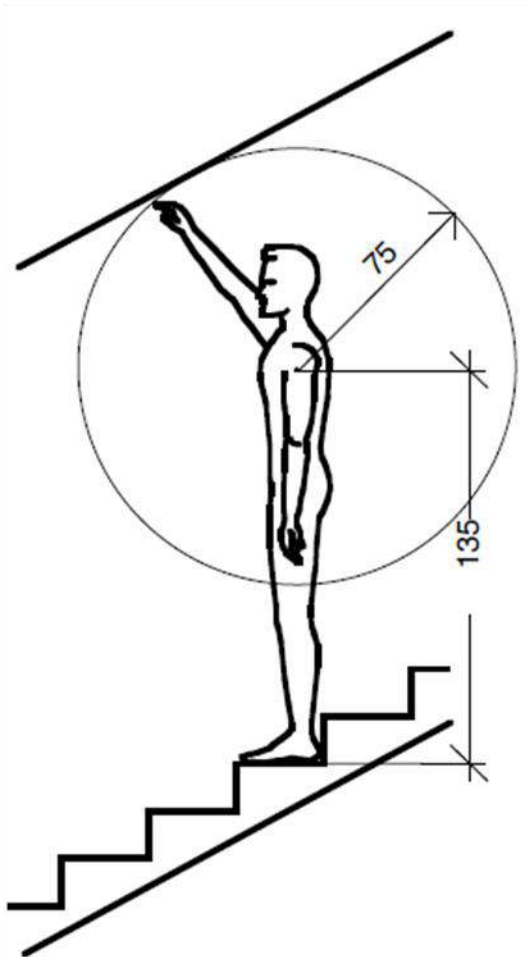


*LARGHEZZA
SCALE A TRE TRANSITI*

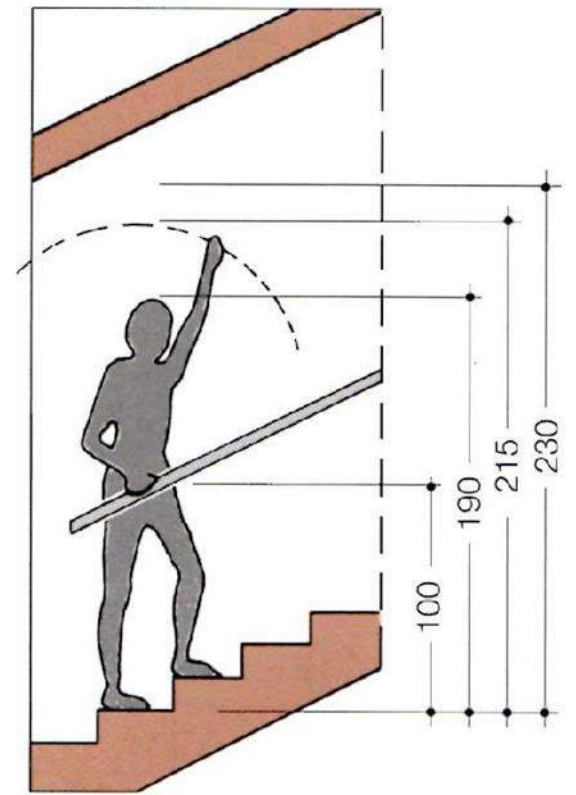
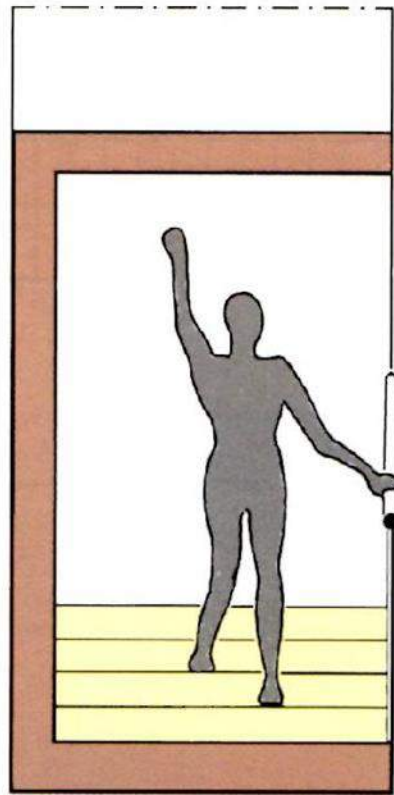


DIMENSIONAMENTO E FRUIBILITÀ

Altezze minime tra due rampe in rapporto alla persona



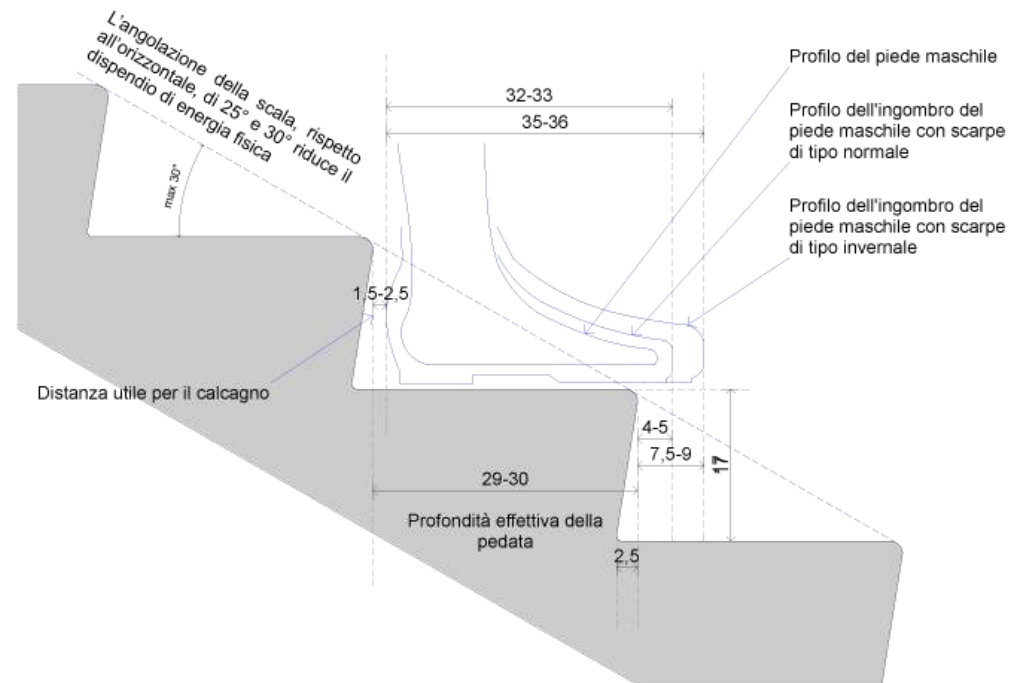
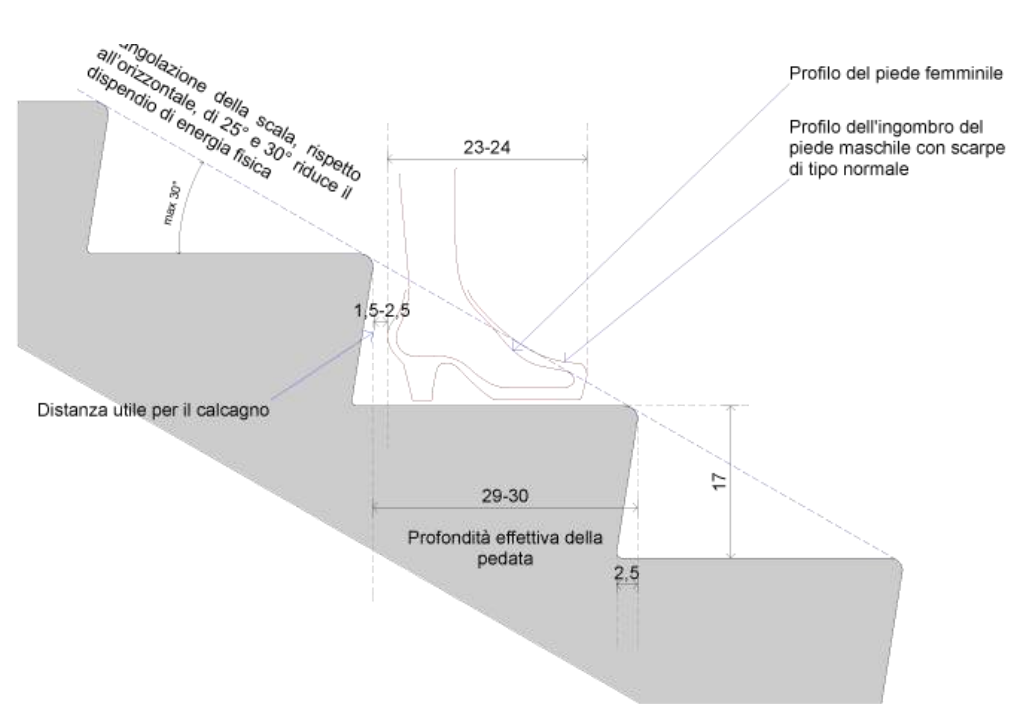
ALTEZZA LIBERA MINIMA
DA PEDATA A SOFFITTO



DIMENSIONAMENTO E FRUIBILITÀ

Formula generale per definire gli elementi di un gradino:

$$2a+p= 62-64 \text{ cm}$$



A - regola del passo. Si tiene conto della formula: 2 alzate + 1 pedata = 60÷65 cm

alzata =	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20
pedata =	29	28	27	26	25	24	23

B - numero delle alzate e relativo valore in rapporto all'altezza piano

n. alzate alzata cm	15	16	17	18	19	20	21	22
17	255	272	289	306	323	340	357	374
17,5	262	280	297	315	332	350	367	385
18	270	288	306	324	342	360	378	396
18,5	277	296	314	333	351	370	388	407
19	285	304	323	342	361	380	399	418
19,5	292	312	331	351	370	390	409	429
20	300	320	340	360	380	400	420	440

C - sviluppo della linea di salita in base all'alzata e alla pedata

n. alzate n. gradini pedata cm	15 14	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	21 20	22 21
23	322	345	368	391	414	437	460	483
24	336	360	384	408	432	456	480	504
25	350	375	400	425	450	475	500	525
26	364	390	416	442	468	494	520	546
27	378	405	432	459	486	513	540	567
28	392	420	448	476	504	532	560	588
29	406	435	464	493	522	551	580	609

$$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$$

$$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

Altezza interpiano da superare: 305 cm

$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

Altezza interpiano da superare: 305 cm

Tipo di sviluppo della scala: a U (due rampe)

$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

Altezza interpiano da superare: 305 cm

Tipo di sviluppo della scala: a U (due rampe)

Alzata: 17 cm $\gg 305/17 = 18$ alzate (9 per rampa)
(ricordarsi il pianerottolo $\gg 9 a - 2 a$ pianerottolo = 8 gradini per rampa)

$$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

Altezza interpiano da superare: 305 cm

Tipo di sviluppo della scala: a U (due rampe)

Alzata: 17 cm $\gg 305/17 = 18$ alzate (9 per rampa)
(ricordarsi il pianerottolo $\gg 9 a - 2 a$ pianerottolo = 8 gradini per rampa)

Pedata: 29 cm $\gg 2(17)+29 = 63$ **OK**

$$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

Altezza interpiano da superare: 305 cm

Tipo di sviluppo della scala: a U (due rampe)

Alzata: 17 cm $\gg 305/17 = 18$ alzate (9 per rampa)
(ricordarsi il pianerottolo $\gg 9 a - 2 a$ pianerottolo = 8 gradini per rampa)

Pedata: 29 cm $\gg 2(17)+29 = 63$ **OK**

(se pubblica $p = \min 30$ cm)

Pedata: 30 cm $\gg 2(17)+30 = 64$ **OK**

$$2a+p= 62-64 \text{ (60-65) cm}$$

Numero massimo di gradini consecutivi per rampa: 15

Altezza interpiano da superare: 305 cm

Tipo di sviluppo della scala: a U (due rampe)

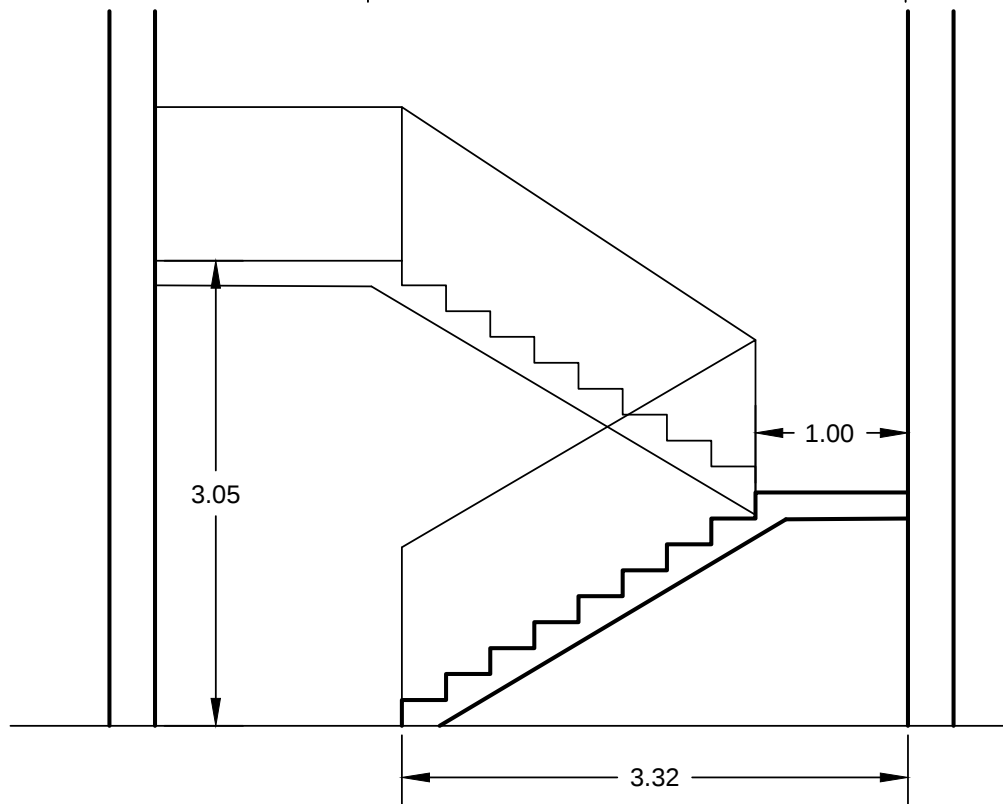
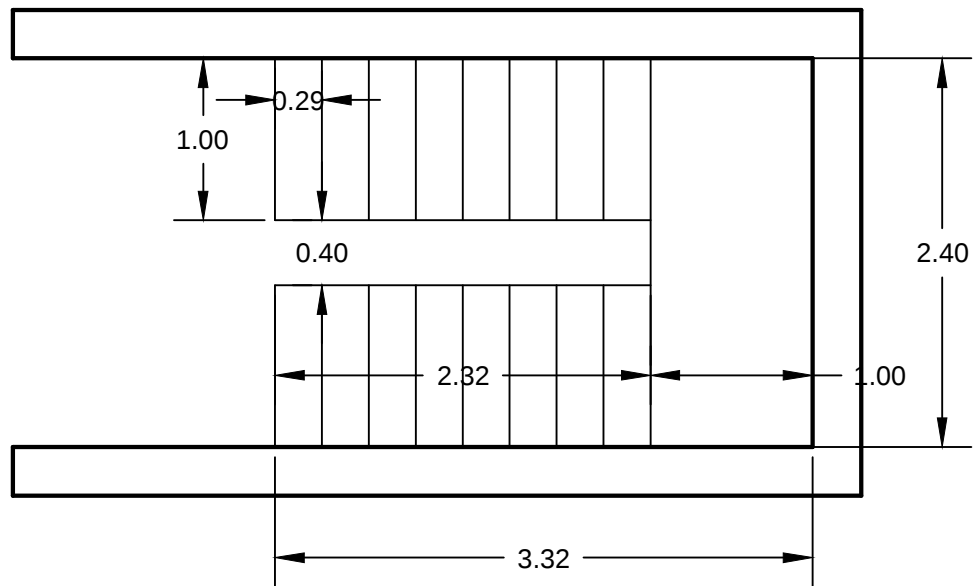
Alzata: 17 cm $\gg 305/17 = 18$ alzate (9 per rampa)
(ricordarsi il pianerottolo $\gg 9 a - 2 a$ pianerottolo = 8 gradini per rampa)

Pedata: 29 cm $\gg 2(17)+29 = 63$ **OK** (se pubblica $p = \text{min } 30 \text{ cm}$)

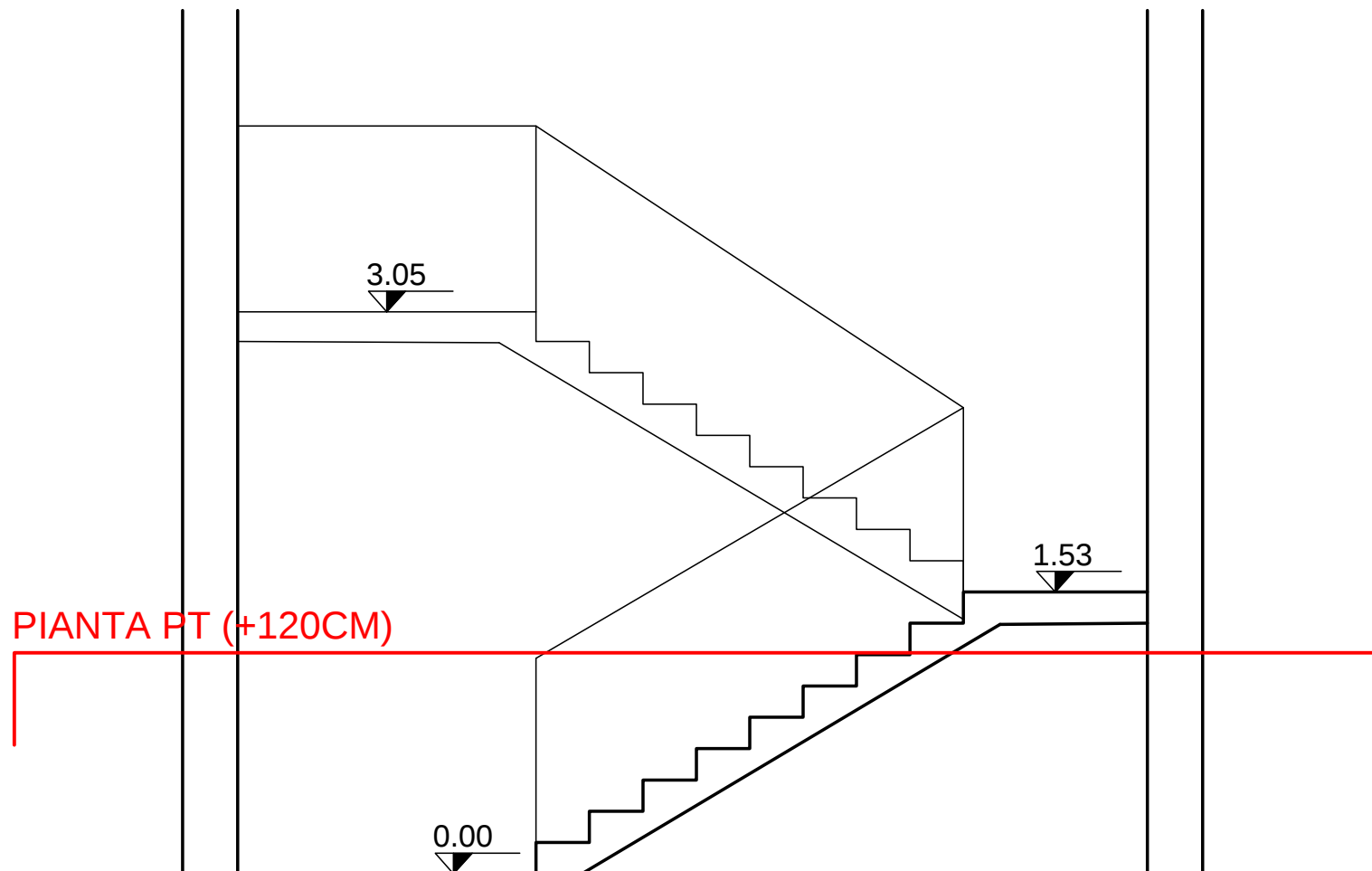
Dimensioni scala:

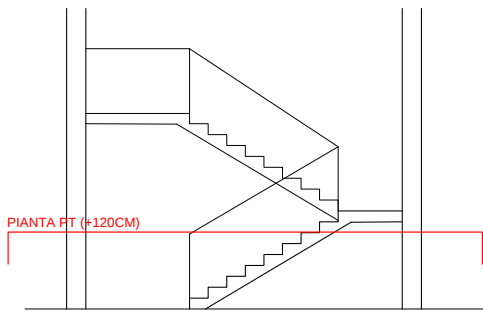
Larghezza 100 per rampa + tromba 40 cm = 240 cm

Lunghezza: $(29*8) + (100) = 232 + 100 = 332 \text{ cm}$

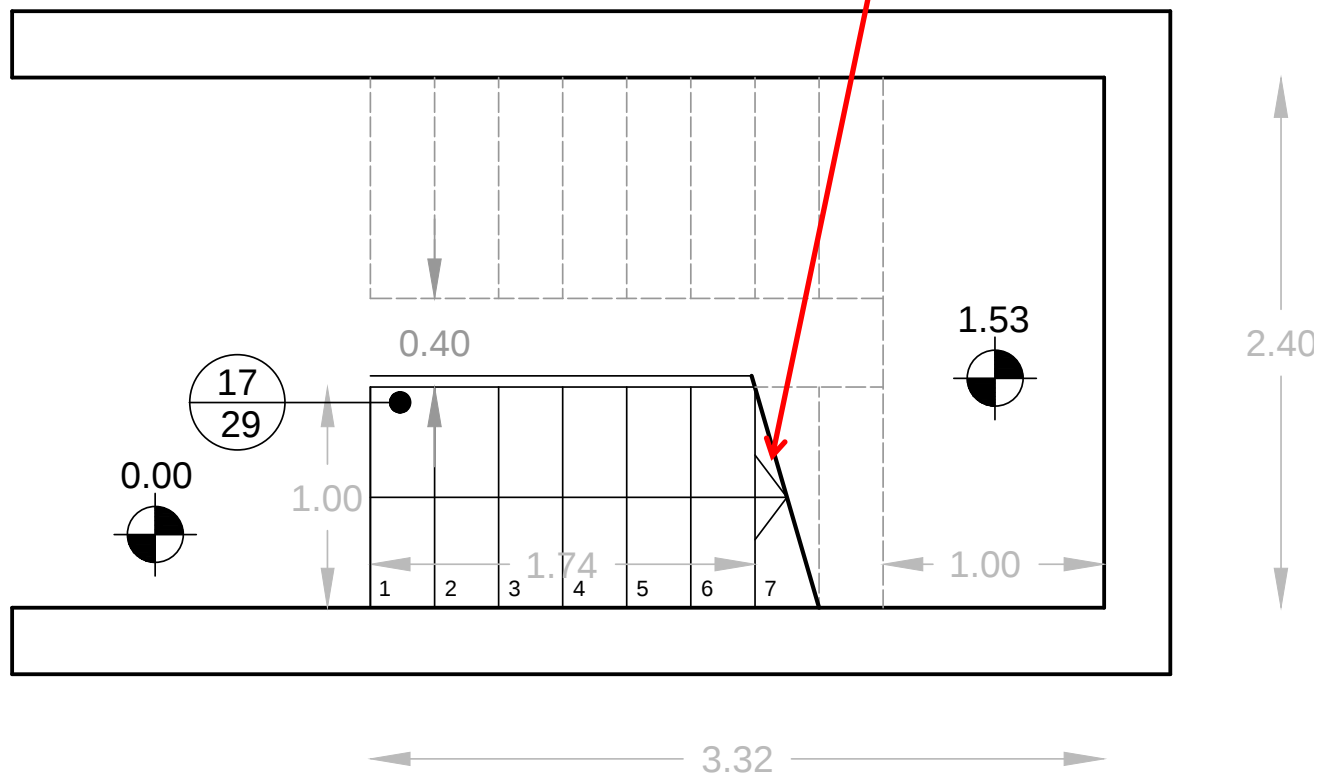


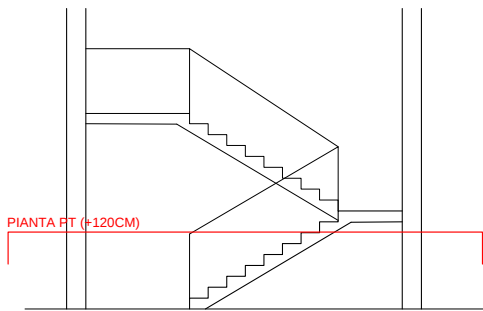
Si seziona a 120 cm





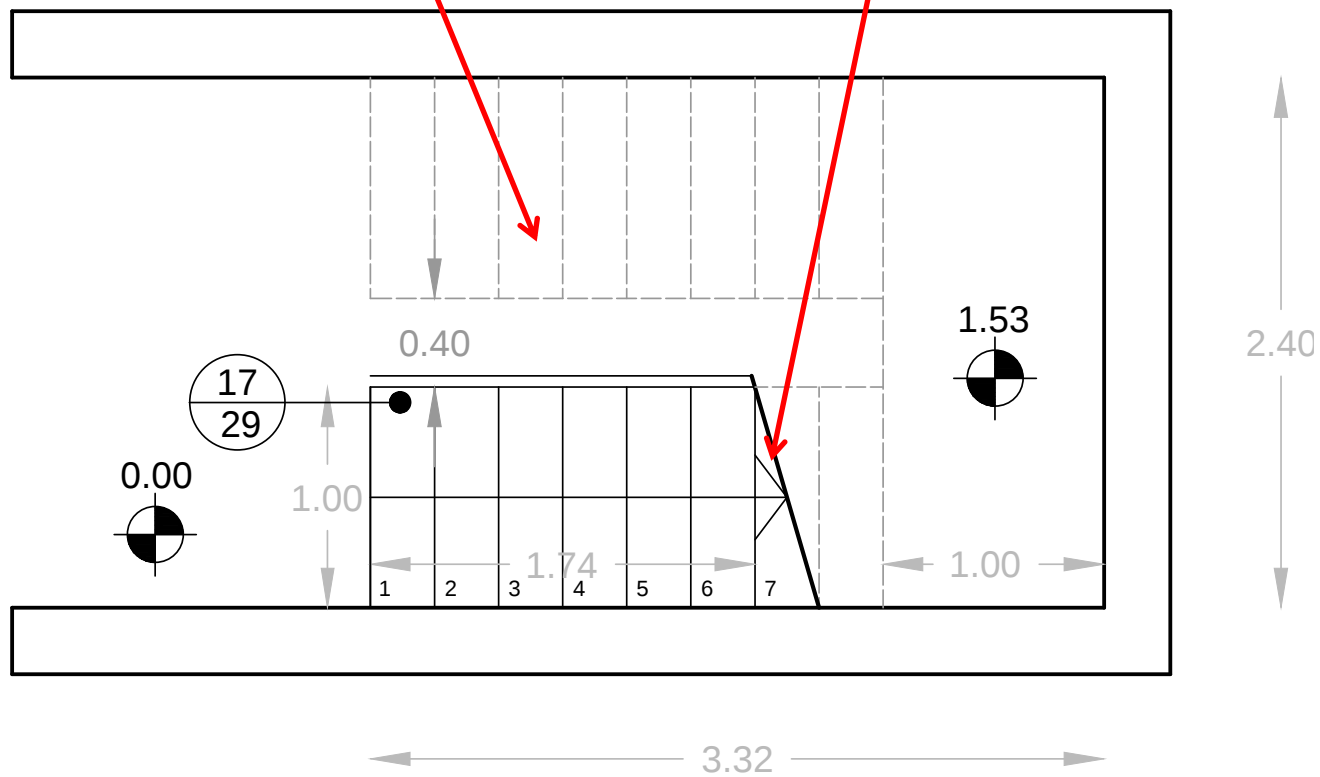
SEGNO DI SEZIONE

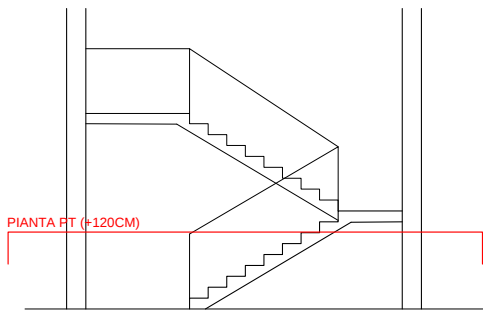




SECONDA RAMPA
TRATTEGGIATA O
OMESSA

SEGNO DI SEZIONE



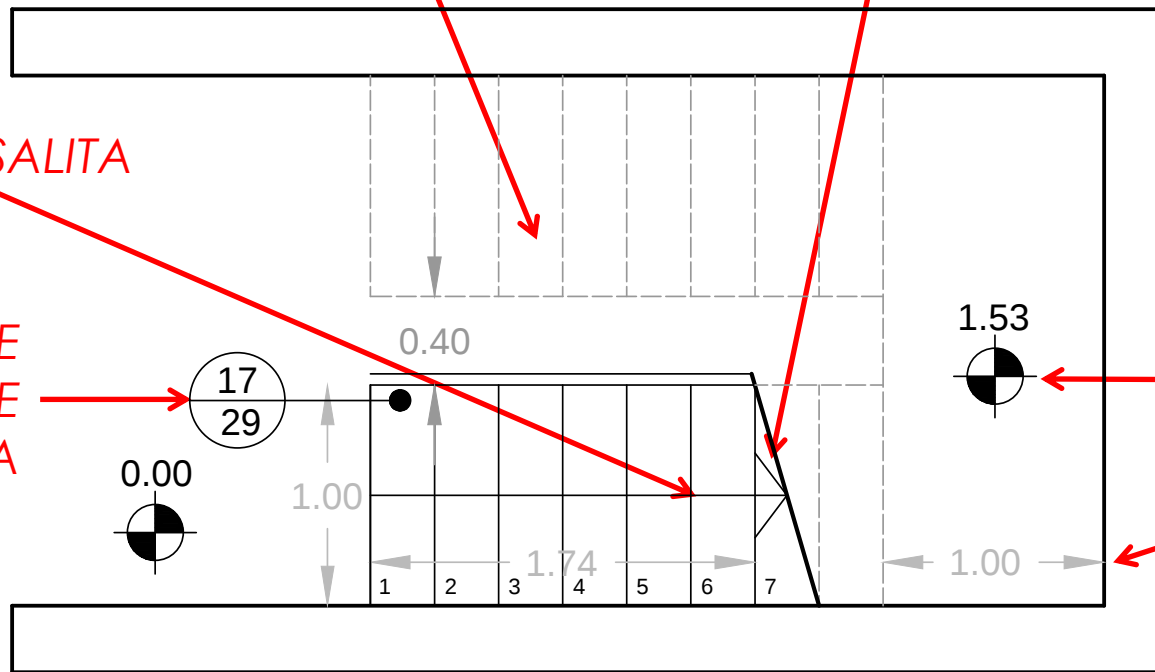


SECONDA RAMPA
TRATTEGGIATA O
OMESSA

SEGNO DI SEZIONE

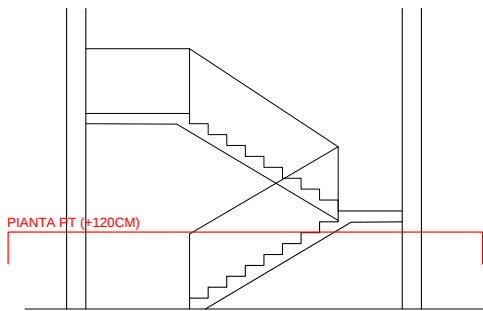
DIREZIONE SALITA

INDICAZIONE
ALZATA E
PEDATA



QUOTE LINEARI
E ALTIMETRICHE

3.32



PIANTA RT (+120CM)

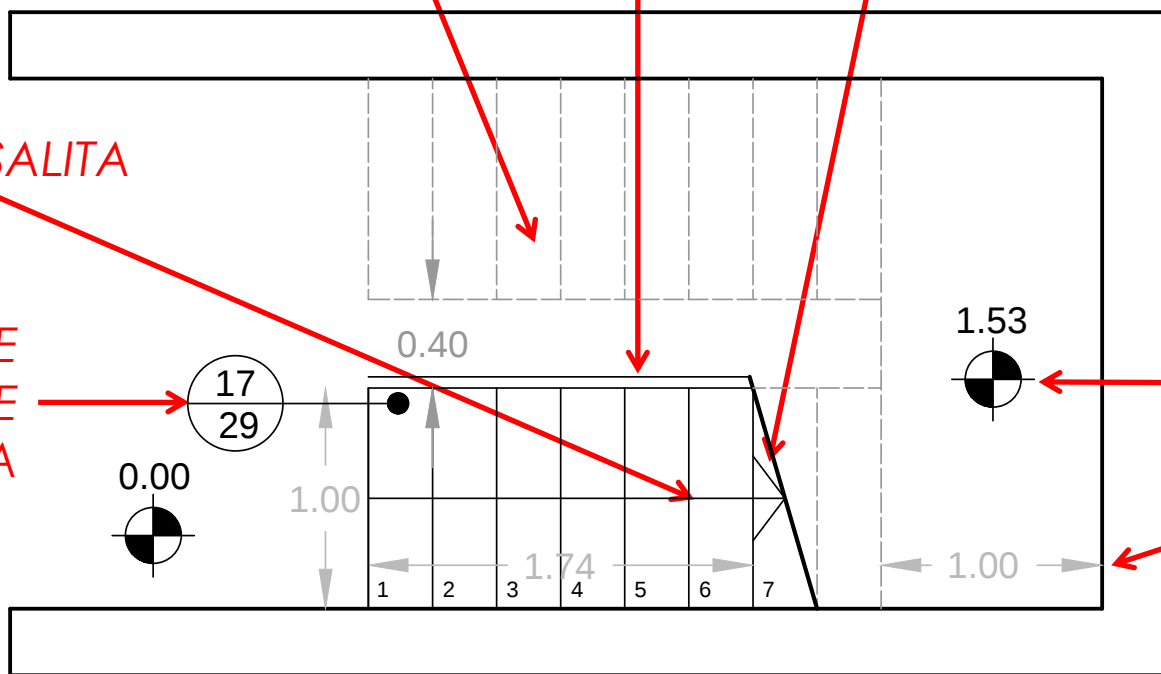
SECONDA RAMPA
TRATTEGGIATA O
OMESSA

CORRIMANO

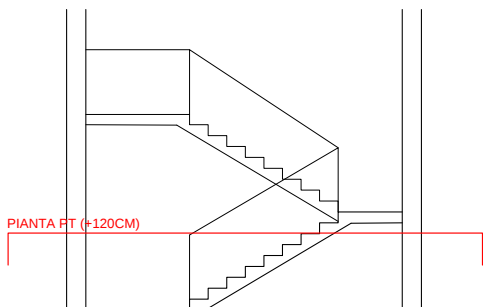
SEGNO DI SEZIONE

DIREZIONE SALITA

INDICAZIONE
ALZATA E
PEDATA



QUOTE LINEARI
E ALTIMETRICHE



SECONDA RAMPA
TRATTEGGIATA O
OMESSA

CORRIMANO

SEGNO DI SEZIONE

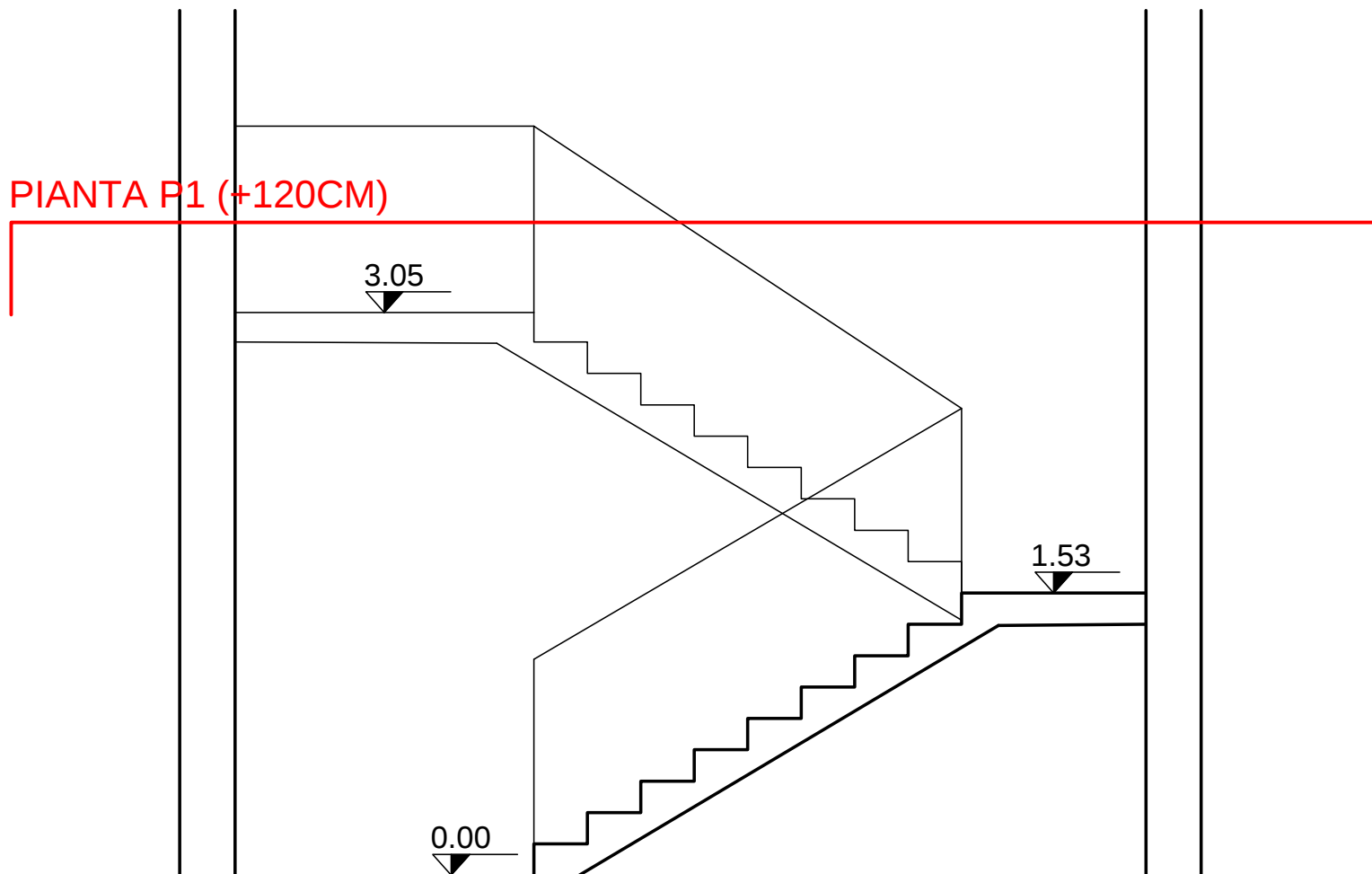
DIREZIONE SALITA

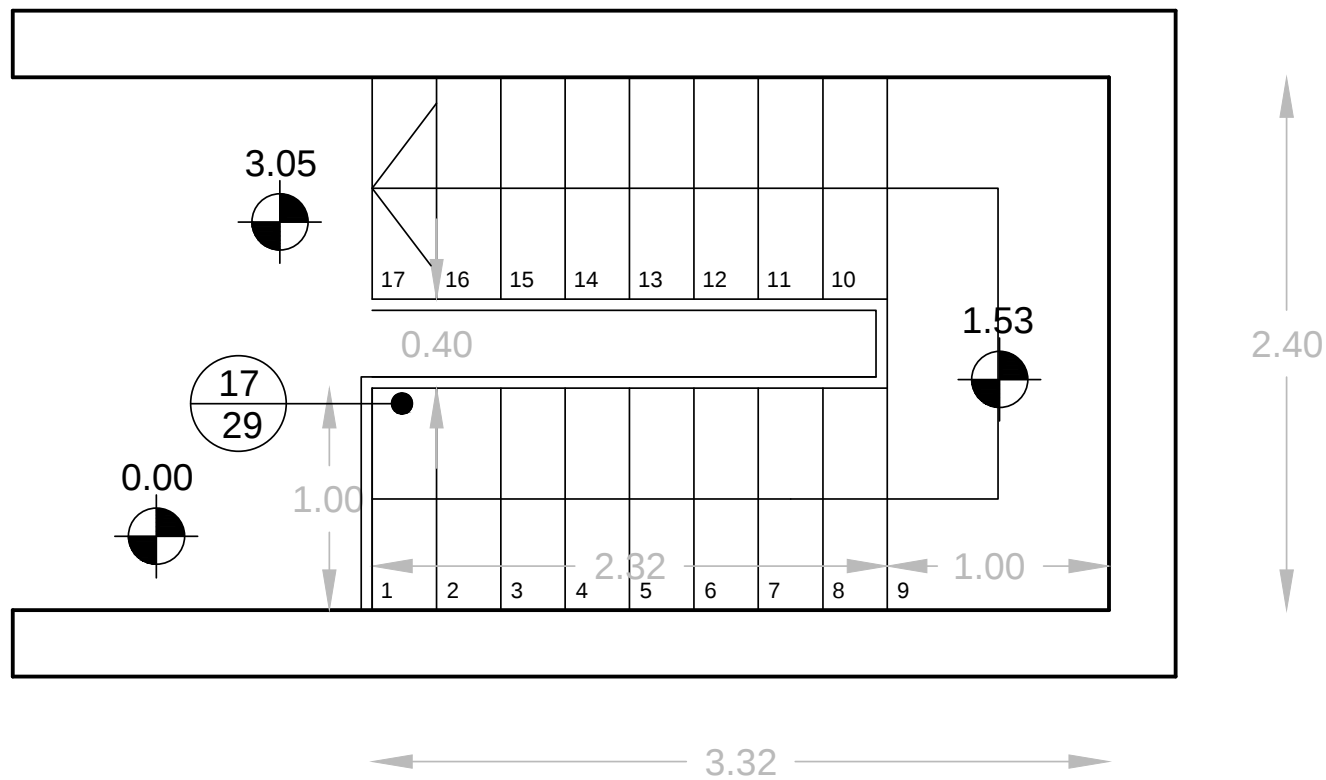
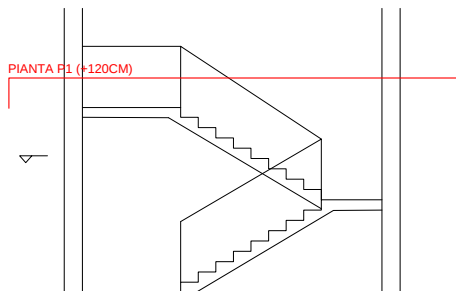
INDICAZIONE ALZATA E PEDATA

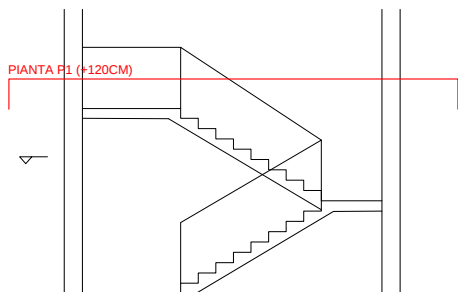
QUOTE LINEARI E ALTIMETRICHE

NUMERAZIONE GRADINI

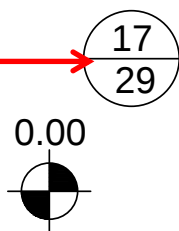
PIANTA P1 (+120CM)



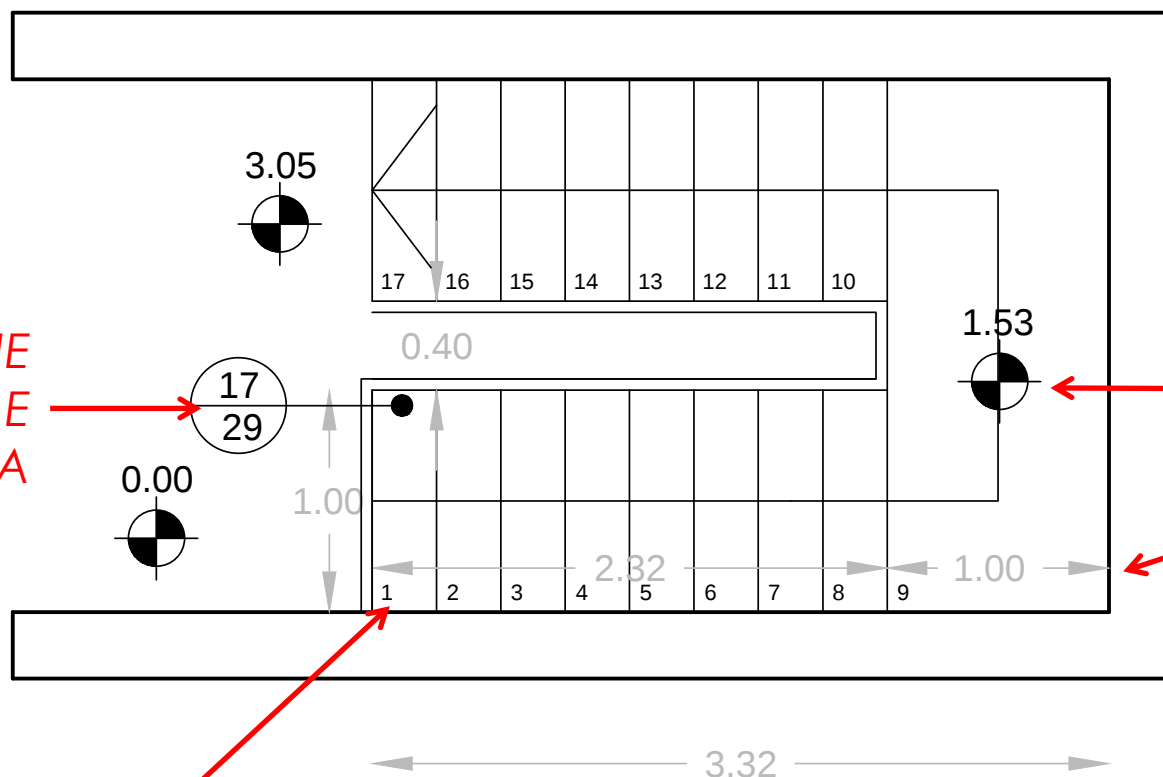




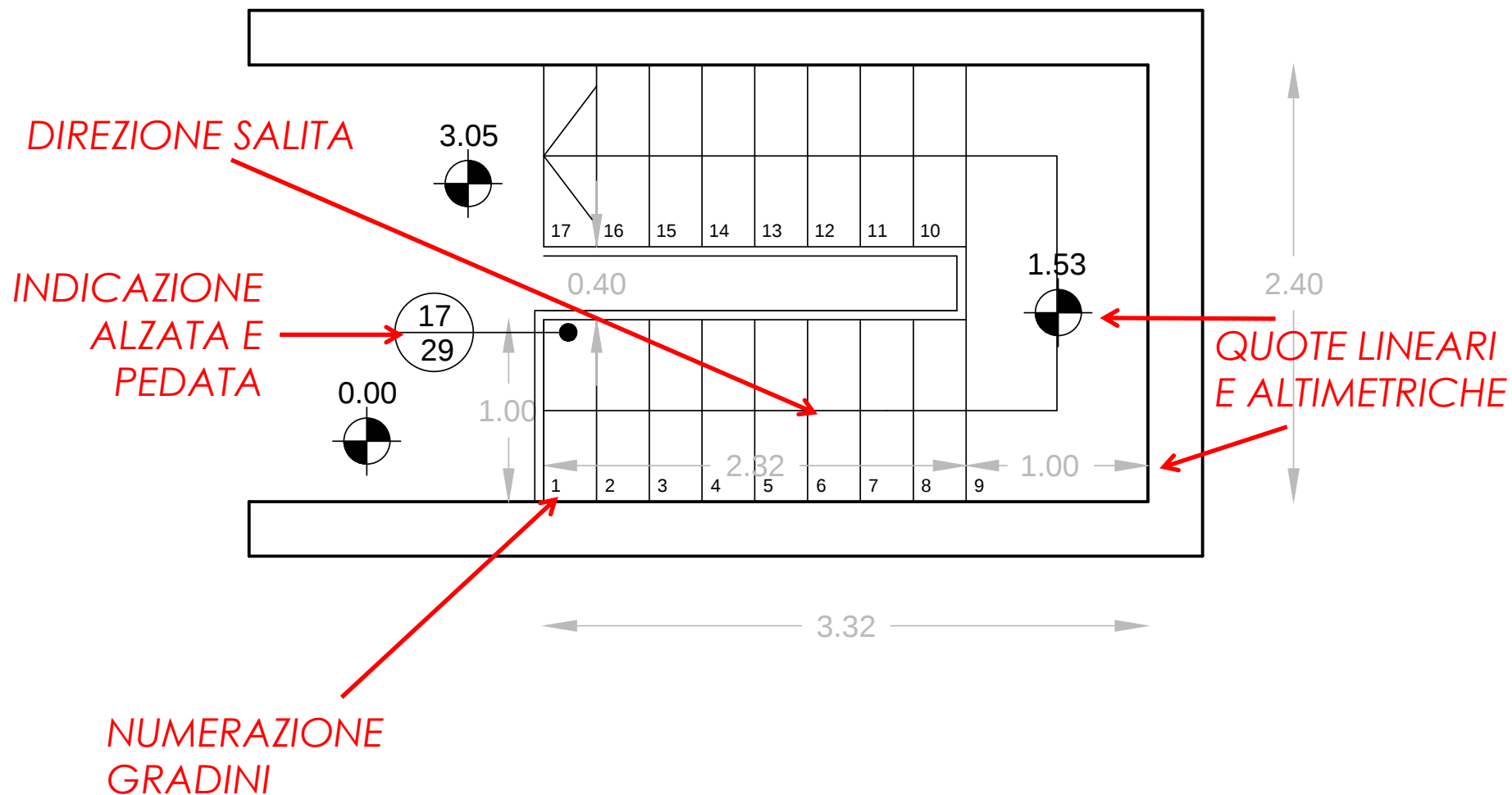
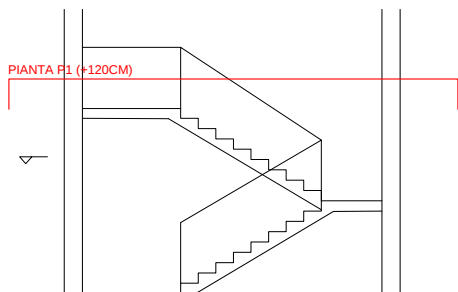
INDICAZIONE
ALZATA E
PEDATA

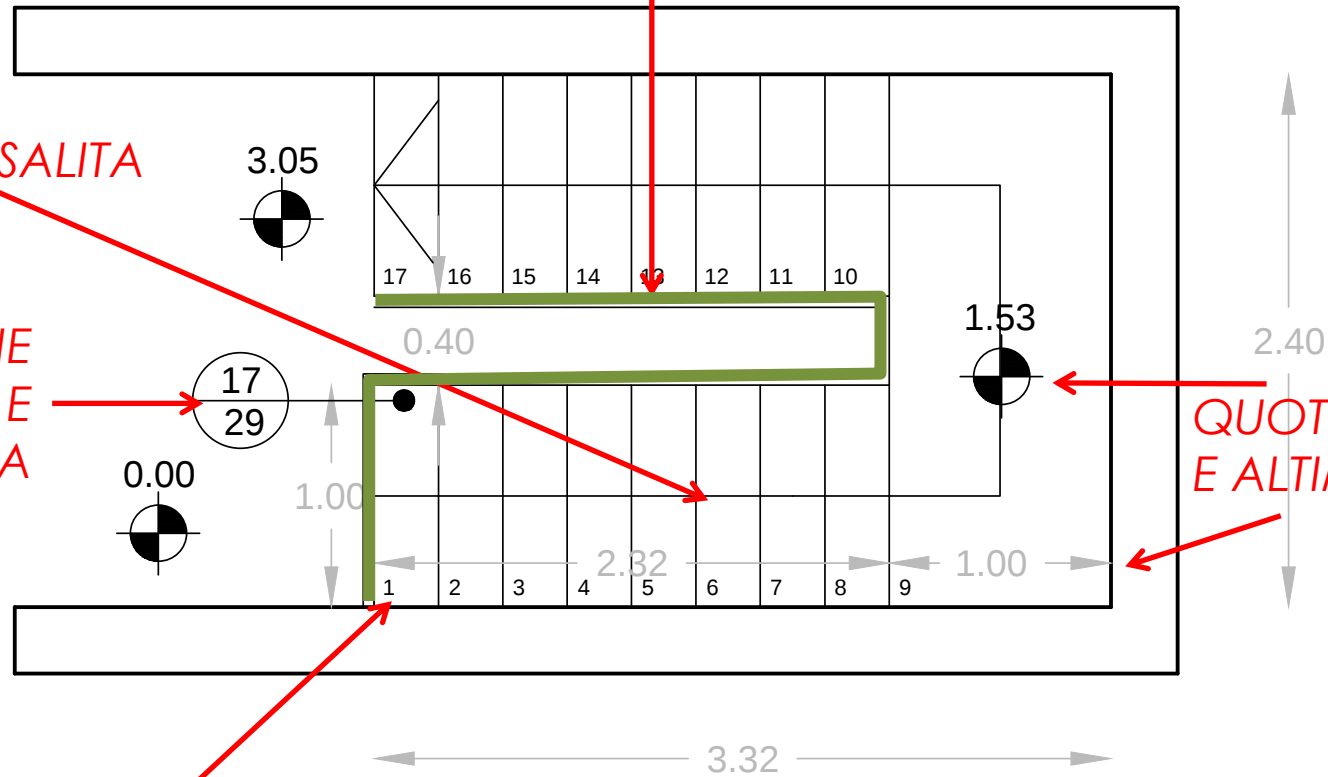
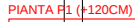


NUMERAZIONE
GRADINI

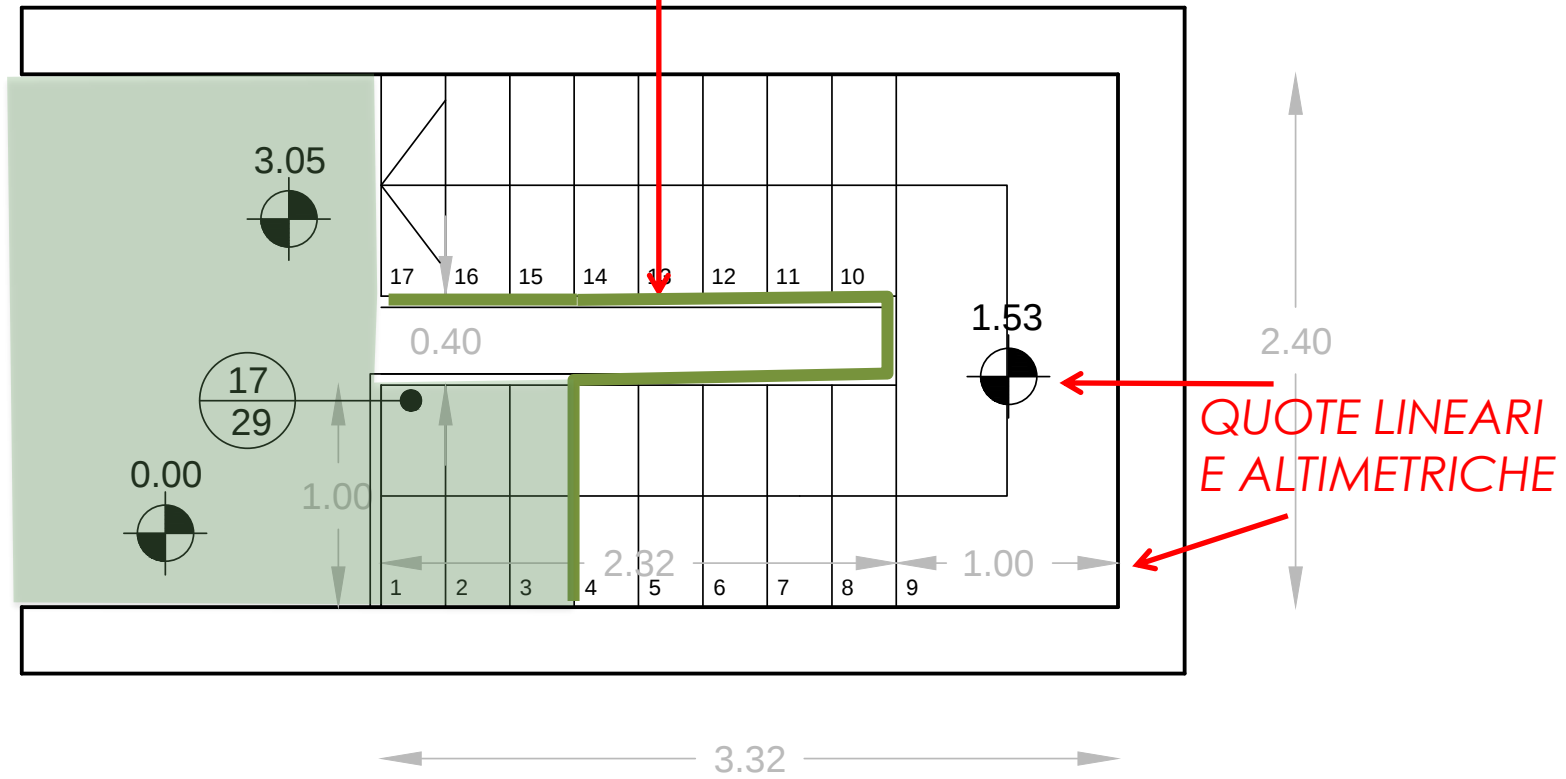


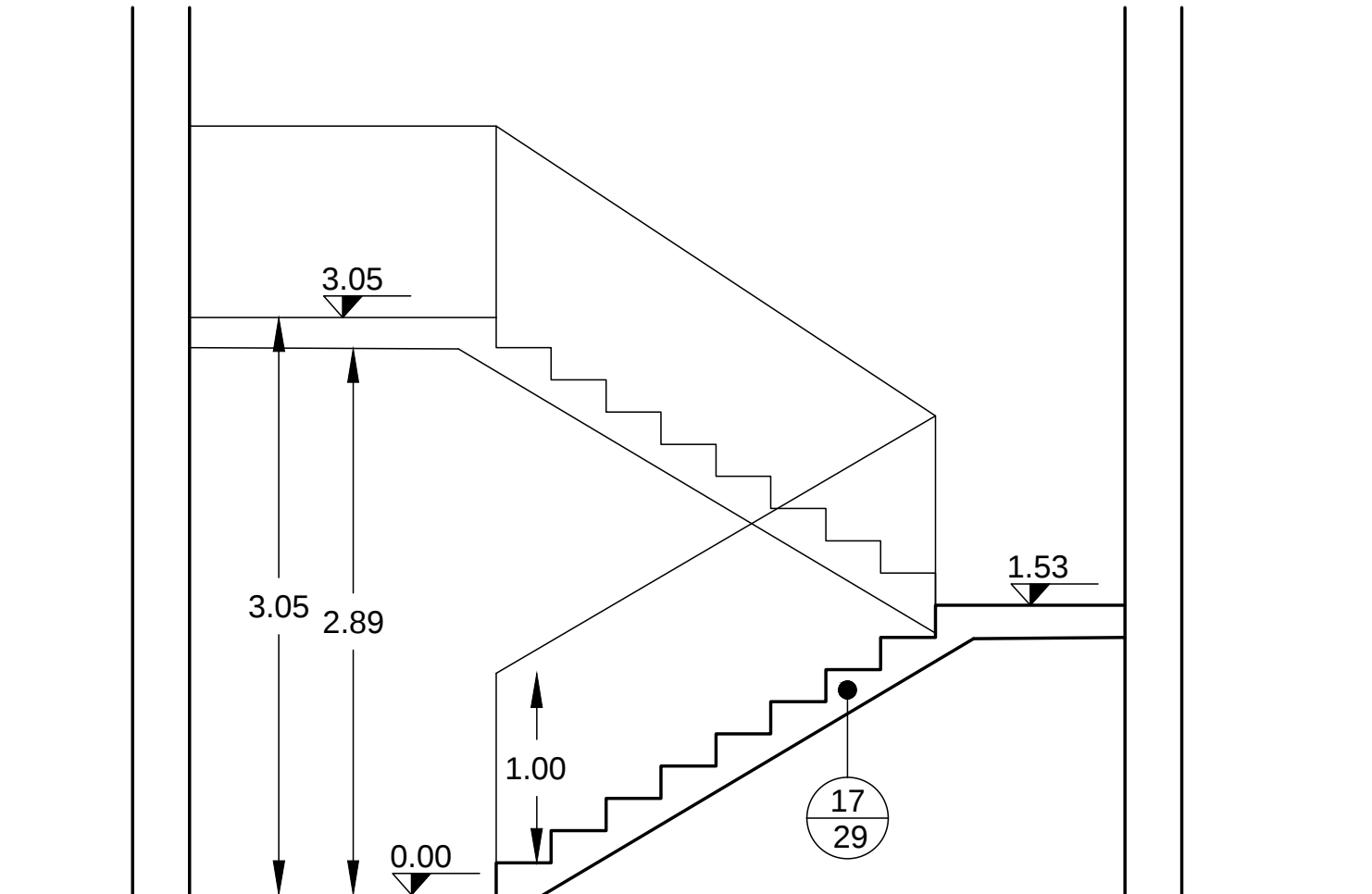
QUOTE LINEARI
E ALTIMETRICHE

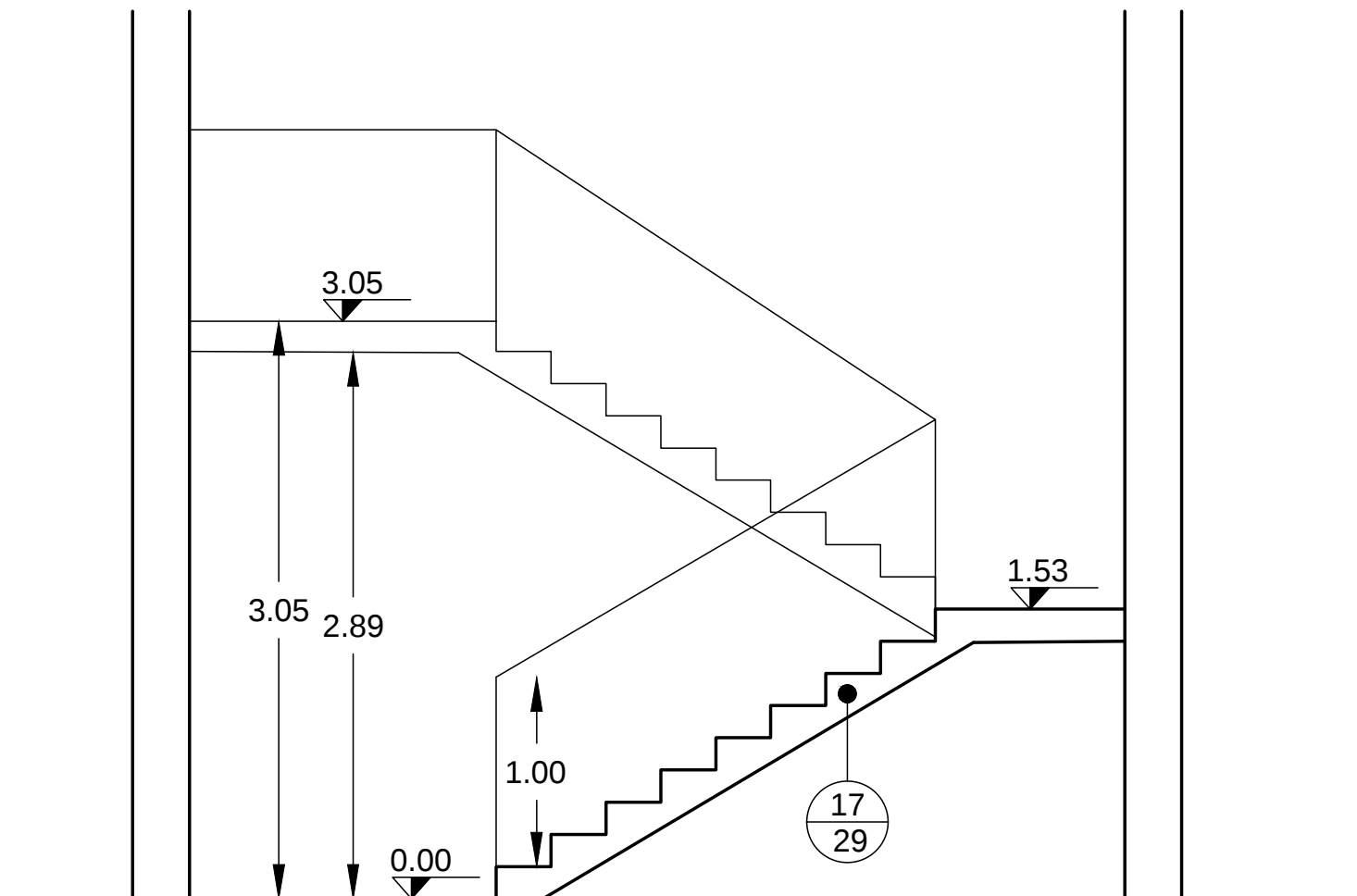




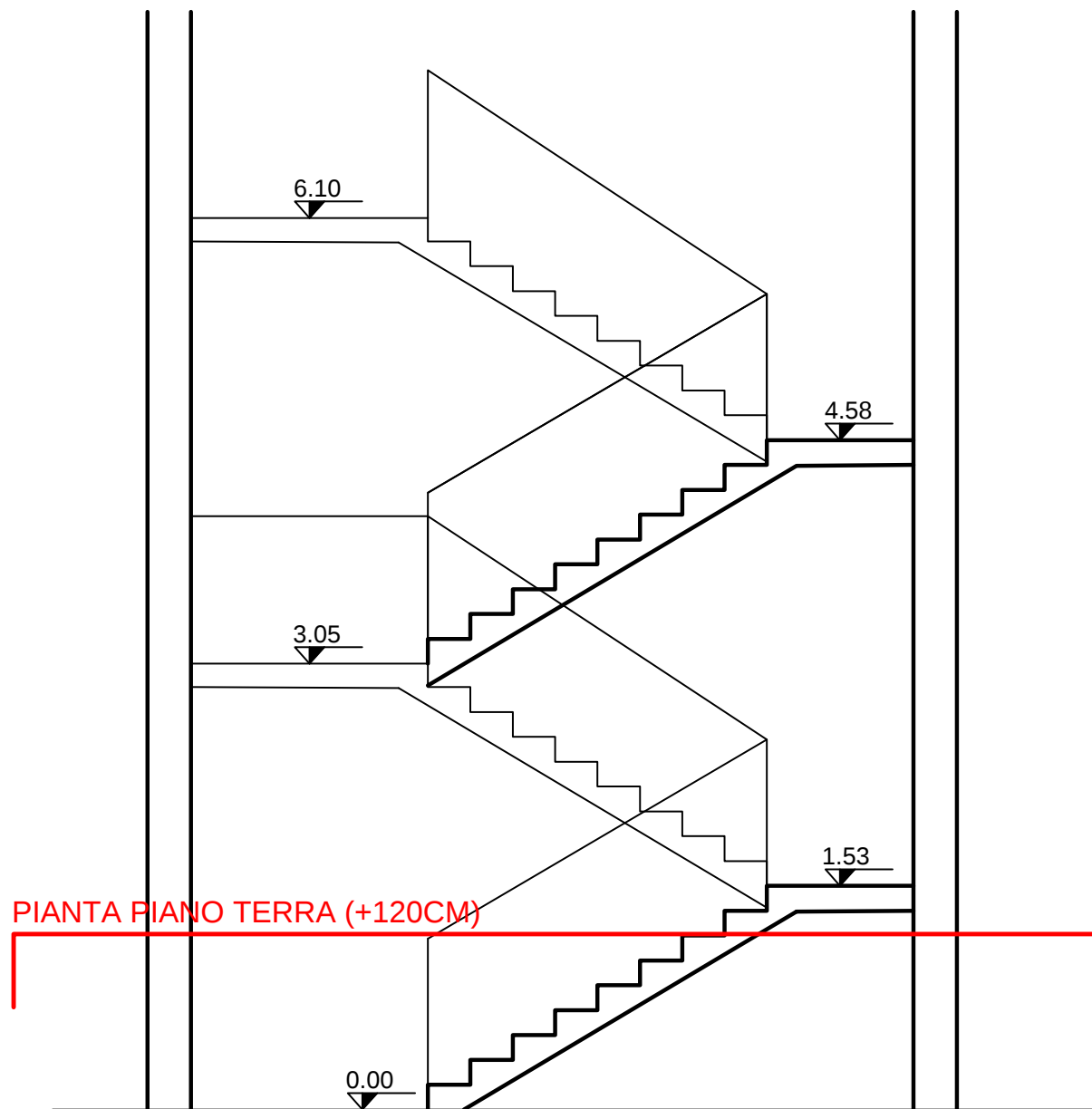
PIANTA F1 (≈120CM)

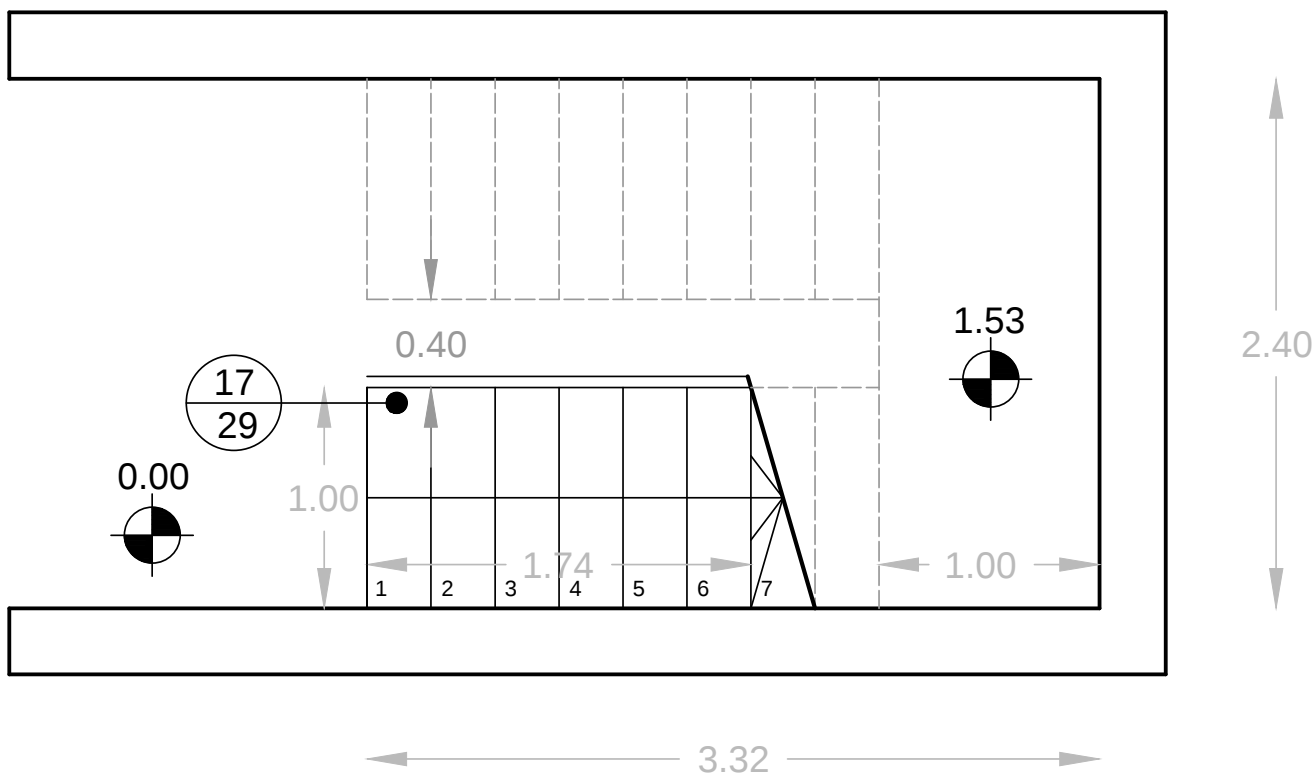
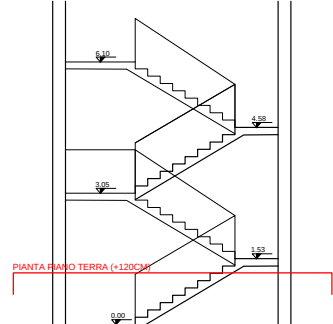


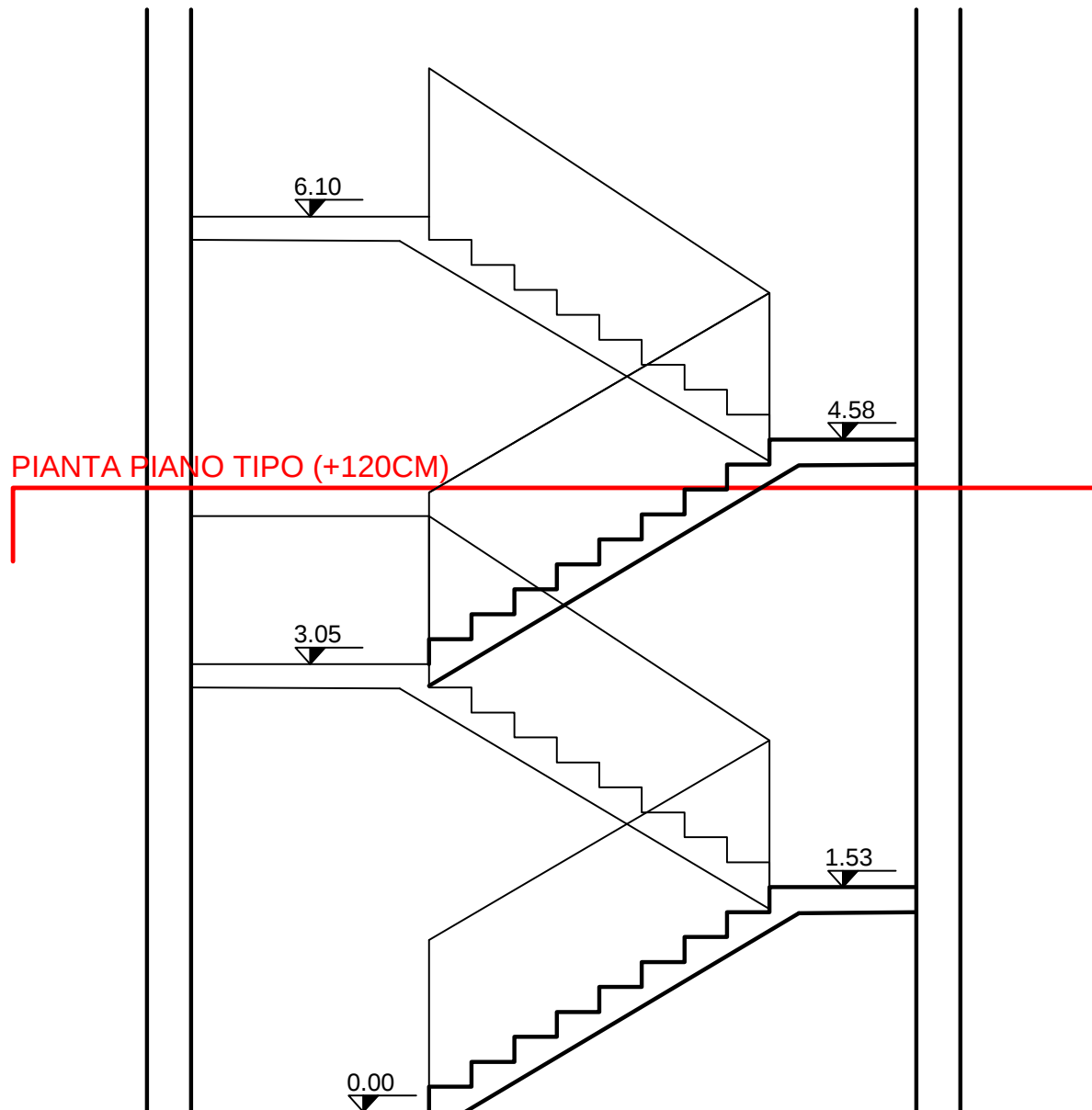


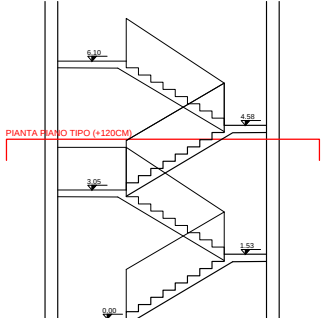


**ATTENZIONE: disegno della sola struttura
MANCANO TUTTI I DETTAGLIA SULLE FINITURE
(GRADINI – alzata e pedata, CORRIMANO/PARAPETTO, ecc)**

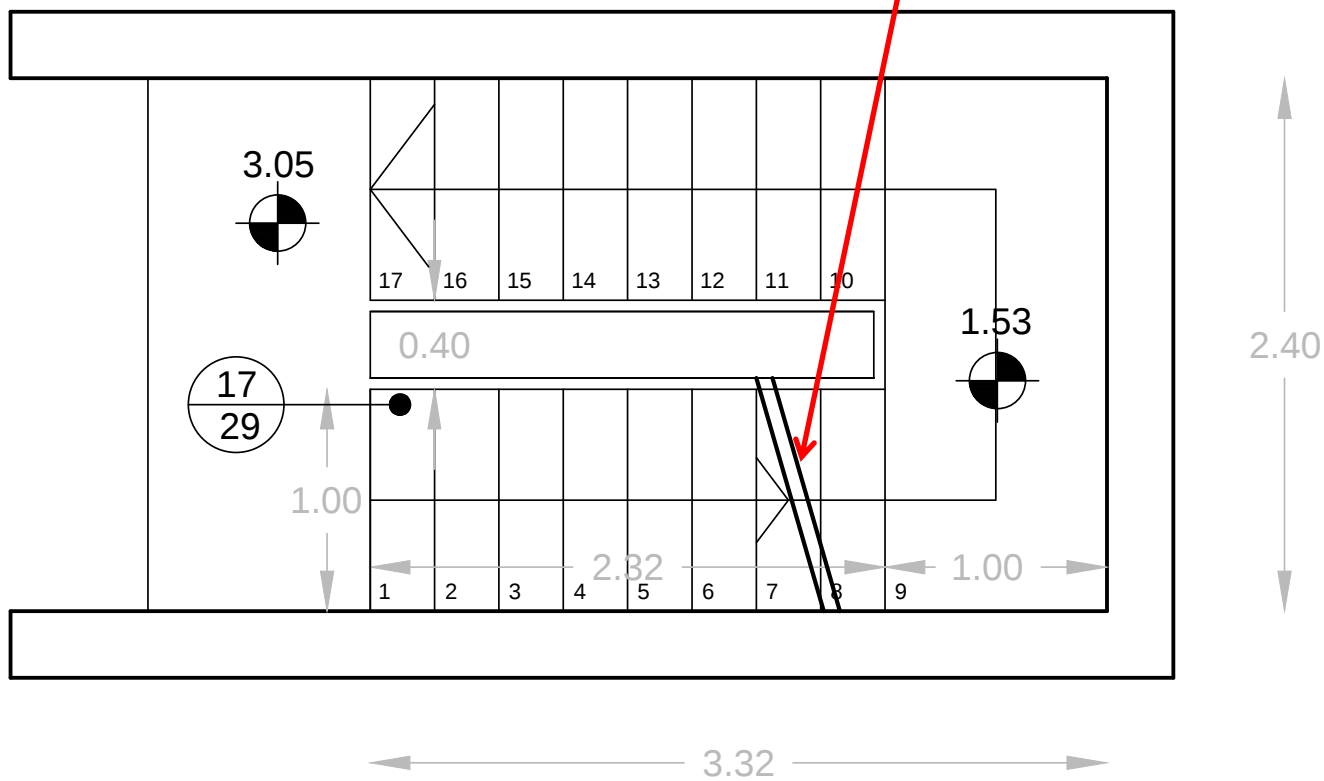


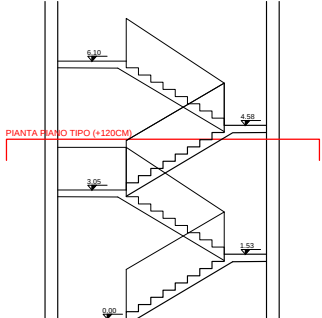




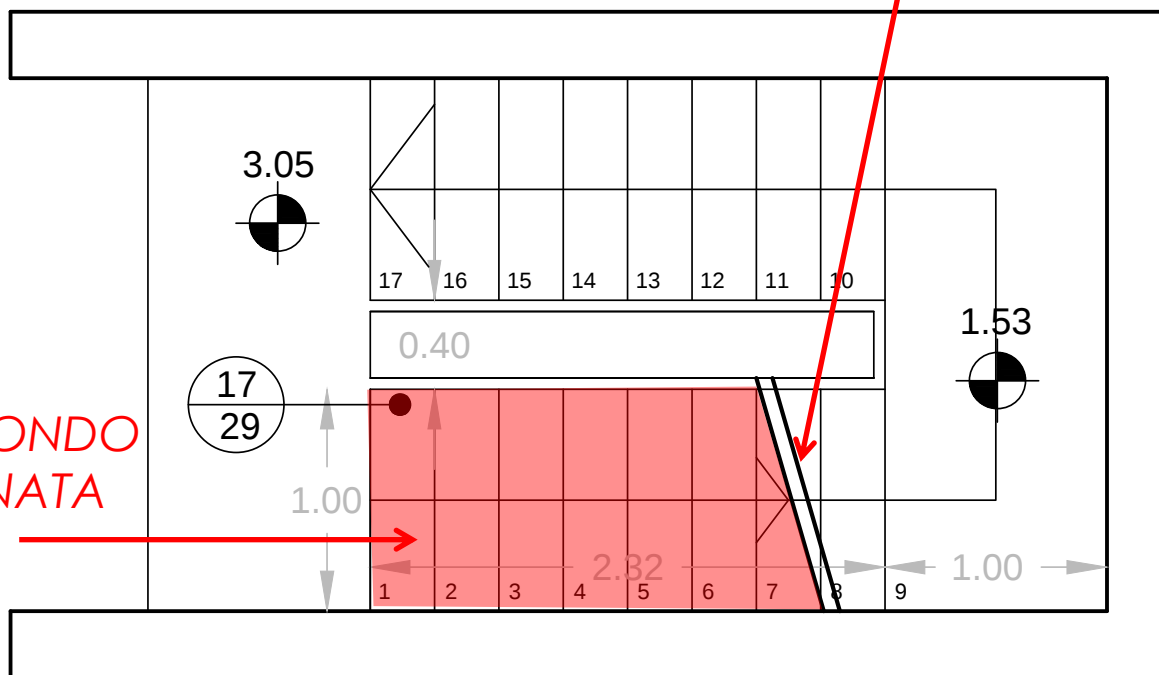


*DOPPIO
SEGNO DI SEZIONE*

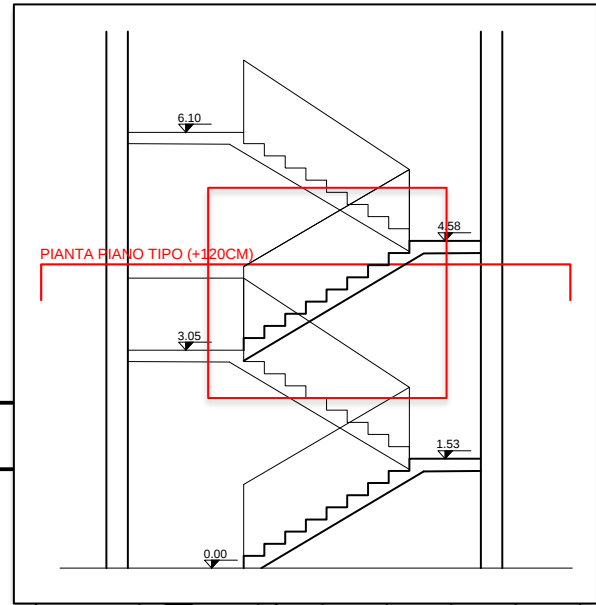
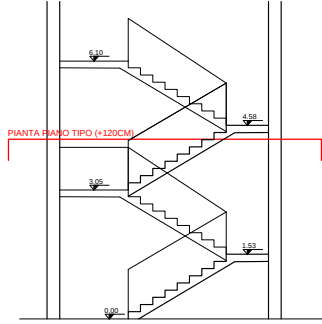




DOPPIO
SEGNO DI SEZIONE

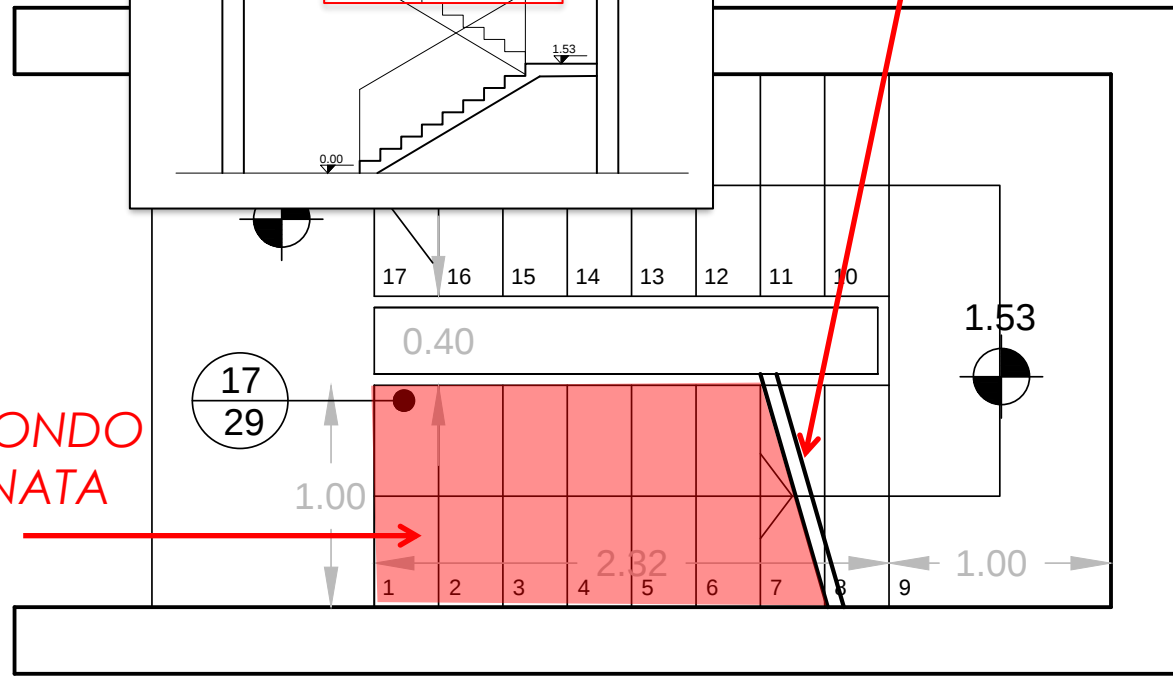


RAMPA SECONDO
PIANO SEZIONATA



DOPPIO
SEGNO DI SEZIONE

RAMPA SECONDO
PIANO SEZIONATA



3.32

2.40

1.00

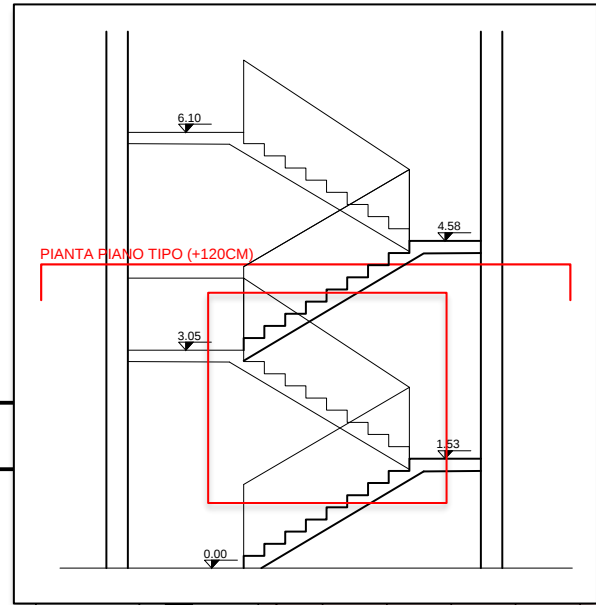
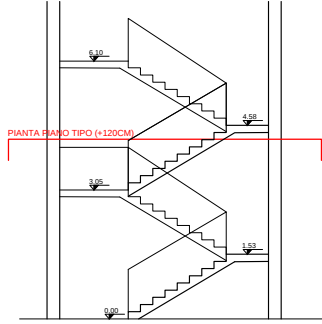
1.53

1.00

2.32

0.40

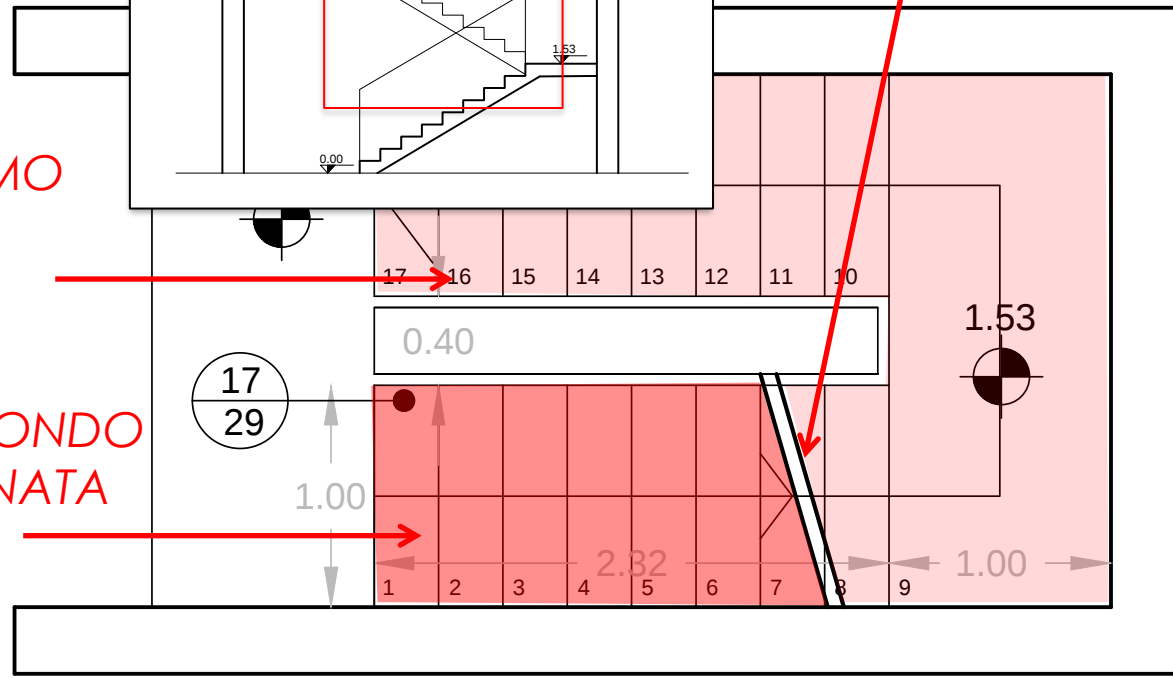
17
29



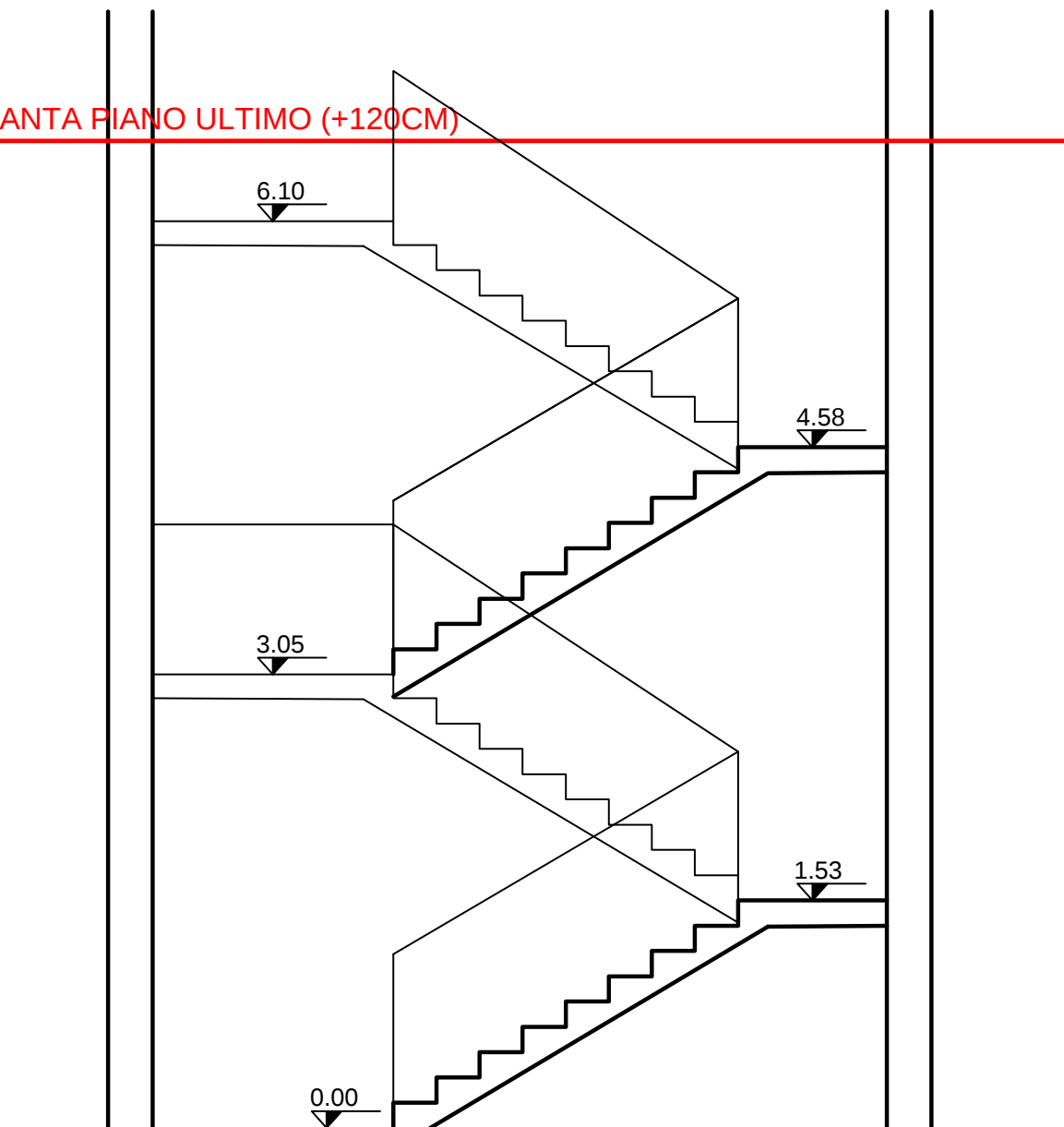
DOPPIO
SEGNO DI SEZIONE

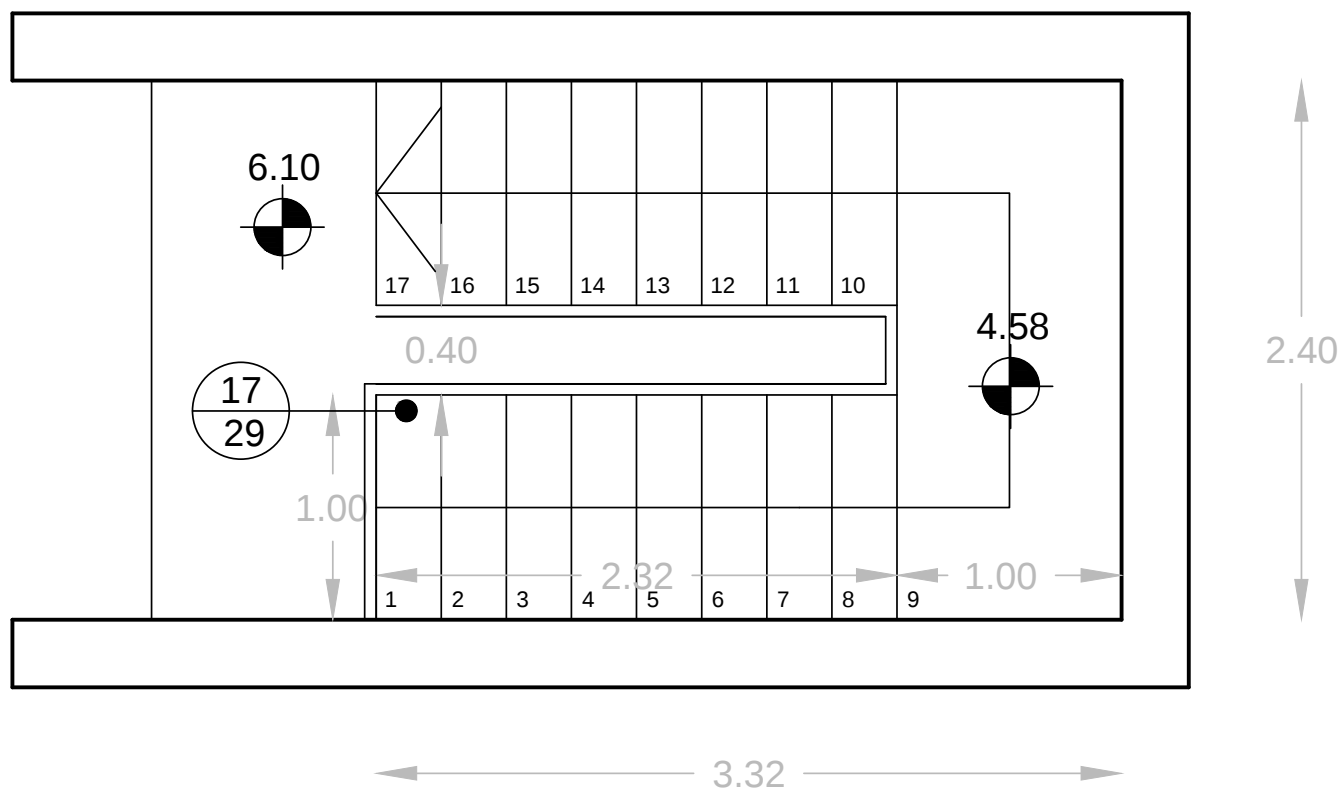
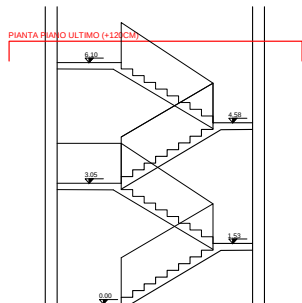
RAMPA PRIMO
PIANO

RAMPA SECONDO
PIANO SEZIONATA

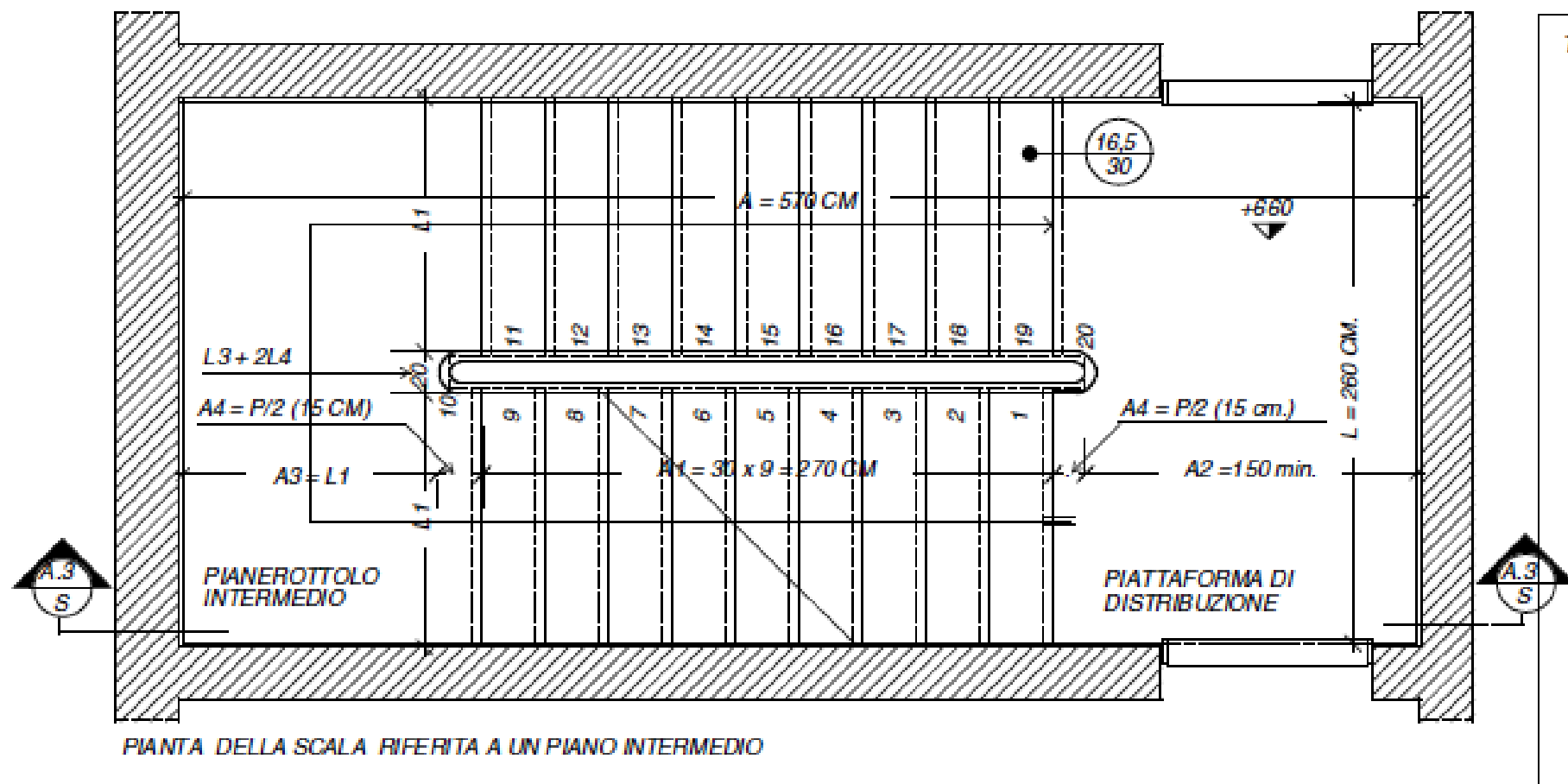


PIANTA PIANO ULTIMO (+120CM)

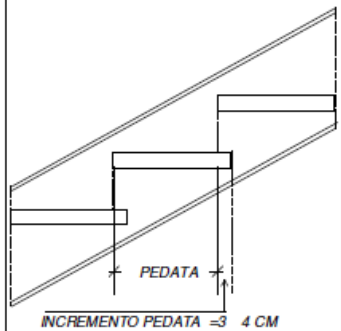
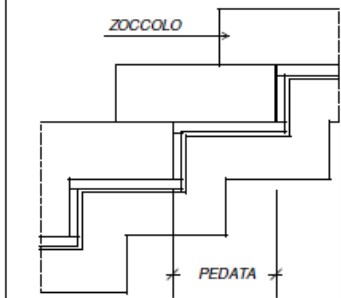
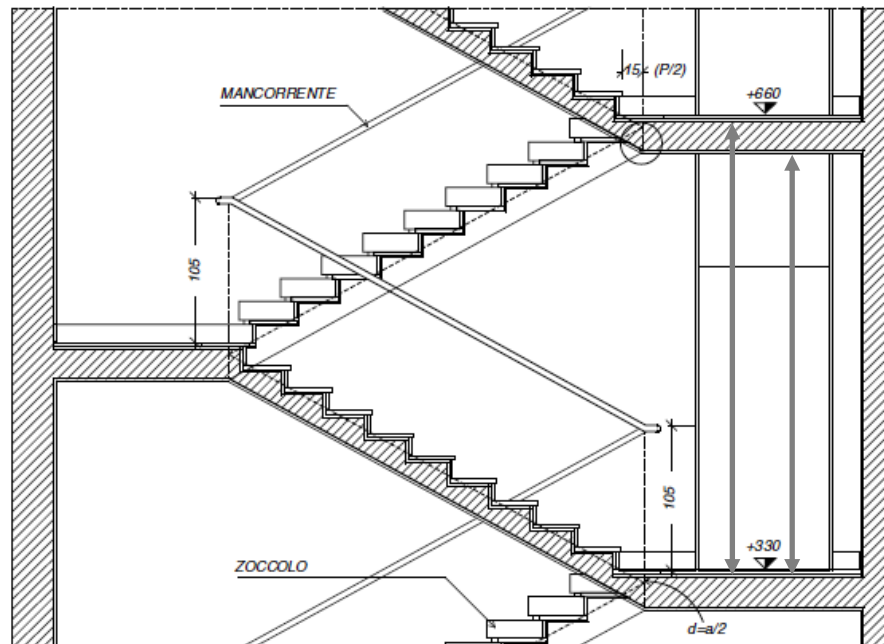




INFORMAZIONI MINIME



Technical drawing of a staircase layout showing a plan view of a staircase with 20 steps. The drawing includes dimensions for the total width ($A = 570 \text{ CM}$), total length ($L = 260 \text{ CM}$), and individual step dimensions ($A1 = 30 \times 9 = 270 \text{ CM}$, $A2 = 150 \text{ min.}$). It also shows the location of the "PIANEROTTOLO INTERMEDIO" (intermediate landing) and the "PIATTAFORMA DI DISTRIBUZIONE" (distribution platform). The drawing is labeled with "A.3 S" and "A.3".



INFORMAZIONI MINIME

Dal punto di vista grafico e costruttivo, si distinguono anche:

l'acqua della scala, cioè la pendenza in avanti che si dà al gradino per facilitare la pulizia;

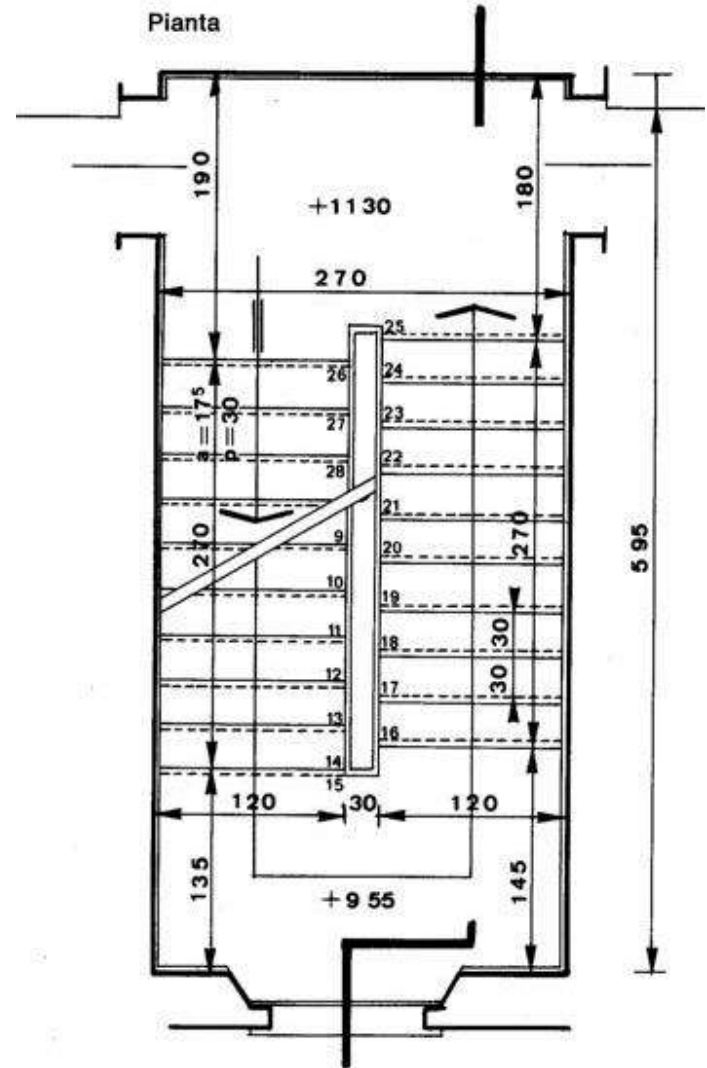
la linea di percorso, che è la linea ideale nella quale si percorre la scala nelle migliori condizioni, generalmente posta tra i 35 ed i 45 cm dal corrimano interno;

la freccia di direzione, tracciata in genere sulla mezzeria della scala in piano, e che indica sempre il senso di salita della scala;

la numerazione dei gradini, ove utilizzata, è sempre a salire, dalla quota più bassa alla più alta;

la gabbia o pozzo della scala, che è lo spazio vuoto nel quale è collocata la scala;

l'anima o tromba della scala, che è l'eventuale spazio vuoto tra le rampe della scala.



INFORMAZIONI MINIME

Dal punto di vista grafico e costruttivo, si distinguono anche:

l'acqua della scala, cioè la pendenza in avanti che si dà al gradino per facilitare la pulizia;

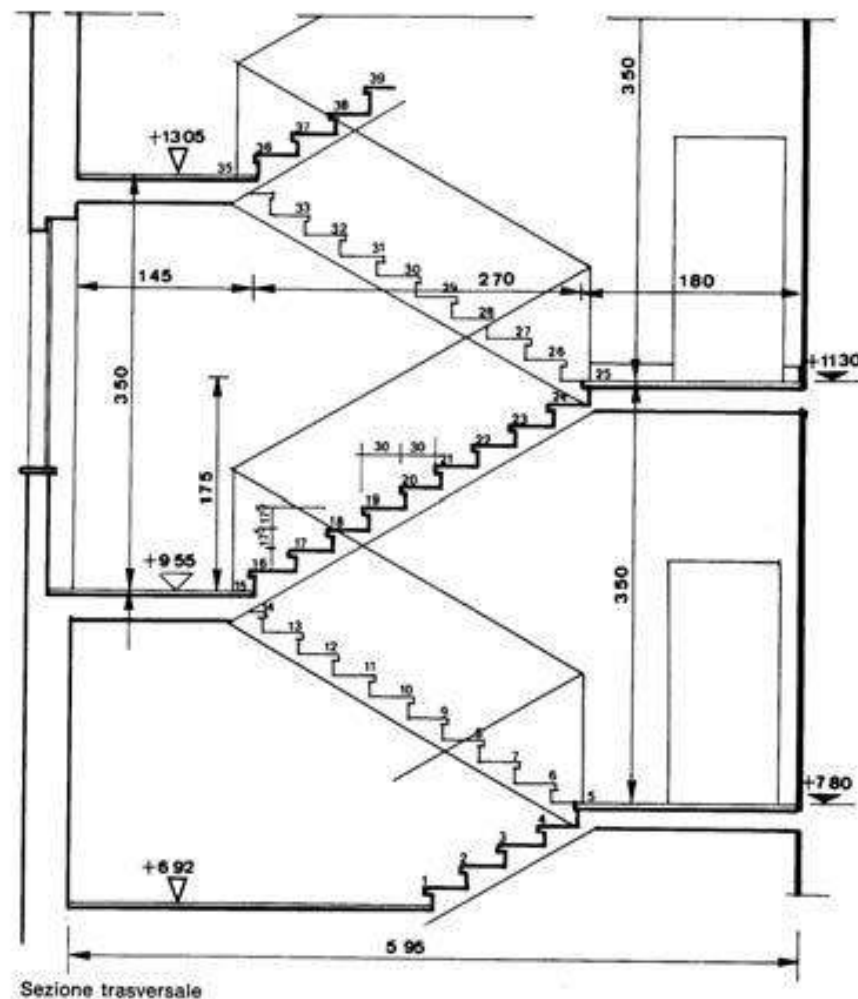
la linea di percorso, che è la linea ideale nella quale si percorre la scala nelle migliori condizioni, generalmente posta tra i 35 ed i 45 cm dal corrimano interno;

la freccia di direzione, tracciata in genere sulla mezzeria della scala in piano, e che indica sempre il senso di salita della scala;

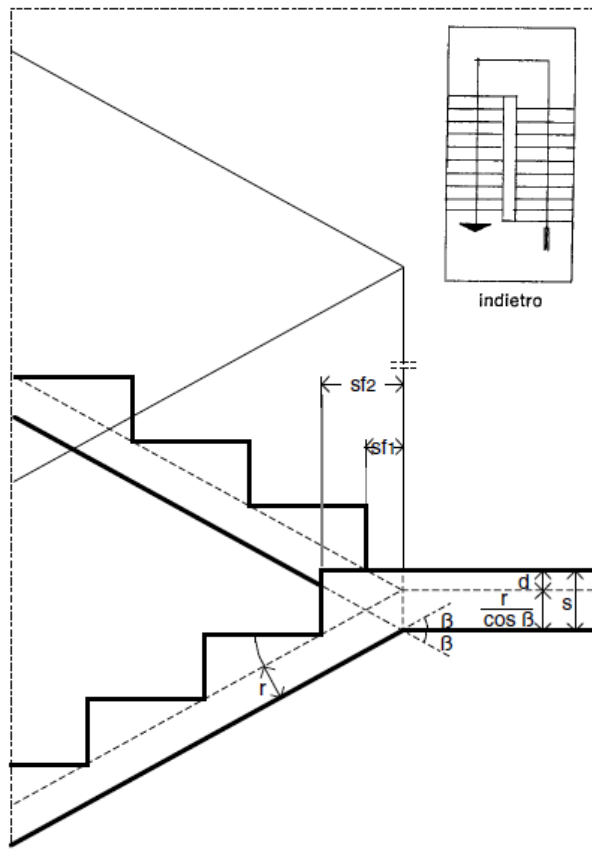
la numerazione dei gradini, ove utilizzata, è sempre a salire, dalla quota più bassa alla più alta;

la gabbia o pozzo della scala, che è lo spazio vuoto nel quale è collocata la scala;

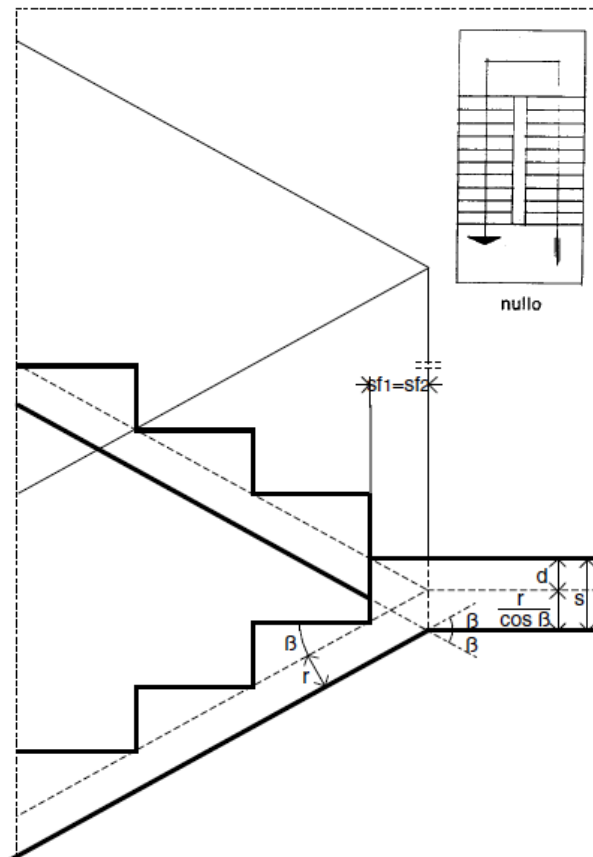
l'anima o tromba della scala, che è l'eventuale spazio vuoto tra le rampe della scala.



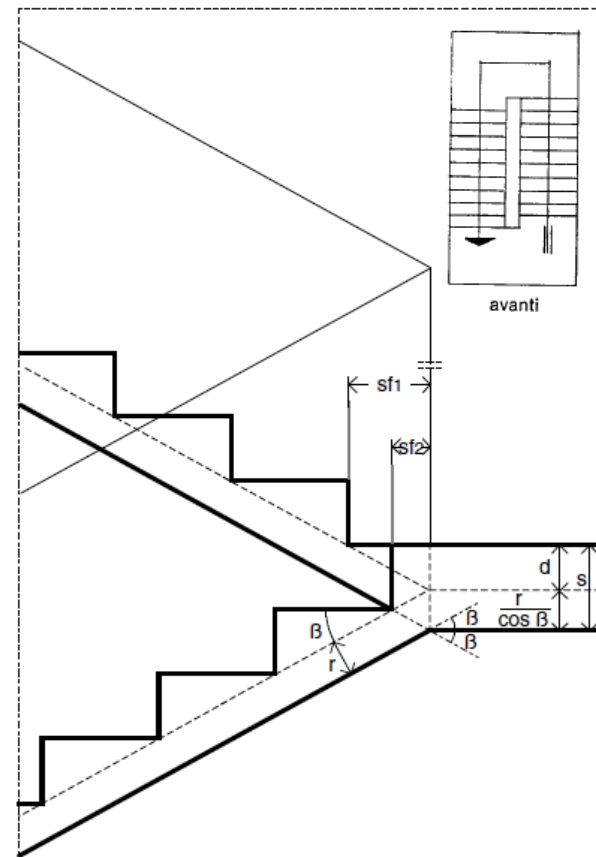
PROGETTAZIONE DELLO SFASAMENTO



SCALA CON SFALSAMENTO INDIETRO

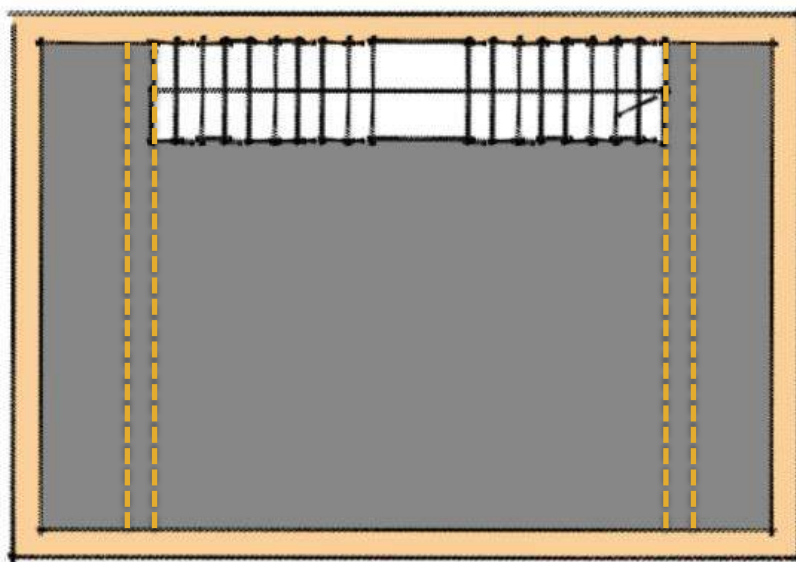
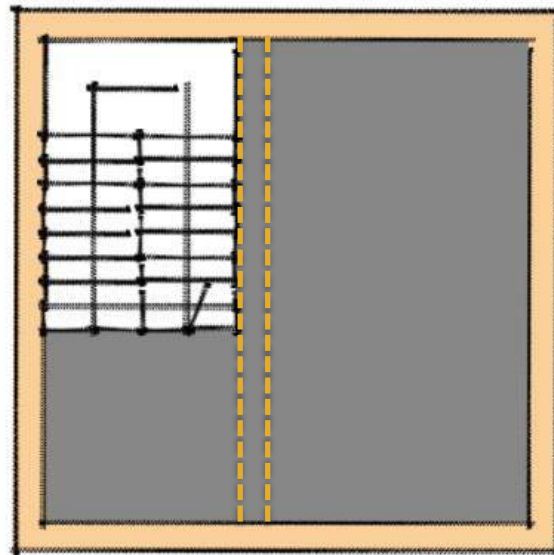
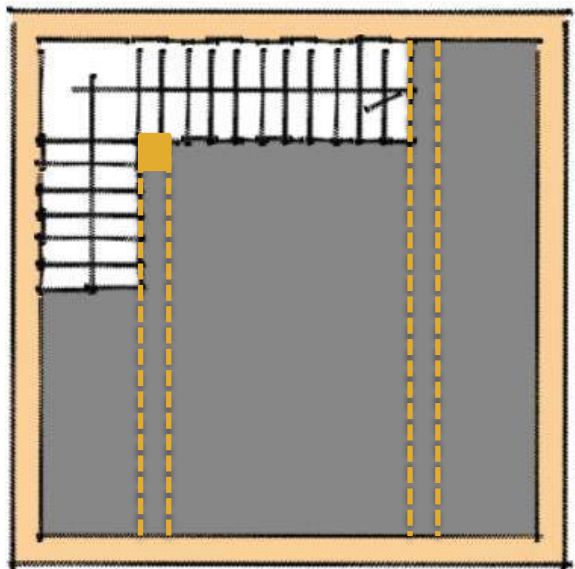


SCALA CON SFALSAMENTO NULLO

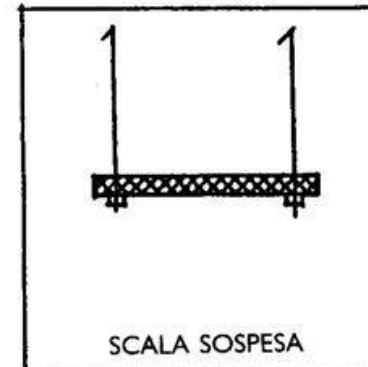
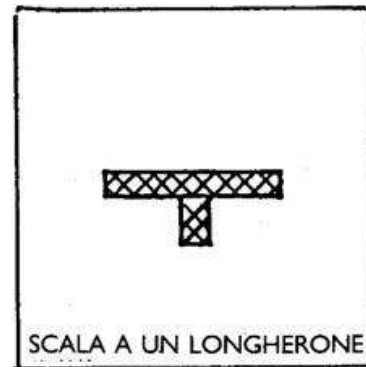
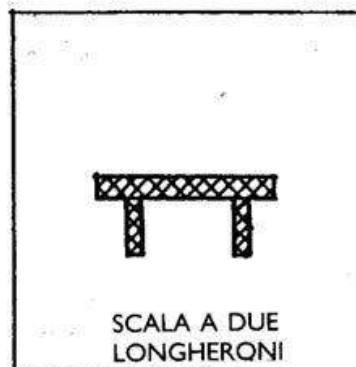
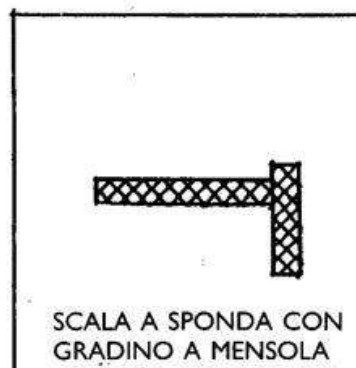
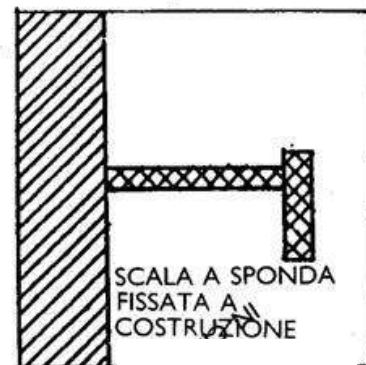
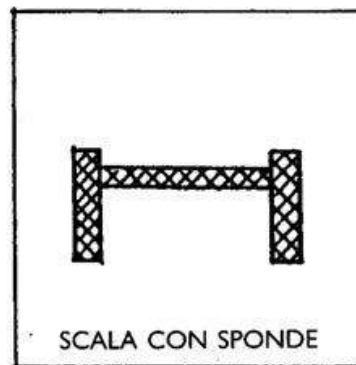


SCALA CON SFALSAMENTO IN AVANTI

RAPPORTO CON IL SOLAIO



STRUTTURA



STRUTTURA

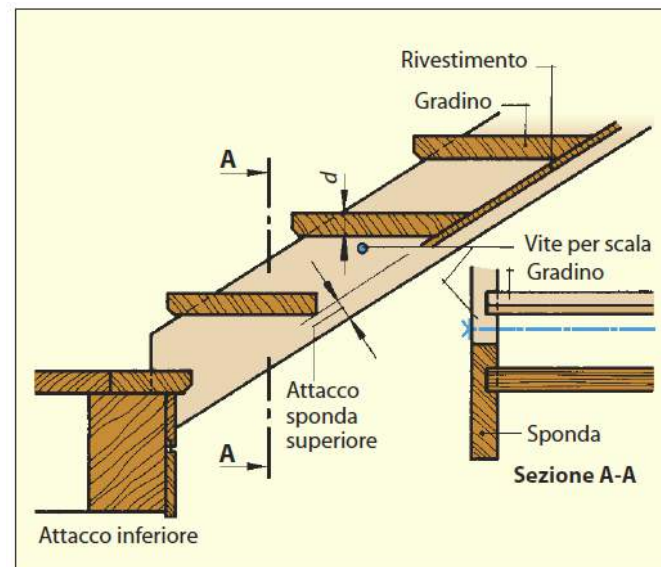
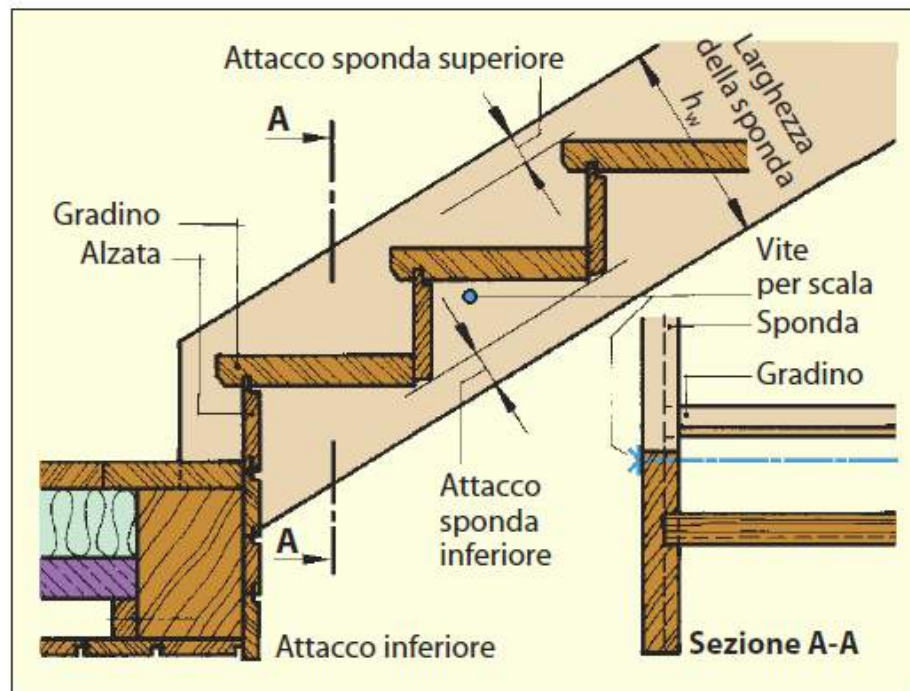
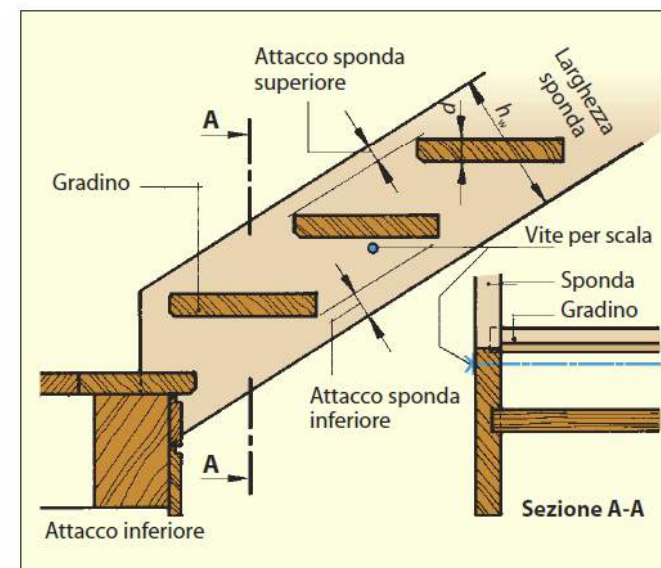
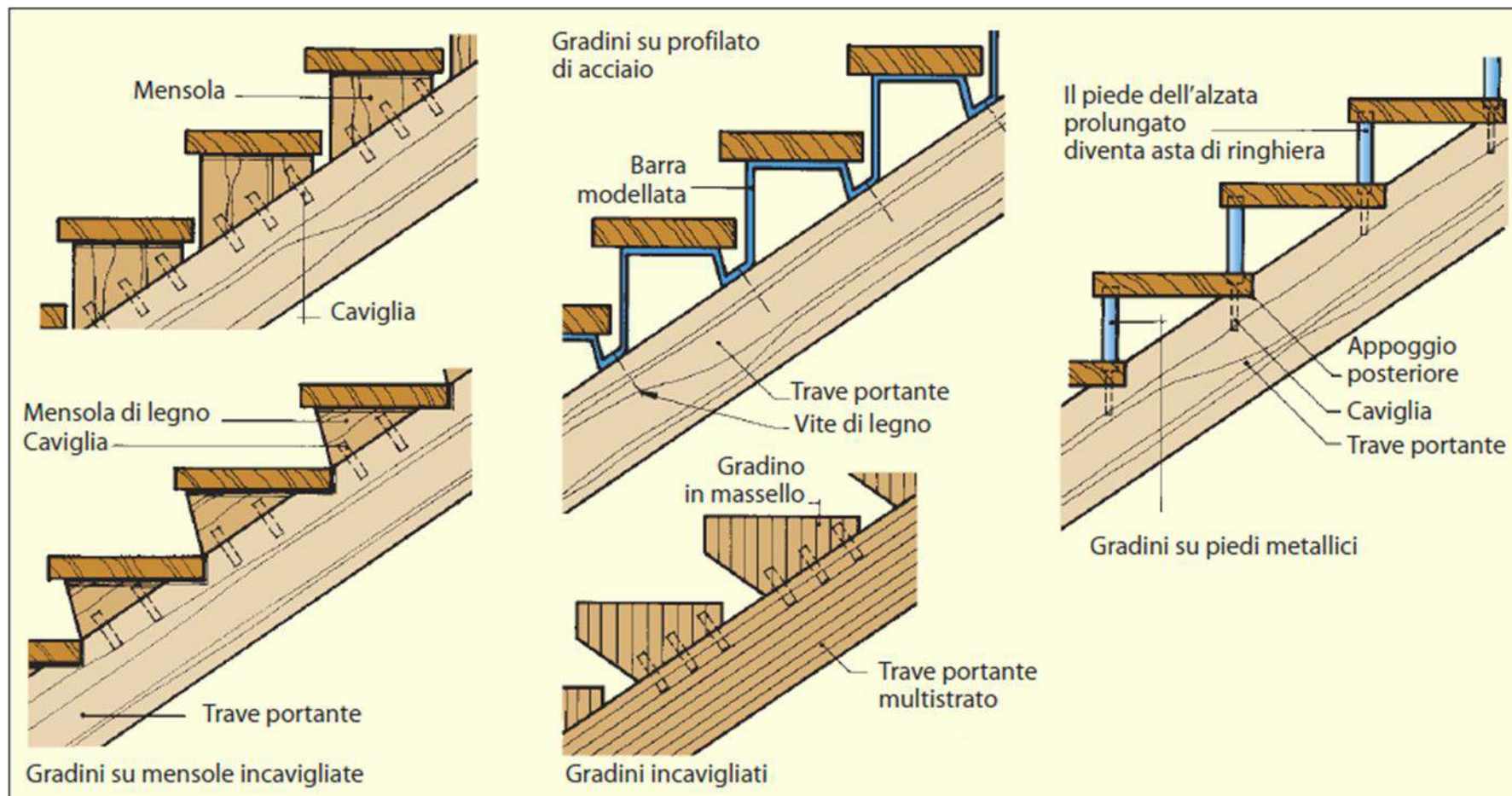


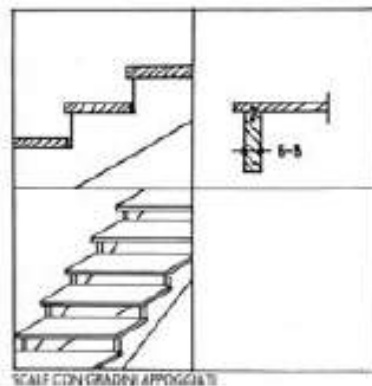
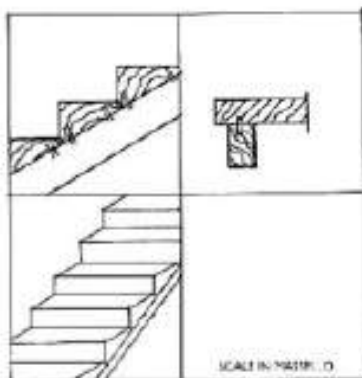
Figura 2: scala a innesto.



STRUTTURA



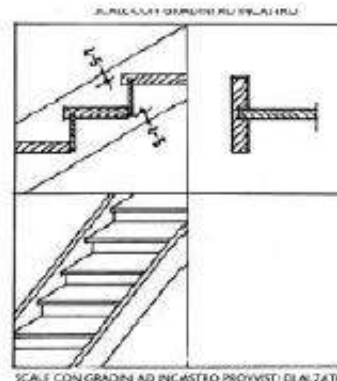
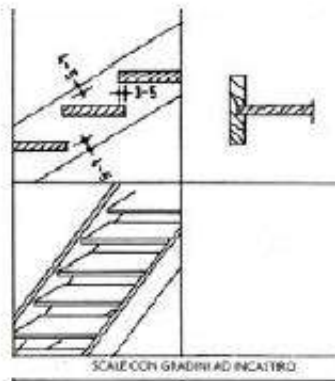
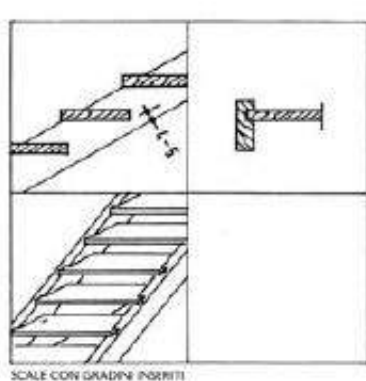
STRUTTURA



Con gradino appoggiato su due travi



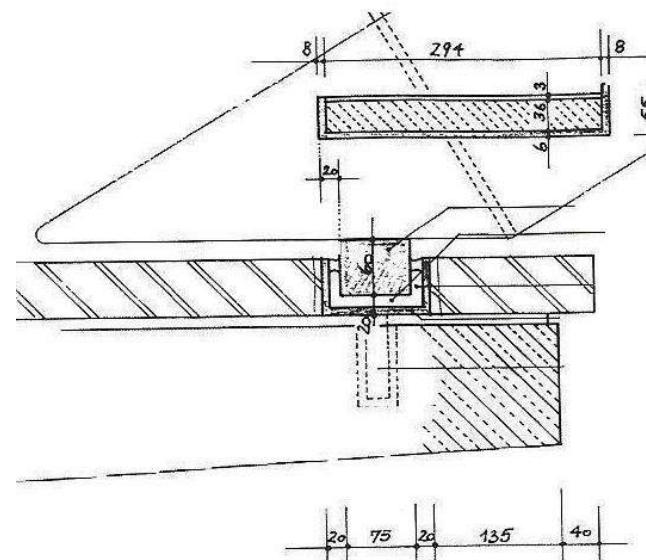
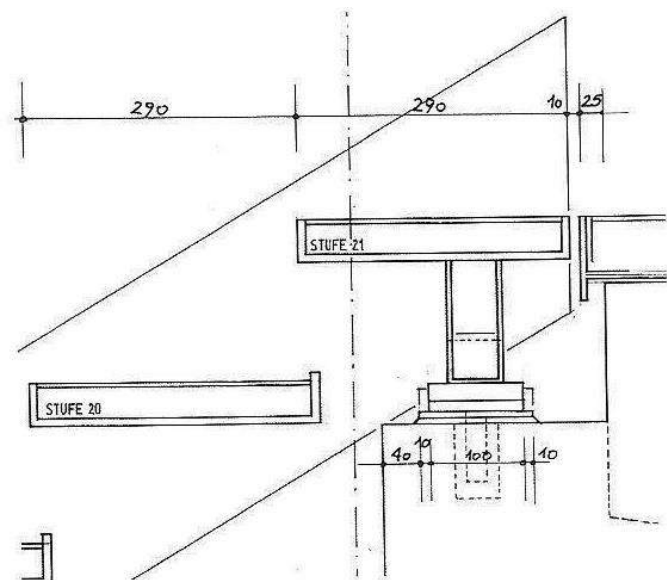
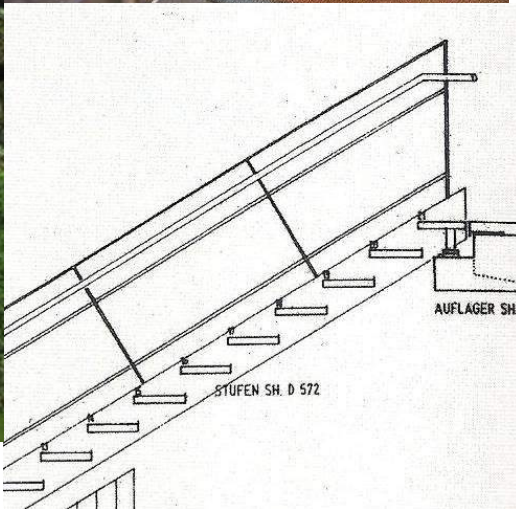
Con gradino incastrato su due travi



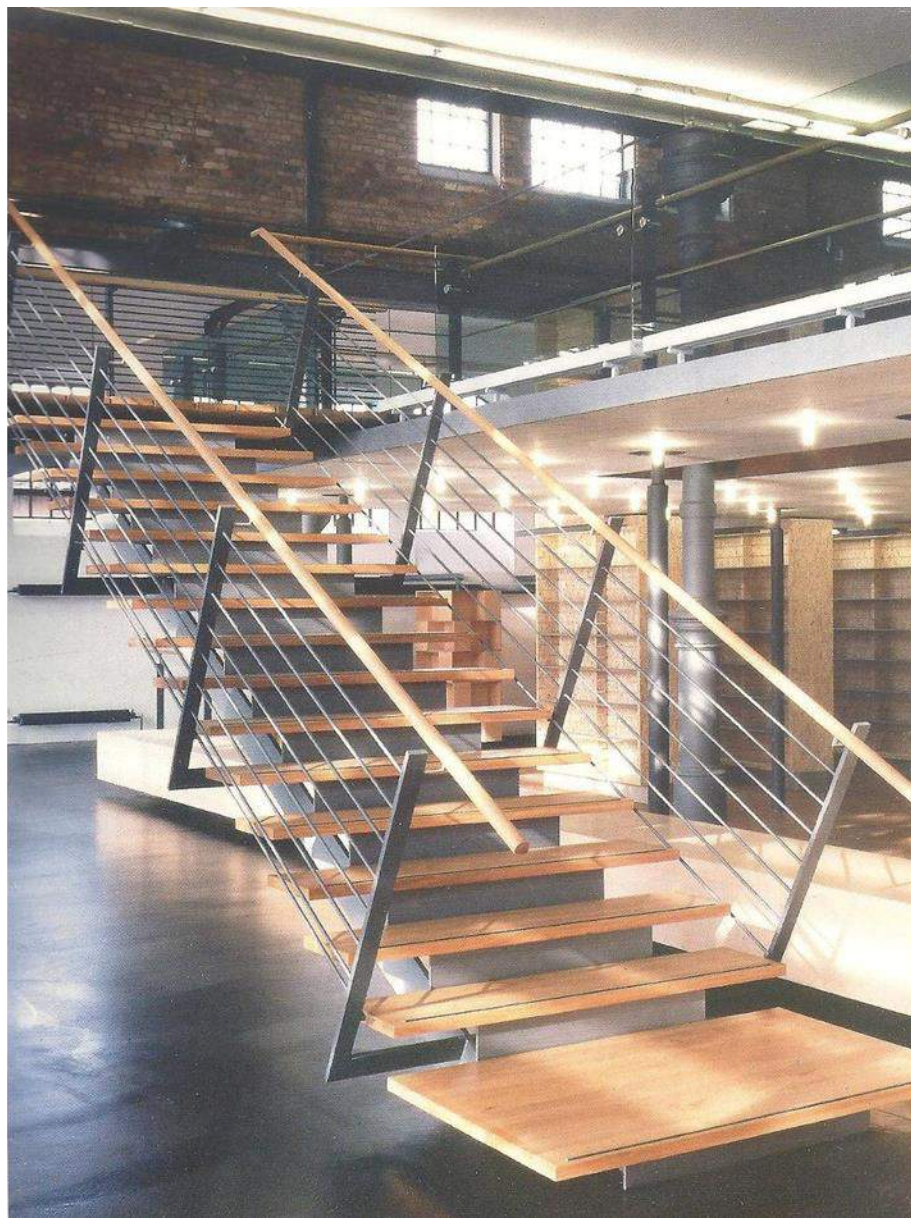
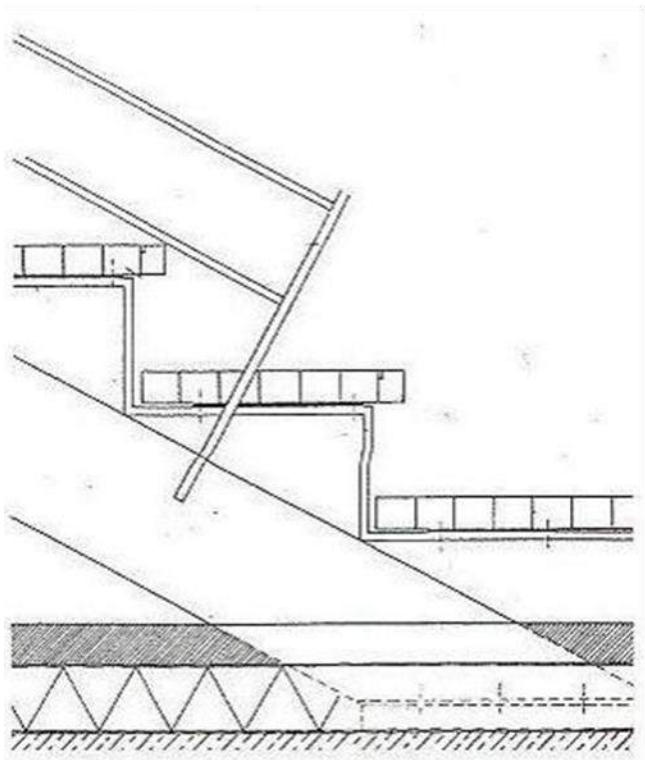
STRUTTURA



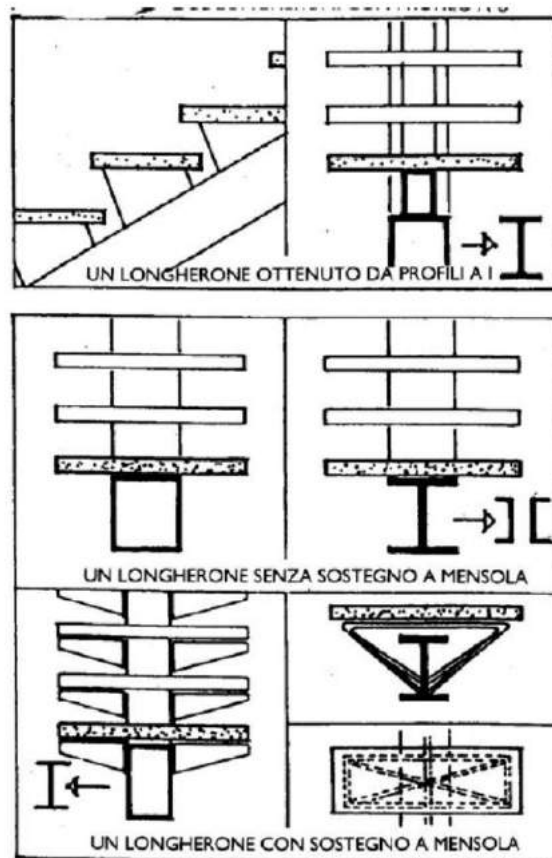
STRUTTURA



STRUTTURA



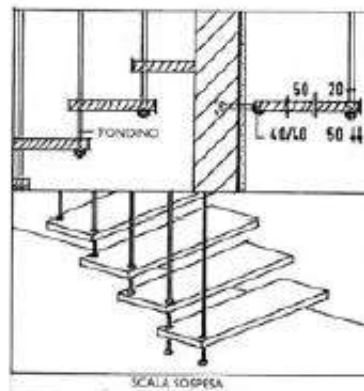
STRUTTURA



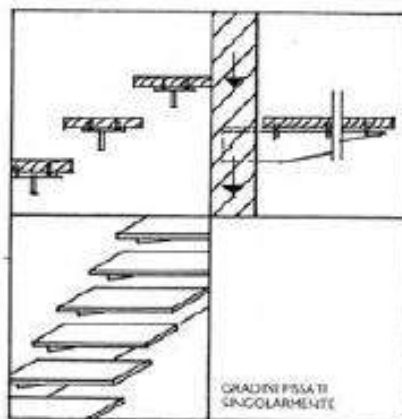
Con gradino su appoggio singolo
centrale



STRUTTURA



Con gradino sospeso



Con gradino a mensola



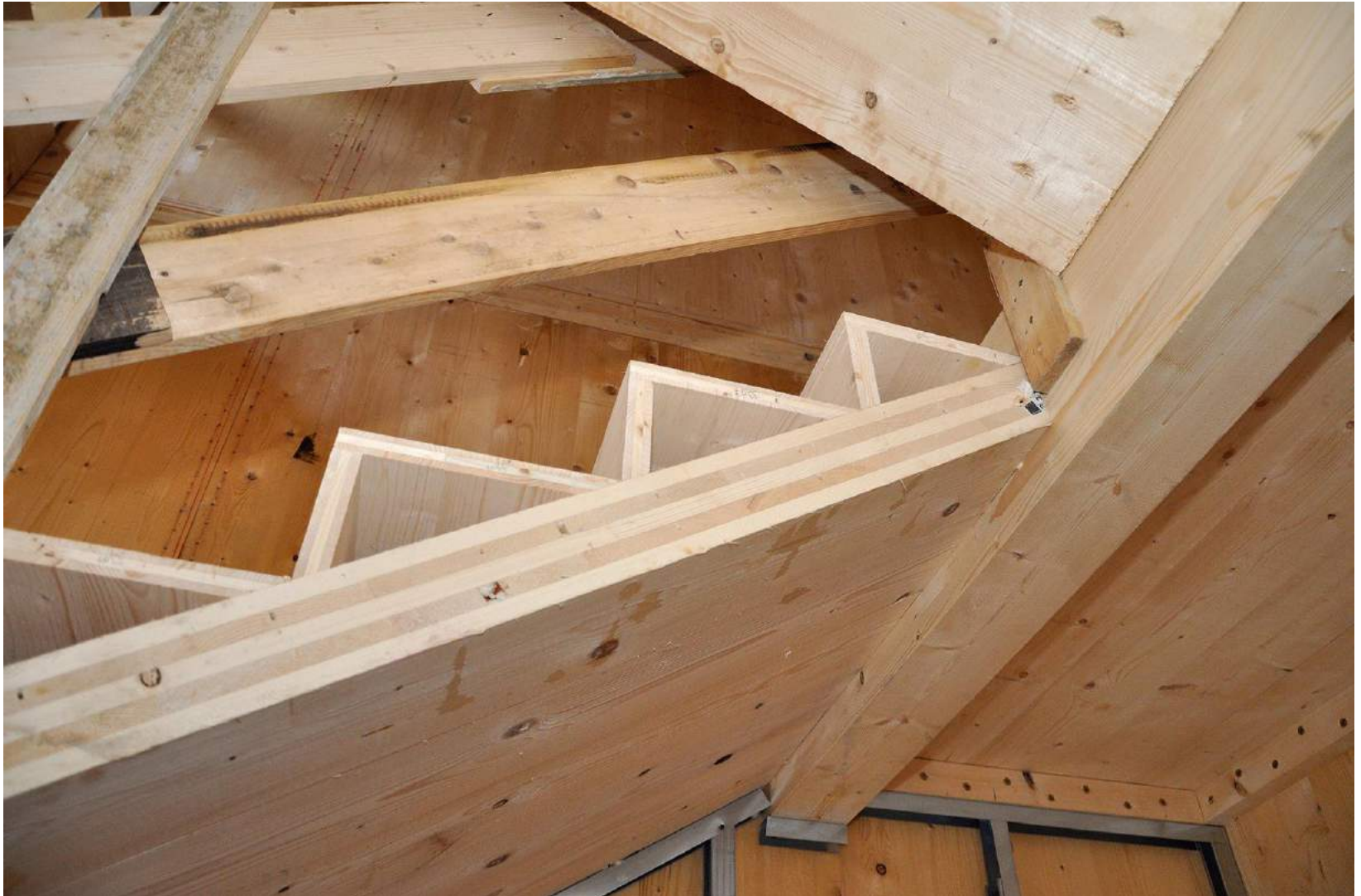
SCALE IN XLAM



SCALE IN XLAM



SCALE IN XLAM



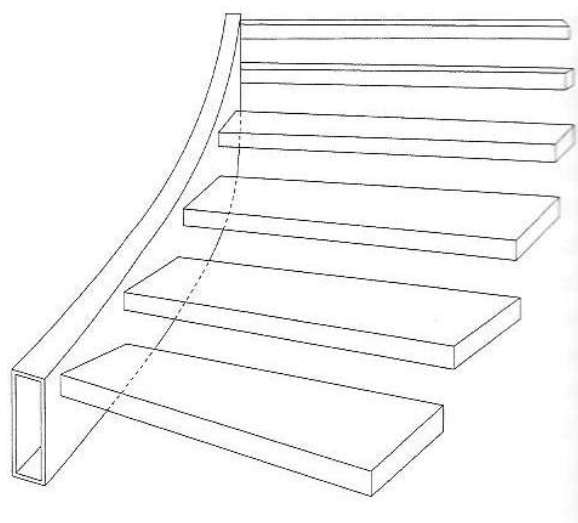
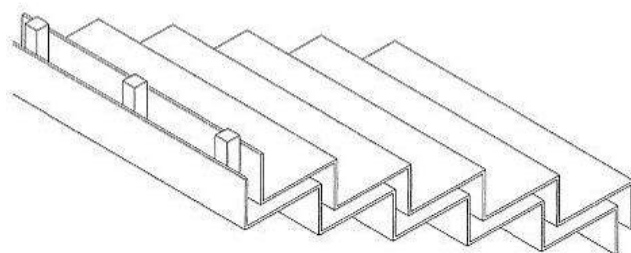
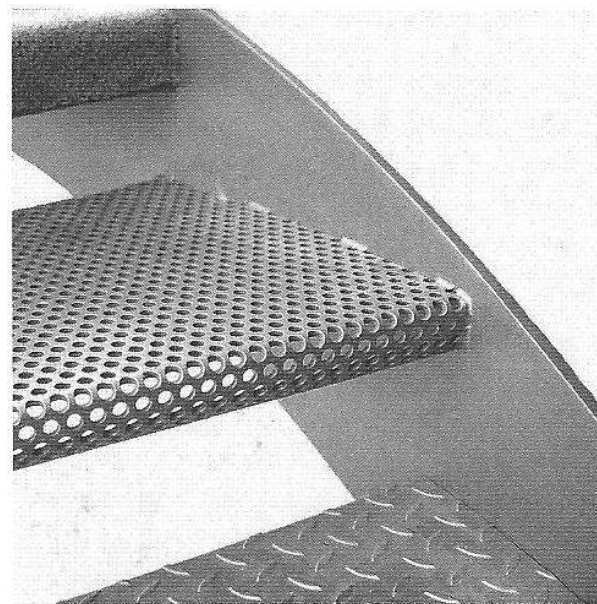
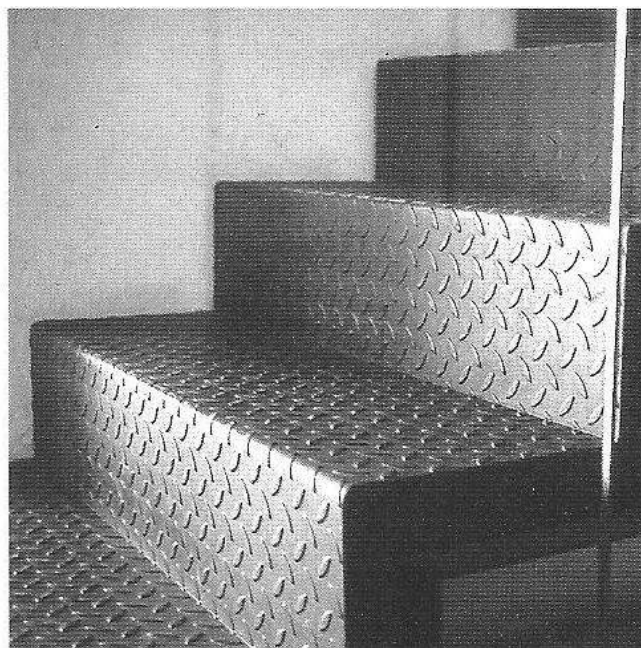
SCALE IN XLAM



SCALE IN XLAM



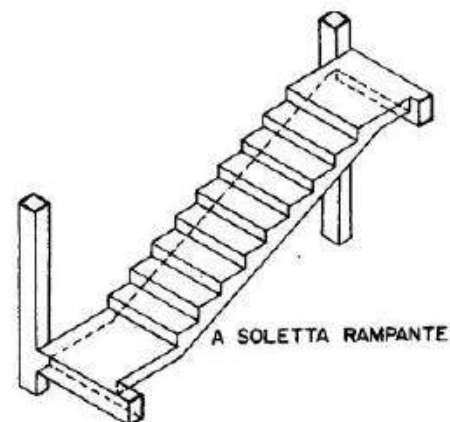
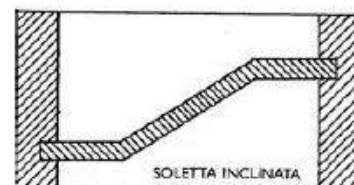
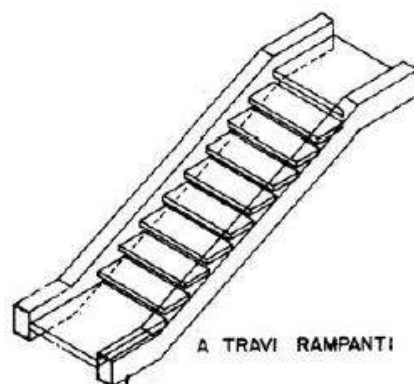
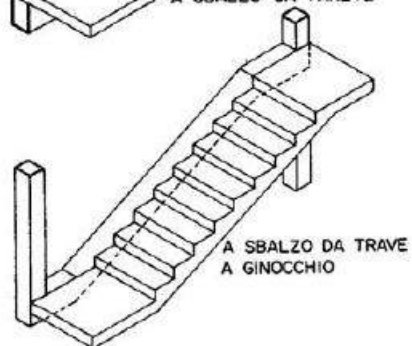
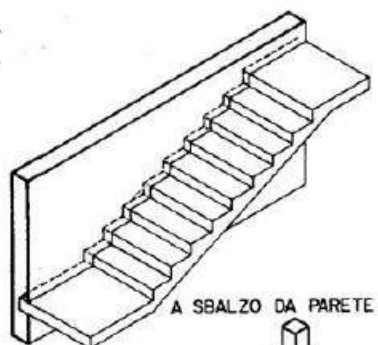
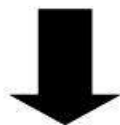
SCALE IN ACCIAIO



SCALE IN ACCIAIO



SCALE IN CEMENTO ARMATO



SCALE IN CEMENTO ARMATO



SCALE IN CEMENTO ARMATO



SCALE IN CEMENTO ARMATO



ACCESSORI

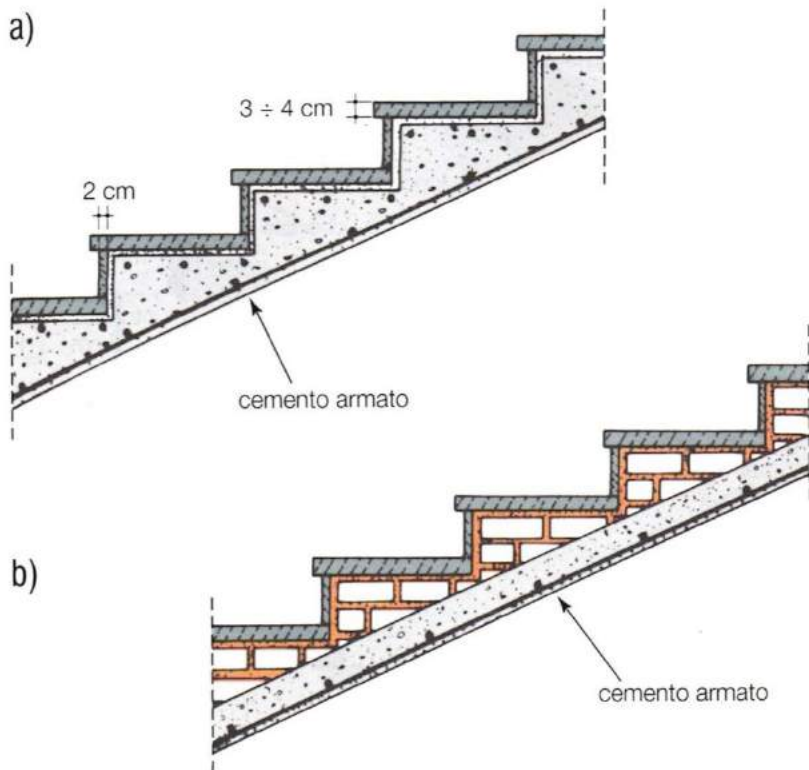


Fig. 33 - Rivestimento dei gradini della scala: a) con lastre di marmo; b) la sagomatura dei gradini è fatta con mattoni forati.

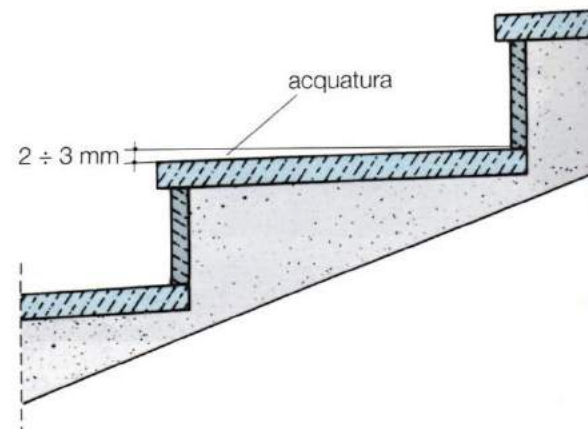


Fig. 34 - La pedata deve avere una leggera pendenza in fuori.

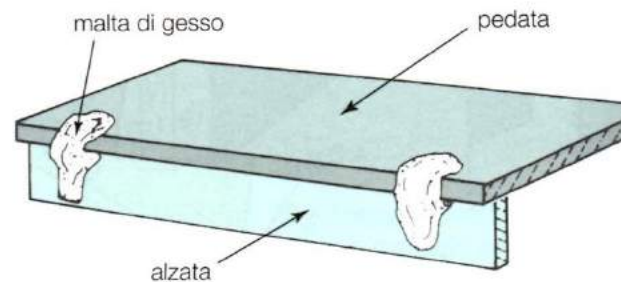


Fig. 35 - Fissaggio provvisorio delle lastre di marmo con malta di gesso.

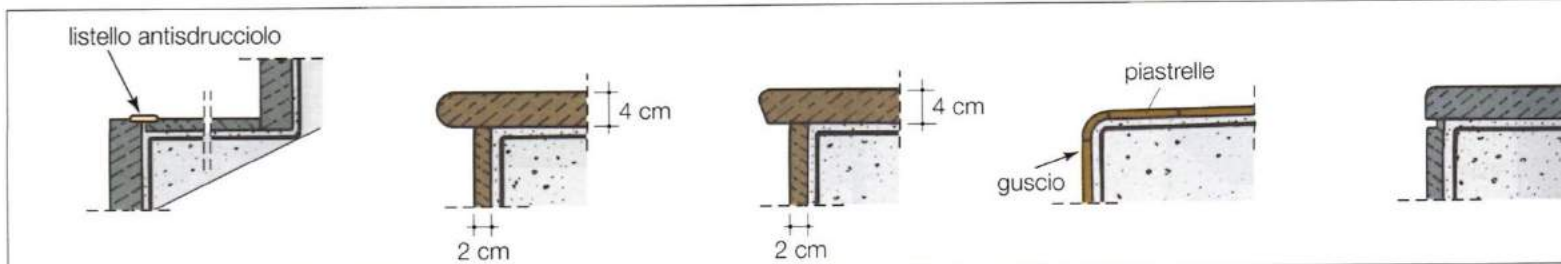


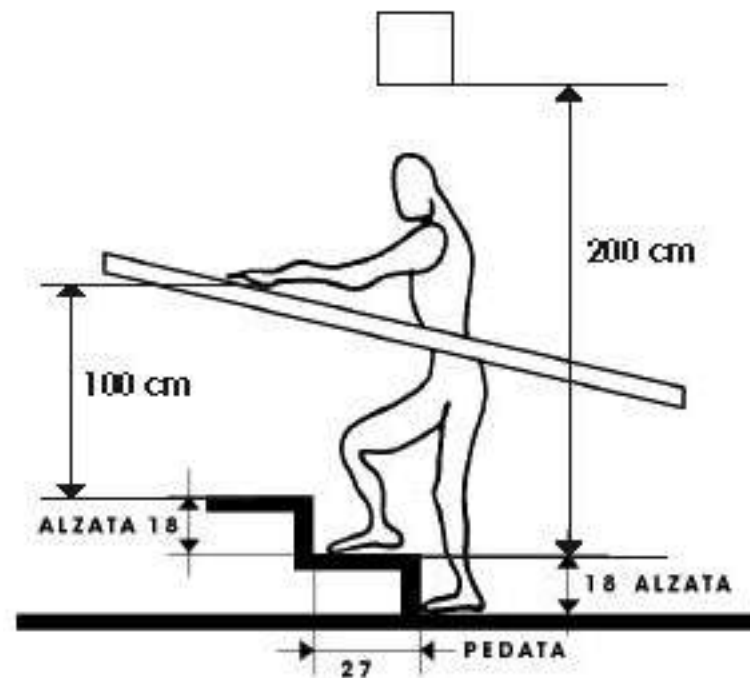
Fig. 36 - Tipi di sagomature di scalini.

ACCESSORI

Le **RINGHIERE** (protezioni inclinate) devono avere altezza minima dalla punta del gradino di **90 cm per le case di abitazione e di 100 cm per le scale comuni o ad uso pubblico**.

Le **BALAUSTRE** orizzontali a protezione dei fori, dovranno avere **altezza minima di 100 cm**. Parapetti e strutture di protezione **oltre il secondo livello fuori terra dovranno avere altezza non inferiore a cm. 110**. In ogni caso le differenze di quote accessibili aventi altezze superiori ai cm 50 dal piano di calpestio, dovranno essere protette da parapetti di altezza non inferiore ai cm. 100.

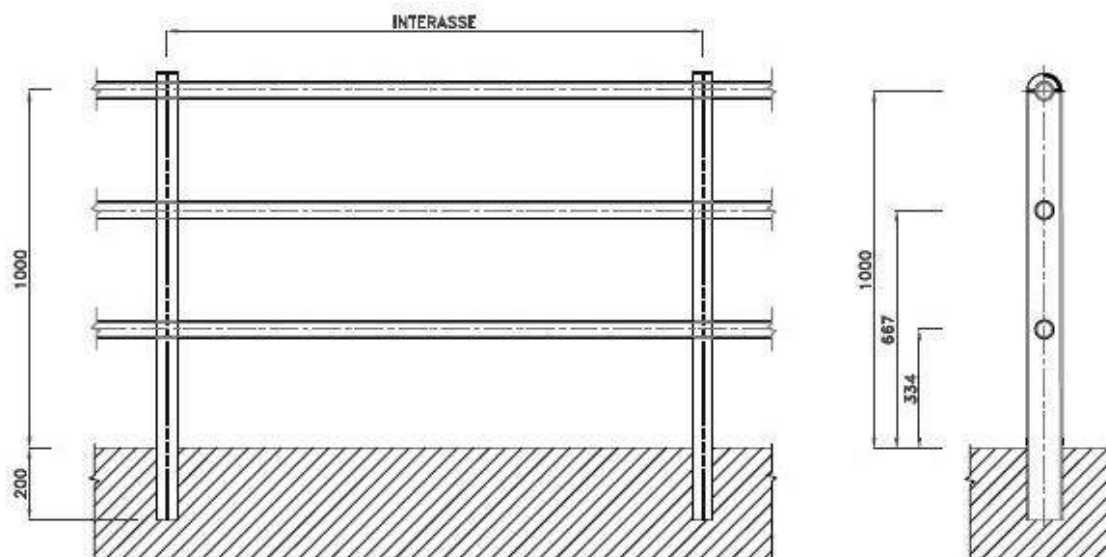
Ringhiere e parapetti, fermo restando che debbano garantire sufficiente resistenza agli urti, dovranno risultare **inattraversabili da una sfera del diametro di 10 cm**.



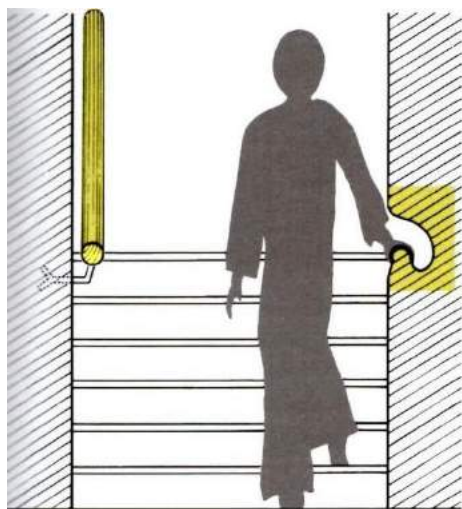
ACCESSORI

Per parapetti costituiti da elementi longitudinali, si dovranno apportare tutti gli accorgimenti tecnici atti ad impedire l'arrampicamento dei bambini. È pertanto consigliabile arretrare il corrimano rispetto all'asse della balaustra verso il piano di calpestio di almeno 15 cm.

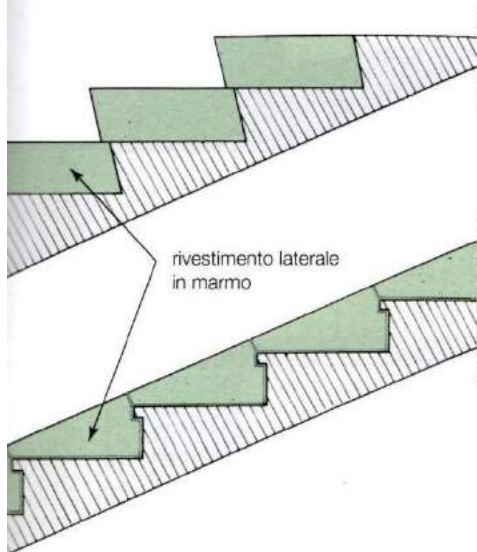
I corrimano posti su ringhiere e balaustre devono essere facilmente impugnabili e realizzati con materiali resistenti e non taglienti. **Le scale di uso pubblico dovranno essere dotate di corrimano su entrambi i lati.** Nel caso necessitasse di un ulteriore corrimano per luoghi spesso frequentati da **bambini**, questo andrà posto ad una **altezza di cm 75**. I **corrimani a muro dovranno rimanere distanziati dalla parete di cm 4**.



ACCESSORI



Corrimano sporgente e incavato nel muro.



Rivestimento laterale dei gradini (scamigli).

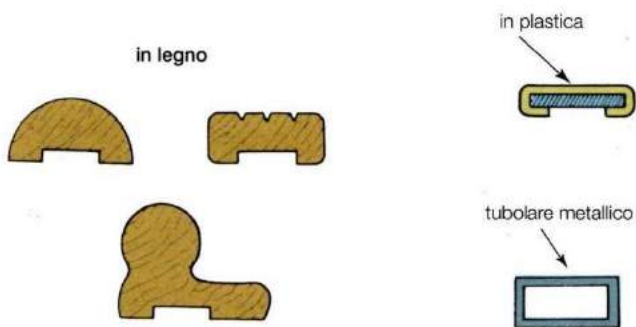
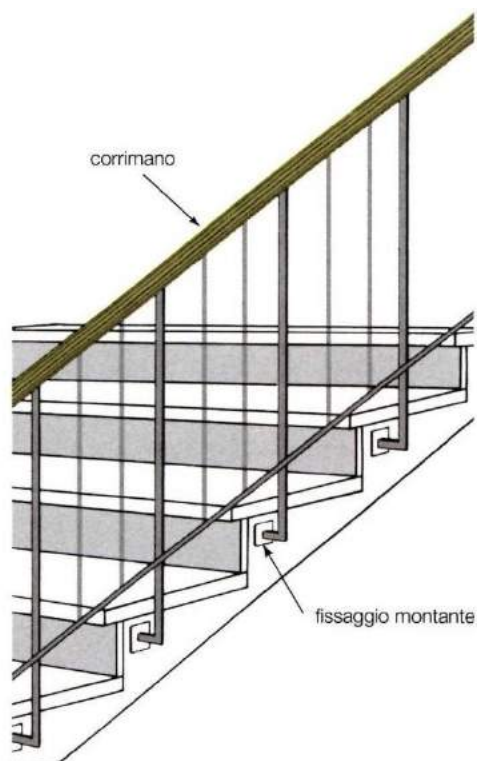


Fig. 39 - Protezione della rampa di scala e profili di corrimani.

ACCESSORI



senza corrimano



con corrimano sovrapposto
inox



con corrimano sovrapposto in
legno

ACCESSORI



ACCESSORI



Details 9/2009

Details 5/1/2004

Details 4/2002

Details 2/2000