Le Peculiarità degli elementi di alleggerimento SLIM-LINE®
per i solai a piastra

L’ Esperienza di "Villa Lieta"
Riqualificazione Edificio con demolizione dell’esistente
Verona Via Carlo Edèrle – Via Francesco Anzani
"Il calcestruzzo si è tolto un gran peso"

ATLAX®
ALLEGGERIMENTO STRUTTURALE

costruiamo solide leggerezze

Costruiamo solide leggerezze edili e ci rivolgiamo ai professionisti che hanno voglia di crescere.
A quelli che sanno che le migliori idee nascono da cose semplici.
Ad esempio dall'agile libertà di un volo

Un uomo ha certamente molta più forza nelle braccia di quanta ne abbia un gabbiano nelle ali, ma è il rapporto con il peso ciò che conta! Ogni elemento dell'anatomia di un uccello è funzionale allo scopo: la forma aerodinamica del corpo, le ossa cave dello scheletro, i muscoli, le piume.
Tutto è finalizzato al massimo alleggerimento del peso, così da consentire un volo, stabile e flessibile nello stesso tempo. Non chiedeteci di far volare un solaio, ma

di dare ali alle vostre idee,

di alzare più vani verso il cielo, di ampliare gli spazi, di renderli funzionali e semplici al massimo! Questo sì, possiamo farlo…

CARATTERISTICHE

Gli elementi di alleggerimento **SLIM-LINE** permettono la realizzazione di un solaio in calcestruzzo performante, solido e sicuro. Rispetto per l'ambiente grazie alle moderne tecnologie di stampaggio adottate.

PERFORMANTE

Rapidità e semplicità di posa in cantiere grazie alla gabbia metallica contenitiva sagomata.

L’edificio residenziale " Villa Lieta " nasce come intervento prestigioso nel quartiere di Borgo Trento adiacente al centro storico di Verona.
Le esigenze strutturali mettono in luce le peculiarità degli elementi di alleggerimento **SLIM-LINE®** per i solai a piastra.
La posizione del costruendo edificio impone un’attenta gestione logistica del cantiere svolta molto bene dalla tipologia del sistema **SLIM-LINE®.**
Inoltre con suo l’utilizzo si sono risolti aspetti legati a:

- **Geometrie Irregolari**
- **Spessore dei solaio ridotti al minimo**
- **Massimi spazi interni**
- **Riduzione al minimo di pareti e pilastri**
- **Eliminazione delle antiestetiche travi fuori spessore**
- **Riduzione degli scavi di fondazione**
- **Riduzione al minimo della movimentazione dei materiali**
- **Uso consapevole delle risorse**

Descrizione del progetto

L'edificio si compone di **9 piani fuori terra e di 3 piani interrati**. I pilastri e le pareti a sostegno dei solai fuori terra gravano in falso sul ''solettone'' del piano terra inizialmente previsto da H=120 cm in getto pieno di piano terra, poi ridotto a H=100 cm per la netta diminuzione del peso proprio dato dall'utilizzo degli elementi di alleggerimento **SLIM-LINE** nei solai fuori terra.
La progettazione statica dell'edificio era vincolata da esigenze architettoniche, quali lo spessore dei solai che non poteva superare i 23cm ed il numero massimo dei pilastri che, per lasciare libertà nella progettazione degli interni, non poteva essere superiore a 27.
Questo ha portato fin da subito a **scartare la soluzione del sistema tradizionale monodirezionale** in latero-cemento H=26cm che necessitava di **31 pilastri e travi ricalate**, con conseguenti complicazioni architettoniche, orientando il team di progettazione verso il solaio con comportamento a piastra su appoggi puntiformi.
Dal punto di vista sismico l'edificio è inquadrabile come una **struttura a pareti** (resistenza al taglio alla base ≥ 65% della resistenza a taglio globale) in bassa duttilità (CD "B").
Il calcolo dell'edificio ad uso residenziale è stato affrontato studiando **tre differenti soluzioni** per i solai a piastra:

soletta piena di spessore H=20 cm
soletta piena di spessore H=23 cm
soletta alleggerita con elementi SLIM-LINE® di spessore H=23 cm

Per ogni tipologia di solaio si sono prima verificati i benefici dal punto di vista statico/sismico, poi se ne è fatta una comparazione economica anche in riferimento ai costi del sistema tradizionale in latero-cemento scartato in partenza.
Nella prima soluzione (**soletta piena H=20cm**) i solai dovevano poggiare necessariamente su **33 pilastri, 2 pareti ed i due vani scala in ca**.
Dal punto di vista statico la maggiore inerzia del **solaio pieno H=23 cm** rispetto a quello H=20 cm ha consentito **l'eliminazione di 6 pilastri** ma un maggiore peso proprio del solaio ha reso necessario una ricalibrazione delle rigidezze dal punto di vista sismico con conseguente **introduzione di due ulteriori pareti sismo-resistenti**.

Si è quindi valutato l' utilizzo degli elementi di alleggerimento **SLIM-LINE® 100** con spessore di solaio **H=23 cm** che ha determinato una riduzione del peso proprio in campata di 140kg/mq mantenendo pressochè inalterata l'inerzia (ridotta solo del 4% rispetto al solaio H=23cm in getto pieno); questo ha conferito al solaio a piastra prestazioni flessionali decisamente superiori a quello del solaio pieno di egual spessore. Tutto ciò ha portato notevoli vantaggi al comportamento statico della struttura che si è ritrovata sgravata di circa il 20% del peso proprio, con possibilità dunque di **eliminare 6 pilastri** (con tutti i benefici architettonici del caso) e di portare lo spessore definitivo del solettone di base a 100 cm consentendo allo stesso una freccia a tempo infinito quasi permanenti inferiore a L/1000 a garanzia degli elementi fuori terra sensibili ai cedimenti differenziali.

La riduzione in peso ha portato con se anche una **riduzione delle forze orizzontali del 12%** rispetto al solaio in getto pieno dello stesso spessore. Tale riduzione delle forze sismiche in gioco ha permesso di **eliminare** anche **le due pareti sismo-resistenti** necessarie con la soluzione a soletta piena H=23 cm.

In conclusione il solaio alleggerito con gli elementi **SLIM-LINE®** è stato l'unico a soddisfare le esigenze statico/architettoniche (nr. massimo di pilastri pari a 27) e quelle sismiche volte a non aumentare il numero delle pareti sismo-resistenti.

Infine si è proceduto alla **comparazione economica delle 3 soluzioni** prese in esame assieme a quella del solaio tradizionale in latero-cemento.

Nella prima comparazione dei costi si è tenuto conto della sola struttura fuori terra spalmando i costi di travi, pilastri e pareti sul mq di solaio delle differenti soluzioni.

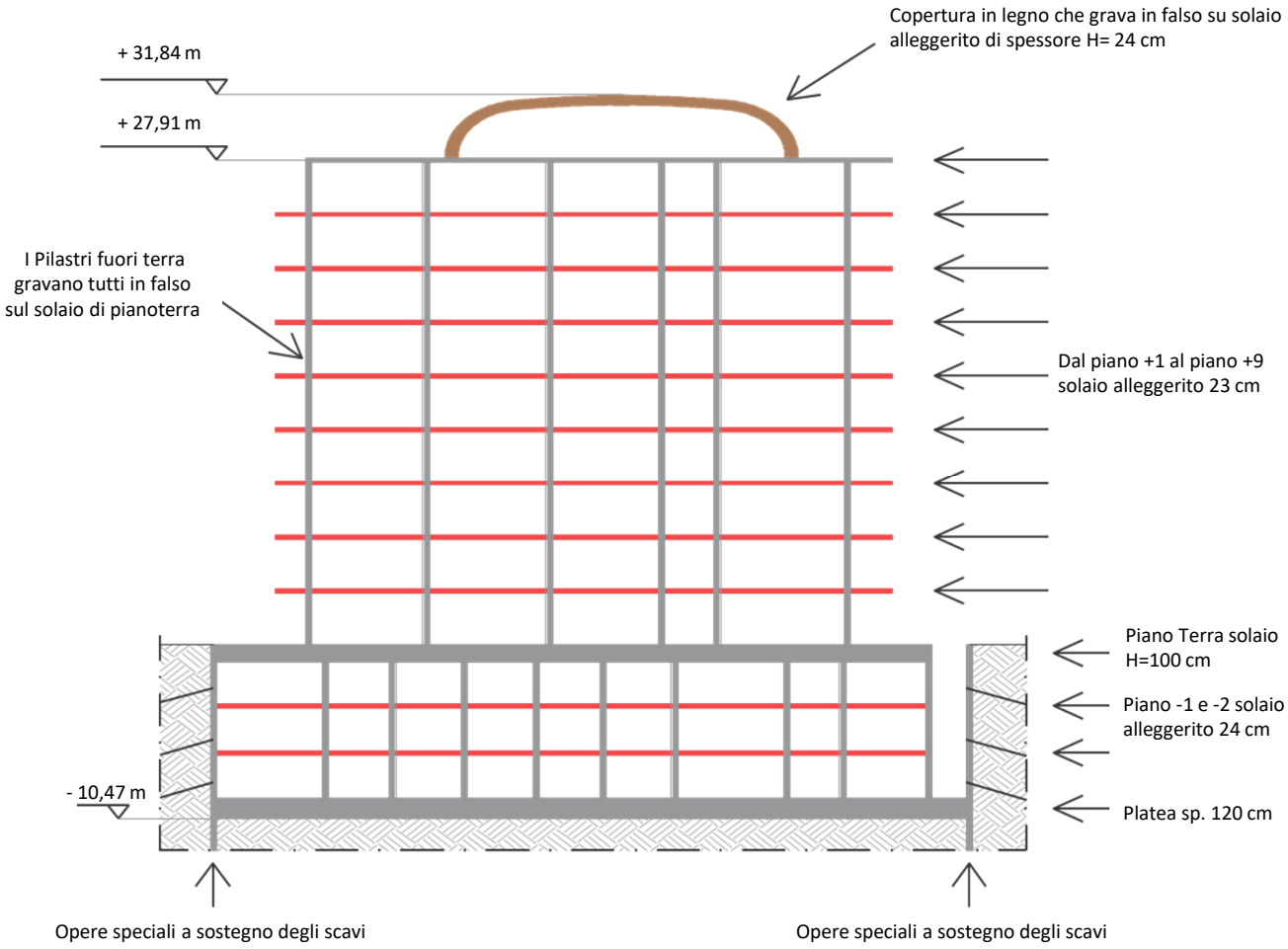
La seconda comparazione prendeva in considerazione la struttura nella sua interezza; nel costo a mq delle varie tipologie dei solai, oltre a pilastri, travi e pareti, si sono spalmati anche i costi del solettone e delle fondazioni.

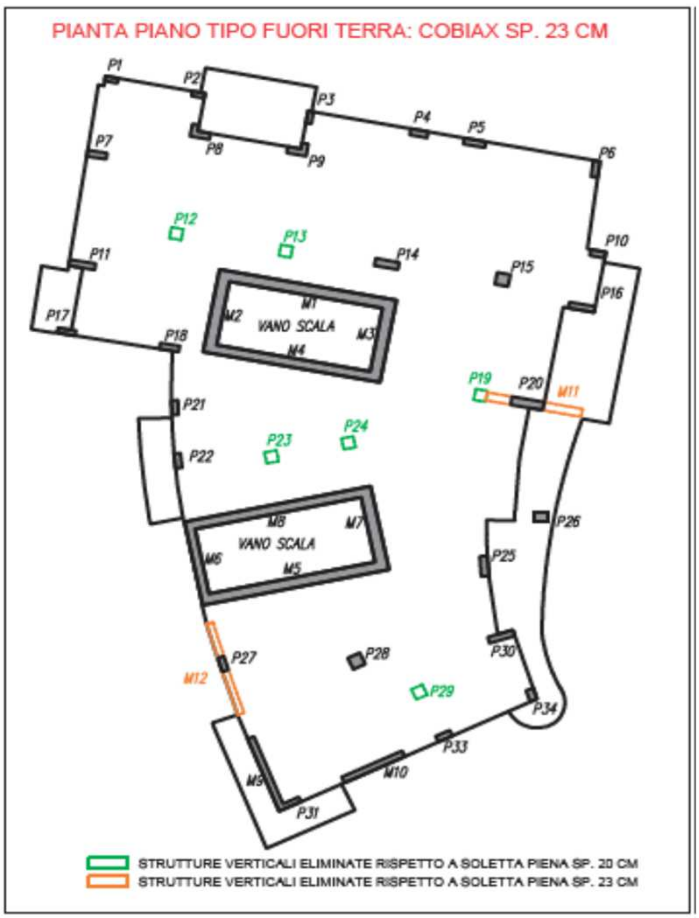
In entrambe le comparazioni economiche il solaio a piastra alleggerito con gli elementi SLIM-LINE® è risultato il più economico.

Il risparmio rispetto alla soletta piena di egual spessore è di 19,18 €./mq.

Il costo della struttura, fondazioni più snelle, nessuna trave, meno pilastri e setti, ''solettone'' più basso, ha portato un' ulteriore risparmio sulla struttura.

Schema delle Strutture dell'Edificio





DATI DI PROGETTO	
Carichi statici	Pilastri e Pareti
Sistema sismo-resistente	Pareti
N°piani fuori terra	9
Estensione piani fuori terra	600 mq
N°piani interrati	3
Estensione piani interrati	900 mq
N°totale impalcati	12

Il peso della struttura fuori terra ha influenzato le dimensioni di:

- strutture verticali fuori terra
- Solettone al piano terra
- Fondazioni e strutture interrate

Solaio in calcestruzzo pieno H=20 cm

Peso proprio 5,00kN/mq

Struttura in elevazione: n° 33 pilastri n° 2 pareti sismeresistenti

Solaio in calcestruzzo pieno H=23 cm

Peso proprio 5,75kN/mq

Struttura in elevazione: n° 27 pilastri n° 4 pareti sismo-resistenti

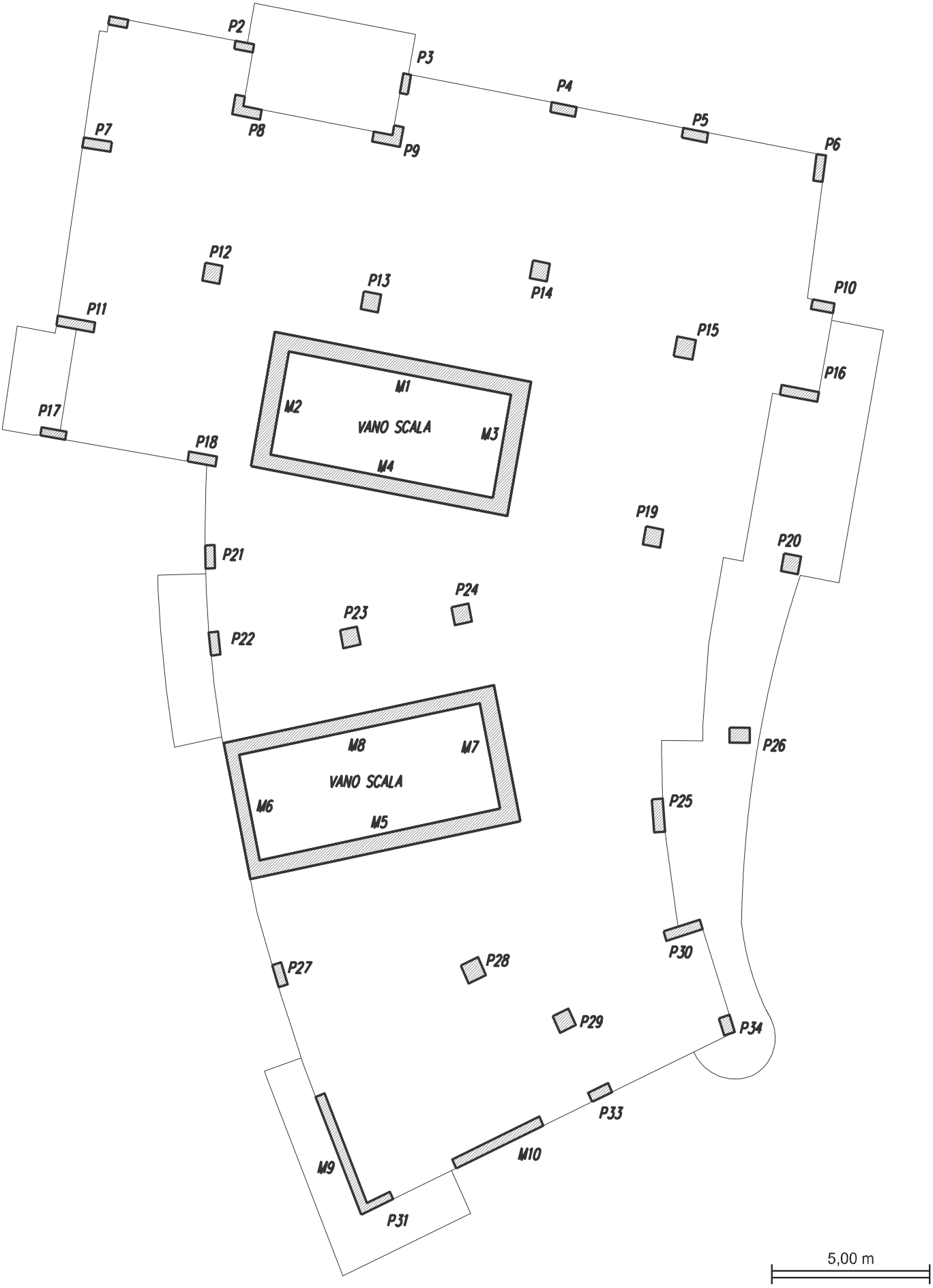
Solaio in calcestruzzo H=23 cm alleggerito con gli elementi

SLIM-LINE®

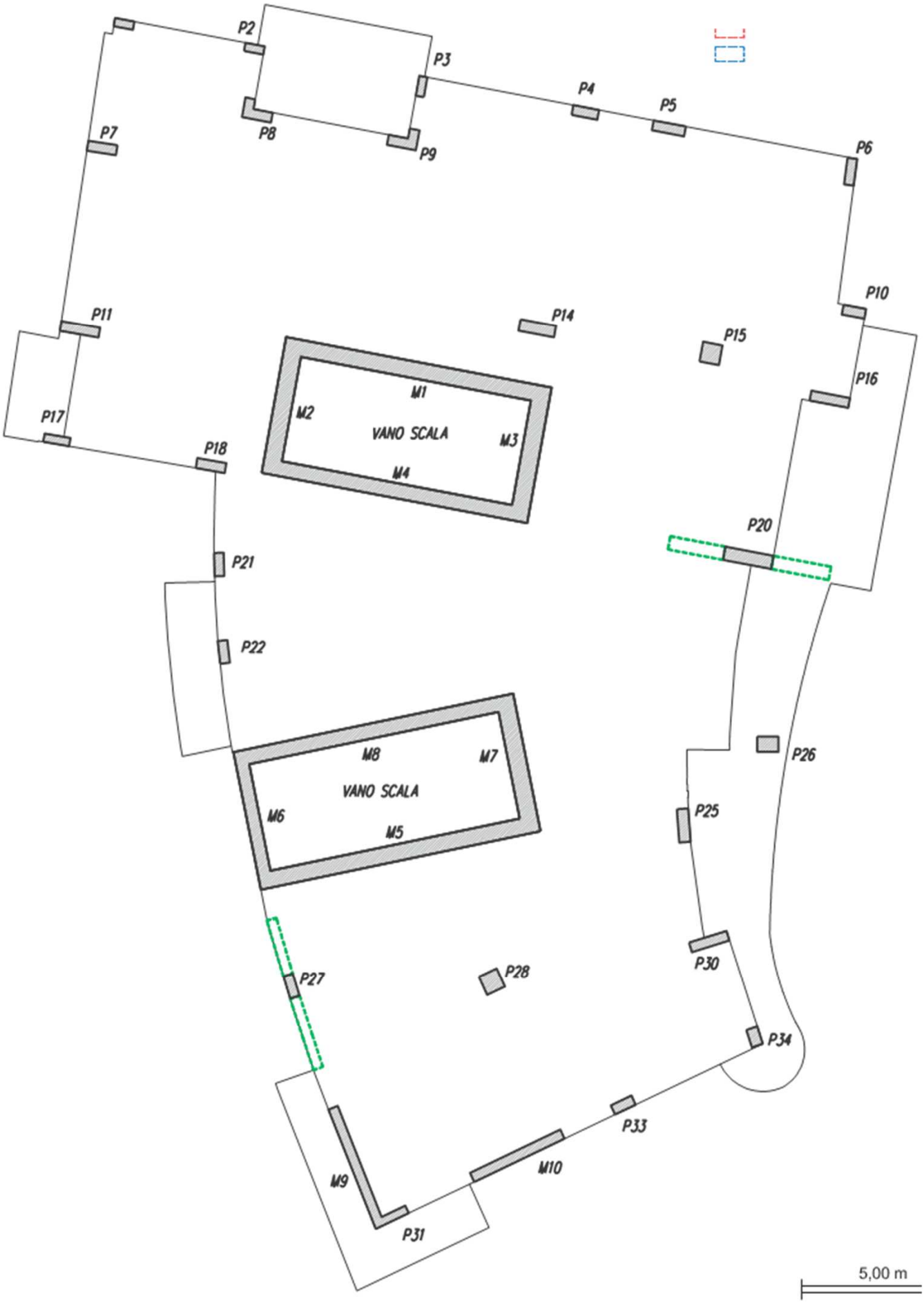
Peso proprio 4,58 kN/mq

Struttura in elevazione: n° 27 pilastri nessuna parete sismo-resistente

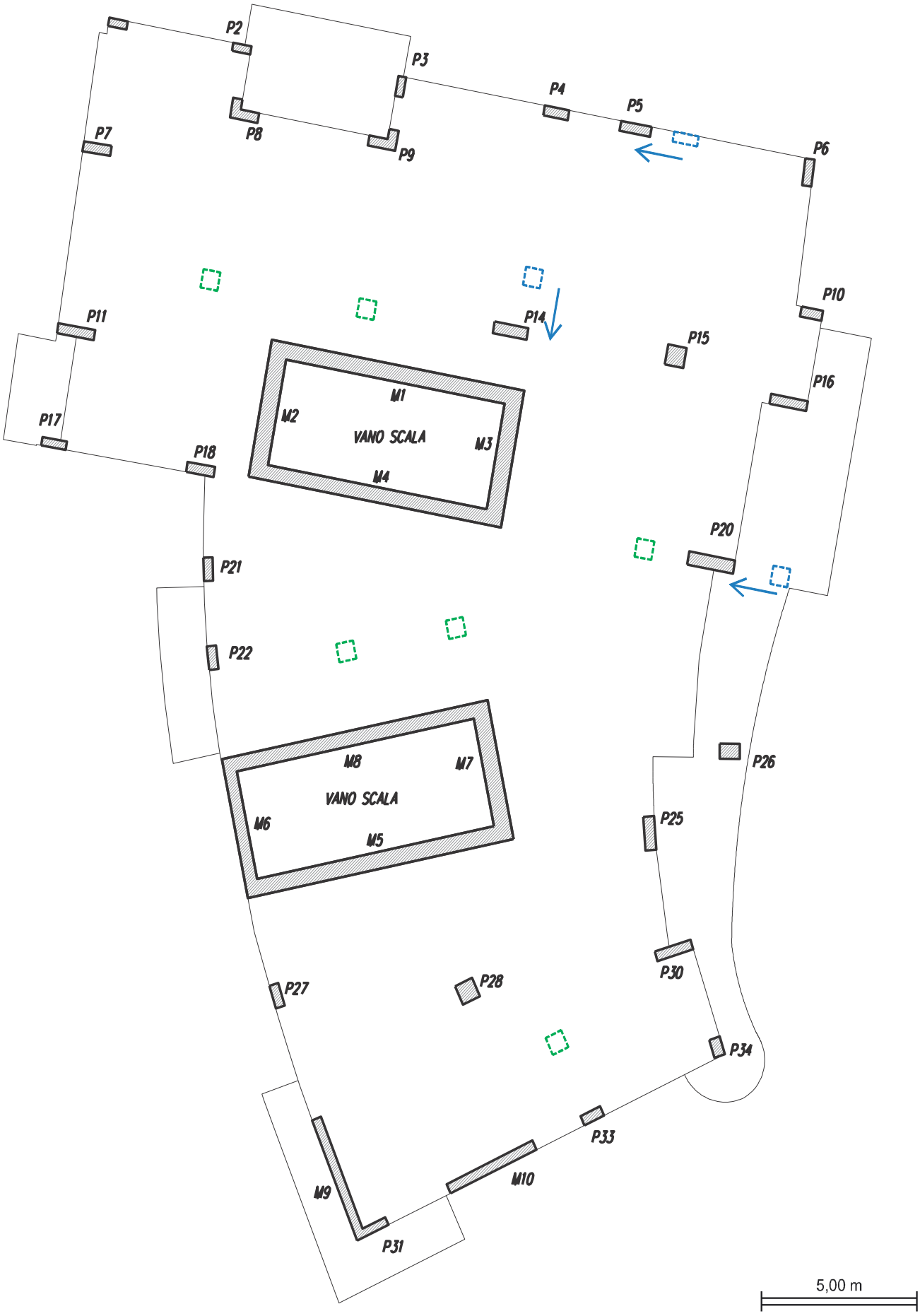
Solaio in calcestruzzo spessore H= 20 cm



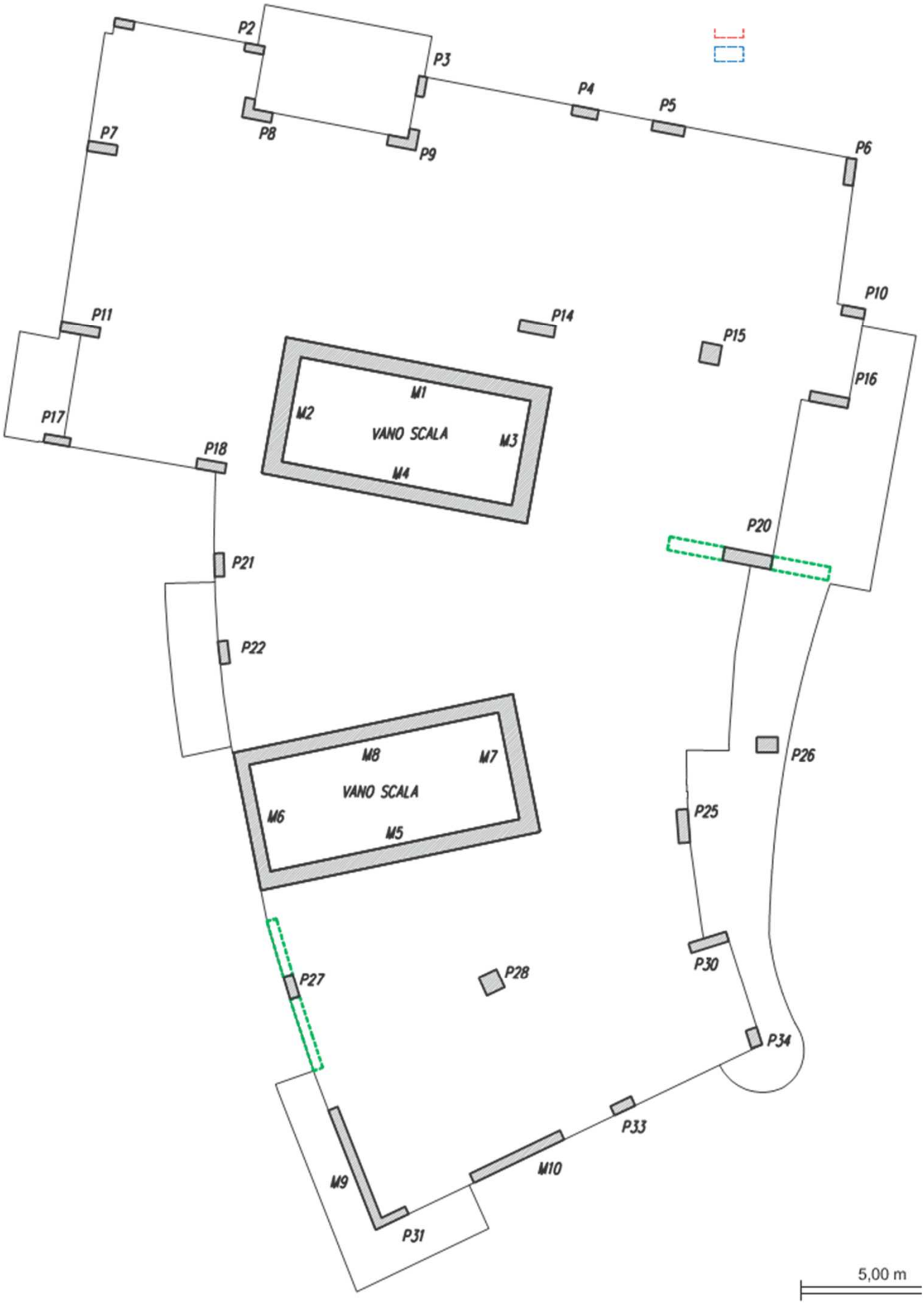
Solaio in calcestruzzo alleggerito con elementi SLIM-LINE®



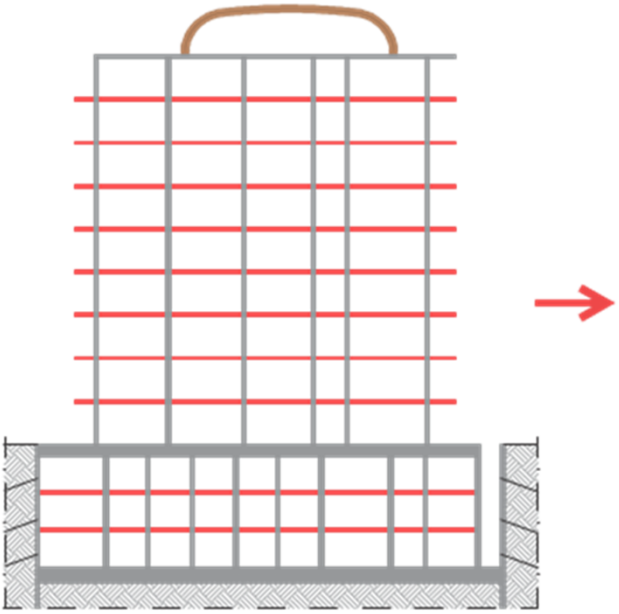
Solaio in calcestruzzo 23 cm



Solaio in calcestruzzo alleggerito con elementi SLIM-LINE®



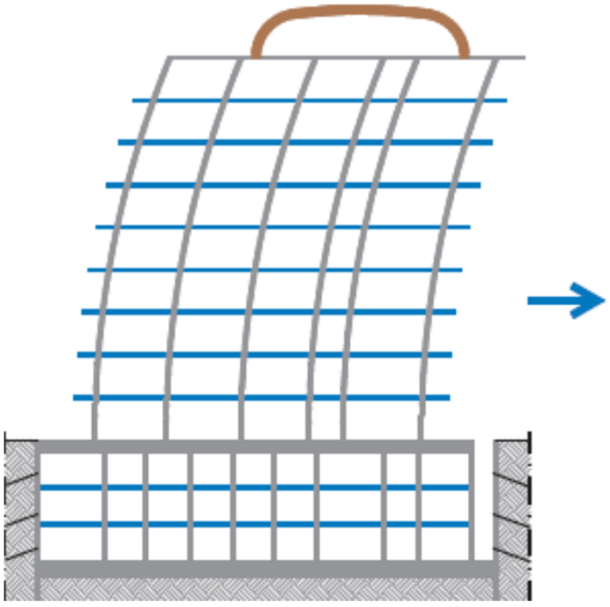
Statica: solaio in calcestruzzo alleggerito con elementi SLIM-LINE®



	AT 23 cm – SP 20 cm	AT 23 cm – SP 23 cm
FUORI TERRA	↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN ↓ - 15'000 daN	↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN ↓ - 69'000 daN
INTERRATO	- 120'000 daN	- 552'000 daN
P. PROPRIO G1	- 5 %	- 20 %
TOTALE G1 + G2 + Q	- 2 %	- 9 %

Il solaio alleggerito spessore 23 cm ha peso proprio inferiore al solaio di spessore 20 cm e una inerzia pressochè identica ad un solaio di spessore 23 cm.

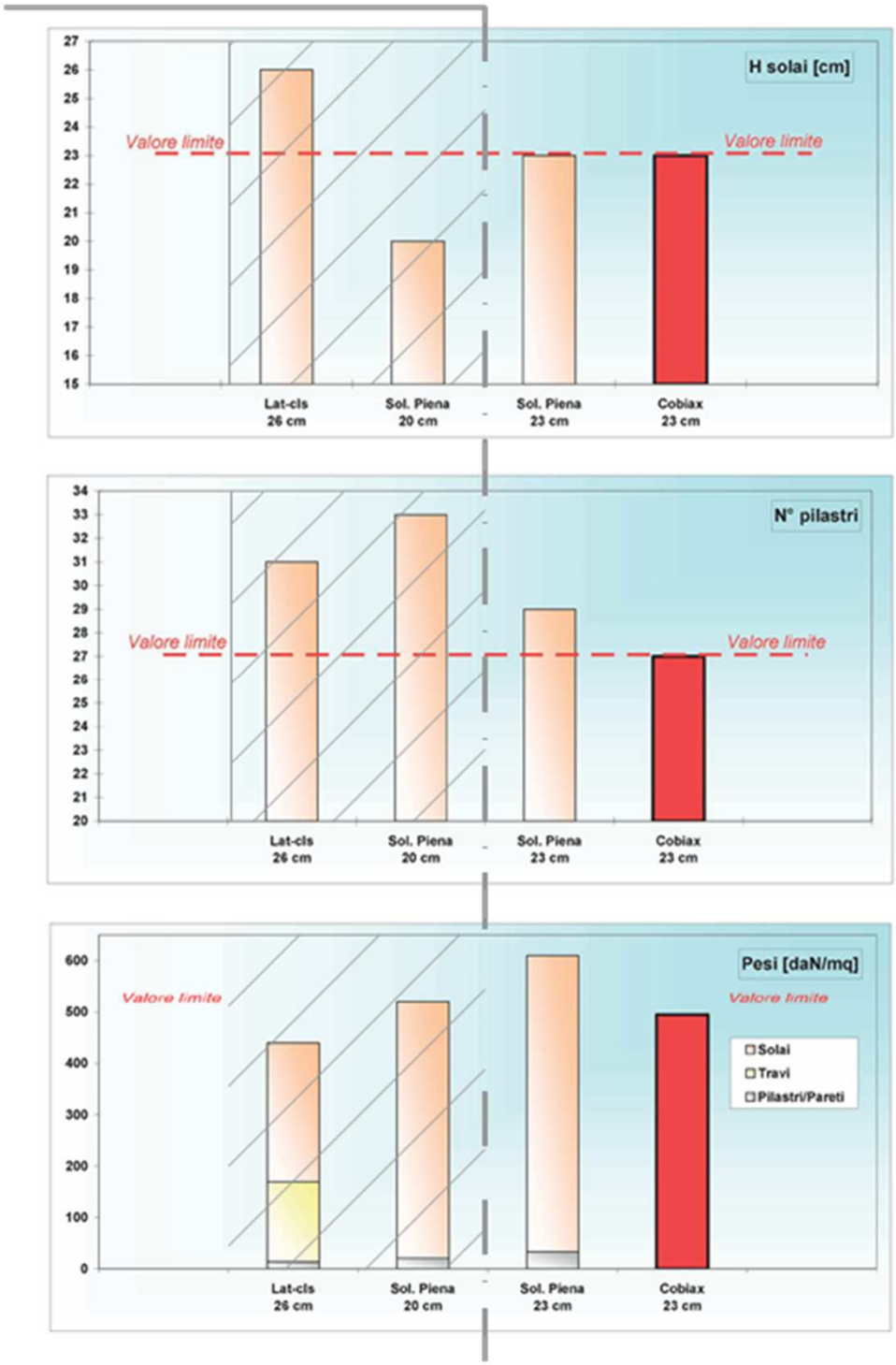
Sismica: solaio in calcestruzzo alleggerito con elementi SLIM-LINE®



	AT 23 cm – SP 20 cm	AT 23 cm – SP 23 cm
FUORI TERRA	→ - 2'900 daN → - 2'500 daN → - 2'200 daN → - 1'800 daN → - 1'500 daN → - 1'100 daN → - 700 daN → - 300 daN	→ - 13'300 daN → - 11'600 daN → - 10'000 daN → - 8'300 daN → - 6'700 daN → - 5'000 daN → - 3'400 daN → - 1'700 daN
INTERRATO	- 13'000 daN	- 60'000 daN
P. PROPRIO G1	- 5 %	- 20 %
TOTALE G1 + G2 + ψ Q ψ = 0,3	- 3 %	- 12 %

Il solaio alleggerito spessore 23 cm determina la stessa F sismica di un solaio spessore di 20 cm che permette quindi di ridurre le pareti sismoresistenti.

Verifica dei parametri imposti dalla normativa

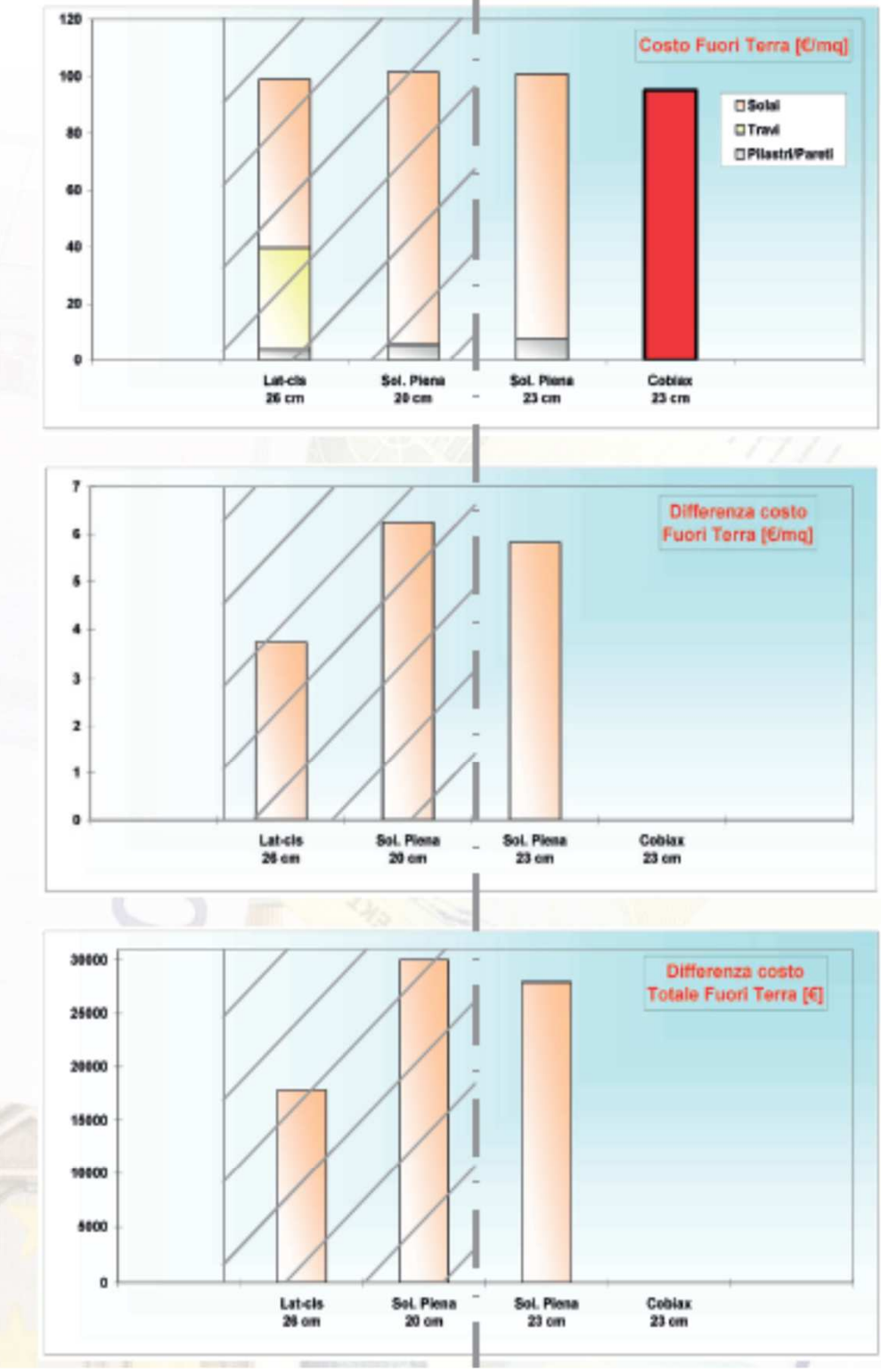


Nel caso in esame l'utilizzo degli elementi di alleggerimento **SLIM-LINE®** nel solaio in calcestruzzo permette di rispettare tutti i parametri.

TIPOLOGIA SOLAI	H solai [cm]	Verifica		H limite[1]	N° pilastri	Verifica		N° pilastri limite[3]	Peso proprio[4] [daN/mq]	Verifica		P. proprio limite[5] [daN/mq]	VERIFICA GLOBALE
Monodirezionale Latero-cemento	26	> 23	NO	23	31	> 27	NO	27	440	< 500	SI	500	NO
Soletta piena 20 cm	20	< 23	SI		33	> 27	NO		520	> 500	NO		NO
Soletta piena 23 cm	23	< 23	SI		29[2]	> 27	NO		610	> 500	NO		NO
Cobiax sp. 23 cm	23	< 23	SI		27	< 27	SI		495	< 500	SI		SI

Comparazione economica solai fuori terra

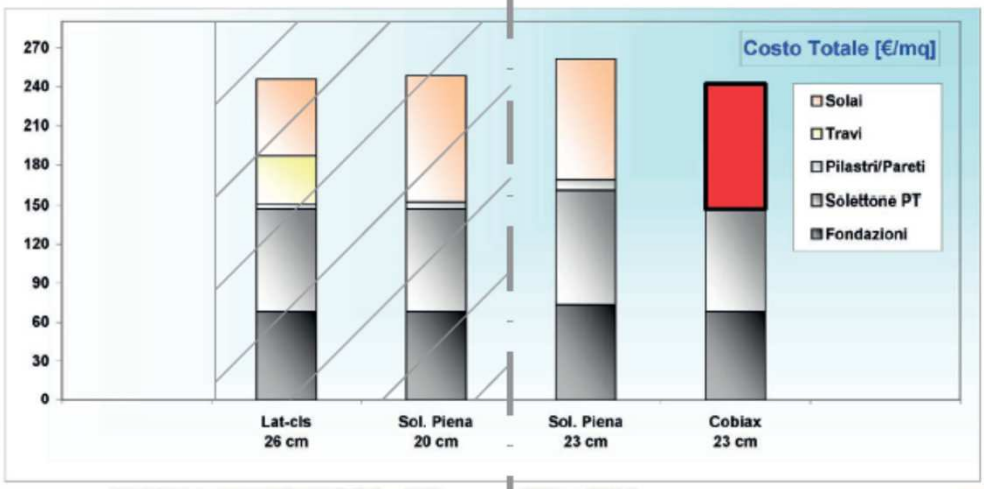
MAGGIOR NUMERO DI PILASTRI

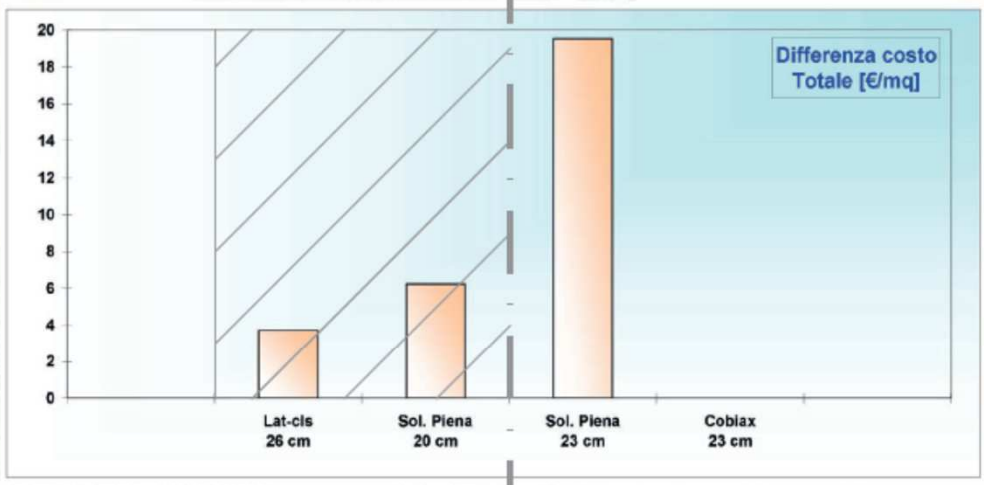


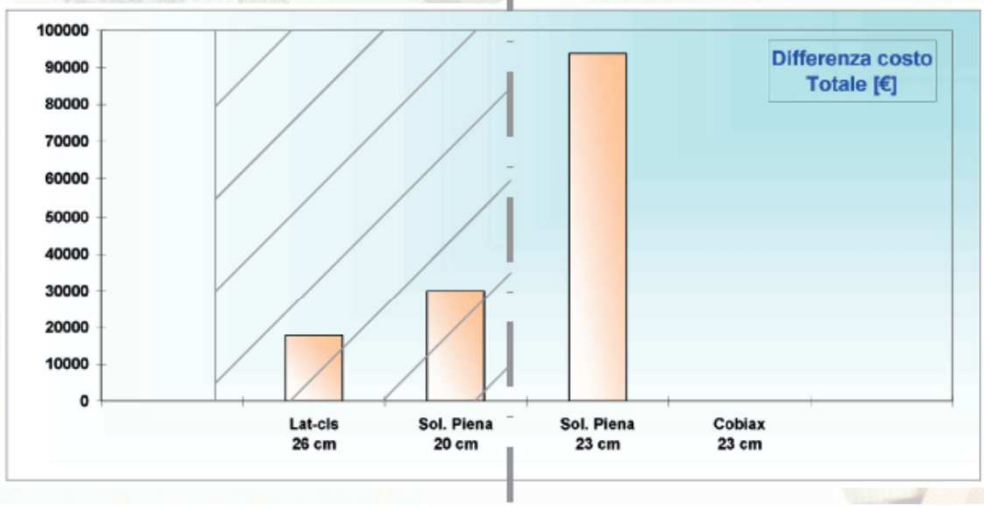
TIPOLOGIA SOLAI	Costo fuori terra [1] [€/mq]	Differenza costo [€/mq]	Differenza costo totale Fuori Terra [€/mq]
Monodirezionale Latero-cemento	98,86	+ 3,71	+ 17 827
Soletta piena 20 cm	101,40	+ 6,25	+ 29 991
Soletta piena 23 cm	100,97	+ 5,82	+ 27 955
Cobiax sp. 23 cm	95,15	-	-

Comparazione economica struttura globale

MAGGIOR NUMERO DI PILASTRI

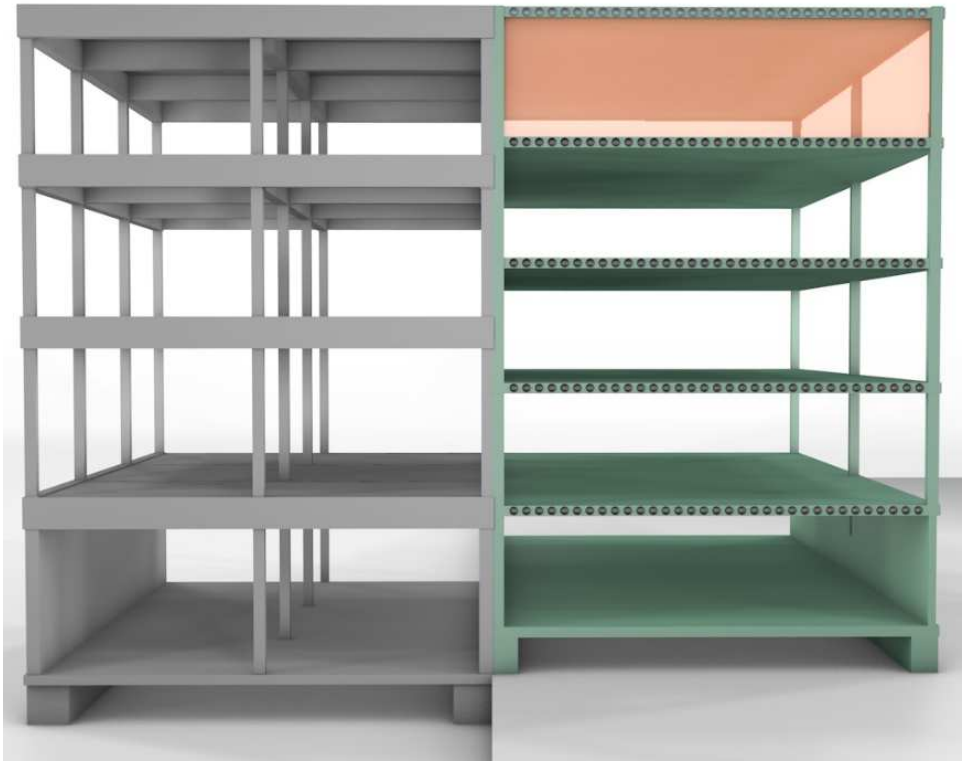






TIPOLOGIA SOLAI	Spessore Solettone al PT [cm]	Spessore Platea [cm]	Spessore Platea Vani Scala [cm]	Costo totale[1] [€/mq]	Differenza costo [€/mq]	Differenza costo Totale [€/mq]
Monodirezionale Latero-cemento	100	120	140	245,88	+ 3,71	+ 17 827
Soletta piena 20 cm	100	120	140	248,42	+ 6,25	+ 29 991
Soletta piena 23 cm	110	130	150	261,35	+ 19,18	+ 92 069
Cobiax sp. 23 cm	100	120	140	242,17	-	-

COMPARAZIONE CON IL SISTEMA COSTRUTTIVO TRADIZIONALE



Sistema Tradizionale in latero cemento formato da solai con travetti e pignatte in cotto o con lastre predalle a portanza monodirezionale che poggiano su graticcio di travi sostenute da maglie di pilastri.

- ✓ Spessori di solaio più alti
- ✓ Maglia dei pilastri più fitta
- ✓ Travi di appoggio
- ✓ Altezza totale dell'edificio maggiore
- ✓ Nel complesso peso della struttura più elevato
- ✓ Più pesi scaricati nelle fondazioni
- ✓ Vincoli architettonici dettati dalle maglie dei pilastri
- ✓ Meno piani nel complesso

Nella fase costruttiva:

- ✓ Più pilastri in elevazione
- ✓ Messa in opera delle travi
- ✓ Difficoltà di camminamento nella messa in opera
- ✓ Movimentazione di più elementi costruttivi
- ✓ Vincoli di messa in opera degli impianti
- ✓ Vincoli nell' eventuale riqualificazione dell'edificio

Solaio in calcestruzzo alleggerito con gli elementi SLIM-LINE con portanza bidirezionale si ottiene una struttura monolitica, cosi definita perché realizzata con medesimi materiali che legano gli elementi orizzontali e verticali.

- ✓ Ottimizzazione dello spessore del solaio
- ✓ Interpiani di altezza minima
- ✓ Maglie dei pilastri irregolari
- ✓ Nessuna trave di appoggio
- ✓ Struttura meno pesante
- ✓ Ottimizzazione delle fondazioni
- ✓ Ampi spazi liberi
- ✓ Ottimizzazione del numero dei piani

Nella fase costruttiva:

- ✓ Ottimizzazione degli elementi verticali
- ✓ Nessuna trave di appoggio da portare in opera
- ✓ Massima sicurezza e liberta di movimento dato dal cassero continuo
- ✓ Riduzione al minimo della movimentazione (calcestruzzo, acciaio, alleggerimenti)
- ✓ Ottimizzazione dei passaggi impianti

Perché Green?

Nel progetto Villa Lieta preso in esame, l'utilizzo degli elementi di alleggerimento **SLIM-LINE®100** ha portato a una consistente riduzione del peso proprio della struttura di **578 tonnellate con conseguente riduzione delle risorse per la messa in opera del solaio.**

RIDUZIONE CONSUMO DI 231 M³ DI CALCESTRUZZO

- 24 AUTOBETONIERE IN CIRCOLAZIONE

CON CONSEGUENTE:

RIDUZIONE DI INERTI 390 TONNELLATE

RIDUZIONE DI CEMENTO 81 TONNELLATE

RIDUZIONE DI CONSUMO DI ACQUA 42 TONNELATE

RIDIZIONI EMESSIONI CO_2 DI BEN 20.531 KG.

CARATTERISTICHE DELLA GAMMA SLIM-LINE

Dati tecnici gamma alleggerimento SLIM-LINE										
Tipologie Elementi		S-L 100	S-L 120	S-L 140	S-L 160	S-L 180	S-L 200	S-L 220	S-L 240	S-L 260
Altezza alleggerimento	[cm]	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Altezza del traliccio di alleggerimento	[cm]	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Diametro alleggerimento	[cm]	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
Passo alleggerimento	[cm]	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Quantità sfere a mq	[pz/m^2]	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16
Quantità gabbie a mq	[pz/m^2]	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
Metri lineari gabbia	[ml]	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Superficie gabbia a mq	[m^2]	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858	0,858
Spessore min. solaio	[cm]	20	23	25	28	30	31	33	36	38
Fattore di riduzione d'inerzia	[%]	0,94	0,94	0,93	0,91	0,90	0,90	0,89	0,85	0,83
Riduzione max. del peso proprio	[kN/m^2]	1,40	1,65	1,90	2,10	2,35	2,55	2,80	3,00	3,30
Risparmio max. di calcestruzzo	[m^3/m^2]	0,056	0,065	0,075	0,084	0,093	0,102	0,111	0,120	0,132
Riduzione di CO_2	[ton/m^2]	0,012	0,014	0,016	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,029

Ringraziamo per la collaborazione nella stesura di questo strumento comparativo:

Progettazione esecutiva strutturale dell' edificio
Ingegneria & Geologia Srl
Via Alessandro Volta, 4c -37062- Dossobuono (VR)

Calcolo statico e disegni esecutivi del solaio alleggerito
G&G Ingegneria
Via Manci,25 -39100- Bolzano

Impresa esecutrice dell'opera
Serpelloni Spa
Viale Postumia, 58 -37069- Villafranca (VR)

Lavorazione dell'acciaio e messa in opera del solaio alleggerito
Via Turbina, 156 -37139-Verona

ATLAX
ALLEGGERIMENTO STRUTTURALE

SEDE LEGALE

Via Leone Pancaldo, 68 -37138- Verona Tel 045 8510020

Segreteria: info@atlax.eu – Amministrazione: amministrazione@atlax.eu

SEDE OPERATIVA

Via Turbina, 156 -37139- Verona Tel. 045 8510020

Ufficio commerciale: commerciale@atlax.eu

Responsabile Commerciale: Turrini Ubaldo 342 795 7916 e-mail: ubaldo.turrini@atlax.eu

UFFICIO TECNICO E SVILUPPO

Via Turbina,156 -37139- Verona Tel. 045 8510020

Ufficio Tecnico: studio@atlax.eu

Resp. Tecnico e Sviluppo: Dott. Ing. Marco Calvi: 348 384 8800 e-mail: marco.calvi@atlax.eu

CONCESSIONARIO

Per le regioni: Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Puglia

InCaltiber Srl – Via Dell'Aratro,3 -06132 S. Martino in Campo (PG) Tel. 075 6090022

e-mail: incaltiber@incaltiber.it

Responsabile Commerciale: Oscar Cipolletti 337 648383 e-mail: oscar@incaltiber.it

Perché non poteva mancare **ATLAX**

«Nella mitologia Greca, Atlante fu uno dei pilastri del cielo che sorreggeva il mondo rappresentato a forma di cerchio. Atlante che regge la volta celeste e… Regge il mondo!
Per noi il mondo va reso leggero il mondo delle costruzioni che vogliamo noi è più leggero, più versatile, più semplice.