

INDAGINI E CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SULLE STRUTTURE DELL'OSPEDALE DI MONFALCONE



Rapporto Tecnico: 1867

Opera: Struttura ospedaliera

Località: via Galvani, 1 - Monfalcone

Data esecuzione dei controlli: dal 26 al 30 agosto 2019 e 7 settembre 2019

Committente: Azienda per l'Assistenza Sanitaria n.2 Bassa Friulana - Isontina

Equipe d'intervento:

dott. Massimiliano La Porta
dott. geol. Roberto Chiappini
ing. Erik Lorenzi

Il Direttore Tecnico:

dott. Massimiliano La Porta

IN SITU s.r.l.
Località Gropada 117
34149 TRIESTE TS
P. IVA 01133420321

In Situ S.r.l.
www.proveinsitu.it
info@proveinsitu.it
Capitale Sociale € 15'000,00 I.V.
P. IVA 01133420321

Sede amministrativa: Località Gropada 117 – 34149 TRIESTE
Tel 040 2451621 – Fax 040 9890893
Sede di Torino: Corso Rosselli 240 – 10141 TORINO
Sede di Bologna: Via Innerio 12 – 40126 BOLOGNA
Sede di Milano: Via Vincenzo Monti 8 – 20123 MILANO

1.	GENERALITÀ	3
2.	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ	3
3.	METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA	4
	METODO ELETTROMAGNETICO	4
	MICROSCASSO	7
	PRELIEVO DI CAMPIONI CILINDRICI DI CLS	8
	PROVA COLORIMETRICA	9
	MISURA DELL'INDICE DI RIMBALZO (UNI EN 12504-2: 2012)	10
	CONTROLLO ULTRASONICO (UNI EN 12504-4: 2005)	12
	METODO SONREB (CONTROLLO ULTRASONICO + INDICE DI RIMBALZO)	14
	ENDOSCOPIA E VIDEOISPEZIONE	16
	INDAGINE GEORADAR	18
4.	ACQUISIZIONE DATI	21
	PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE	22
	RIEPILOGO DELLE PROVE ESEGUITE	32
5.	RISULTATI SPERIMENTALI	34
	TRAVI E PILASTRI - RISULTATI INDAGINI	34
	SOLAI - RISULTATI INDAGINI	76
6.	CERTIFICAZIONE PERSONALE	81
7.	CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO	84
8.	SCHEDE DEI MATERIALI PER I RIPRISTINI STRUTTURALI	85
9.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	89

1. GENERALITÀ

L'Azienda per l'Assistenza Sanitaria n.2 Bassa Friulana-Isontina ha incaricato la società IN SITU s.r.l. - SERVIZI TECNICI PER L'INGEGNERIA - di eseguire una campagna di indagini multidisciplinari per la verifica delle strutture portanti in c.a. nelle aree soprastanti e sottostanti il reparto di Radiologia dell'ospedale di Monfalcone, sito in via Galvani 1, a Monfalcone.

Le indagini in cantiere sono state eseguite i giorni dal 26 al 30 agosto 2019 e il 7 settembre, alla presenza dell'Ing. Denis Mitri.

2. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Le specifiche attività per lo svolgimento delle indagini in oggetto sono state le seguenti:

- identificazione delle strutture da indagare;
- preparazione delle aree di prova;
- preparazione dell'attrezzatura;
- numerazione zone di prova;
- effettuazione delle prove e dei rilievi;
- analisi dei risultati;
- redazione della relazione tecnica.

La Committenza, allo scopo di valutare le caratteristiche costruttive degli elementi strutturali del manufatto, ha richiesto una campagna conoscitiva multidisciplinare di indagini.

Sono state effettuate le seguenti lavorazioni:

- **Indagine pacometrica** utilizzata per l'individuazione dei ferri d'armatura negli elementi in c.a. (metodologia d'indagine elettromagnetica in conformità alle normative BS1881: 201 e 204, DIN 1045 e ASTM C876).
- **Prelievo di campione cilindrico di cls** al fine di ottenere un'indicazione sul valore medio della resistenza a compressione e del modulo elastico del calcestruzzo in opera - in conformità alle norme UNI EN 12390-3 e UNI EN 12504- 1.
- **Prova colorimetrica** per la verifica della profondità di carbonatazione - in conformità alle norme UNI 9944.
- **Indagine SonReb** in conformità alle normative UNI EN 12504-4: 2005 (**indagini ultrasoniche**) e UNI EN 12504-2: 2012 (**indagini sclerometriche**) al fine di valutare in modo indiretto la resistenza del calcestruzzo su un numero di elementi considerato rappresentativo dell'intera struttura.

Per la verifica dei solai sono state utilizzate le seguenti metodologie:

- **Indagine videoendoscopica e pacometrica** per determinare tipologia, geometria e orditura solai.
- **Indagine georadar** a medio-alta frequenza per la verifica dell'orditura dei solai.

Per la ricostruzione geometrica delle strutture e la determinazione dei rapporti tra esse, si è eseguita una campagna di **misure, rilievi visivi e fotografici**.

3. METODOLOGIE DI PROVA E STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

METODO ELETTROMAGNETICO

Il Pacometro è uno strumento utilizzato per localizzare in modo rapido ed accurato la presenza e l'orientamento delle barre nel calcestruzzo armato e misurare, con buona precisione, lo spessore di copriferro ed il diametro dei ferri d'armatura.

Tale metodologia di prova è regolamentata dalle seguenti normative: BS1881: 201 e 204, DIN 1045 e ASTM C876.



Il rilievo dei ferri d'armatura con il metodo elettromagnetico risulta l'indispensabile ed imprescindibile fase preliminare per qualunque altra tipologia di controllo su strutture in c.a. in quanto evita che la prova che venga eseguita a ridosso della carpenteria di una struttura.

Indagini sclerometriche, ultrasuono, pull-out, carotaggi, etc., eseguite senza una precedente indagine pachometrica non possono essere ritenute valide considerato che i risultati possono essere stati influenzati dalla presenza delle armature.

Il rilievo dei ferri d'armatura nelle strutture in C.A. (barre e staffe) viene quindi

utilizzato sia per l'individuazione di zone libere utili all'esecuzione delle prove non invasive (metodo microsismico) e semi-distruttive (pull out, carotaggi, ...), sia per verificare la geometria della carpenteria metallica all'interno di una struttura in cls. Spesso, infatti, si opera su manufatti per i quali non si hanno dati sulla disposizione delle armature, sull'esecuzione delle strutture e sulle caratteristiche dei materiali impiegati ed il quesito che, il più delle volte viene posto agli specialisti del settore, è quello di conoscere l'effettiva disposizione delle barre di armatura, il loro numero, il loro diametro e la misura dello spessore del copriferro senza danneggiare la struttura in esame.



Lo strumento sfrutta il principio delle *correnti passive*: un conduttore massiccio, come può essere un'armatura, sottoposto ad un campo d'induzione magnetica dissipa una certa quantità di potenza in funzione della sua resistività e geometria. Tale metodologia d'indagine si avvale del principio della misurazione dell'assorbimento del campo magnetico, prodotto dalla stessa apparecchiatura.

La posizione dei ferri è determinata muovendo la sonda sulla superficie in esame, fino ad individuare la direzione di massimo assorbimento elettromagnetico che corrisponde all'andamento longitudinale della barra.

Un sistema d'informazione direzionale indica se la sonda si avvicina o si allontana dalla barra permettendo di raggiungere precisioni molto elevate, dell'ordine del millimetro.

La posizione delle barre viene sempre individuata con estrema precisione e rapidità grazie alla presenza di dispositivi ottici (LED ultra-luminoso e barra di intensità del segnale) e spie audio a frequenza variabile, distinguibili in modo chiaro anche in ambienti rumorosi.

L'individuazione delle barre d'armatura sugli elementi in c.a. è stata eseguita con un Pacometro Multifunzione Elcometer Covermaster P331-H.

In alternativa alla strumentazione sopra descritta, per una ricostruzione di maggior dettaglio delle strutture indagate è stato utilizzato il Ferroskan FS200 S della Hilti.

Il Ferroskan di Hilti, a differenza della maggior parte degli altri pachometri che si basano indifferentemente o sul principio delle correnti parassite (eddy currents) o su quello dell'induzione magnetica (magnetic induction), li sfrutta entrambi risultando così immune da interferenze elettriche, magnetiche, termiche e non subendo condizionamenti dovuti ad effetti ionici dell'umidità nel calcestruzzo stagionato.



Pacometro Ferroskan HILTI PS 200 S

Come conseguenza di ciò, durante il rilievo e nella successiva elaborazione, si ha una buona precisione e riproducibilità dei dati.

Lo strumento è in grado di effettuare una rapida analisi in sito, consentendo di determinare diversi parametri legati alla struttura stessa, come la direzione, la distanza tra ferri, la posizione, il diametro e lo spessore del copriferro. La profondità massima di rilevamento del copriferro è di 160 mm con una precisione di ± 3 mm, mentre per la definizione dei diametri delle armature la profondità massima si riduce a 60 mm (il range del diametro ferro min-max rilevabile va da 6 - 36 mm).

Lo strumento restituisce sostanzialmente una immagine simile ad una rappresentazione radiografica. Il software di elaborazione dedicato, a seguito di analisi del segnale relativo all'immagine acquisita, permette di visualizzare la disposizione, il diametro delle barre di armatura e lo spessore di copriferro direttamente in cantiere, per mezzo di apposito pc portatile dotato di display, che oltre ad elaborare in sito i dati acquisiti, ha anche la funzione di immagazzinare numerose scansioni su scheda di memoria.

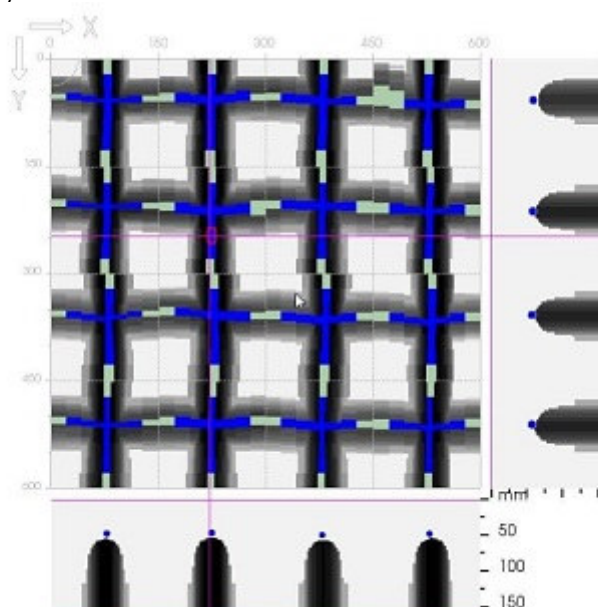
Effettuata l'elaborazione, basta posizionare il puntatore nelle zone verificate dal software (aree blu), per ottenere informazioni speditive di massima relative al diametro, alla profondità e alla posizione rispetto alle altre barre di armatura (es. passo staffe).

Successivamente, in fase di post-processo dei dati, è possibile approfondire i risultati dell'indagine attraverso il software PROFIS, che consente la visualizzazione ed elaborazione delle scansioni, al fine di estrarre tutte le informazioni necessarie a ricostruire le armature presenti (diametri, copriferro, posizione delle armature etc.) con la maggiore precisione possibile.



Tablet PSA 200 per il post-processo

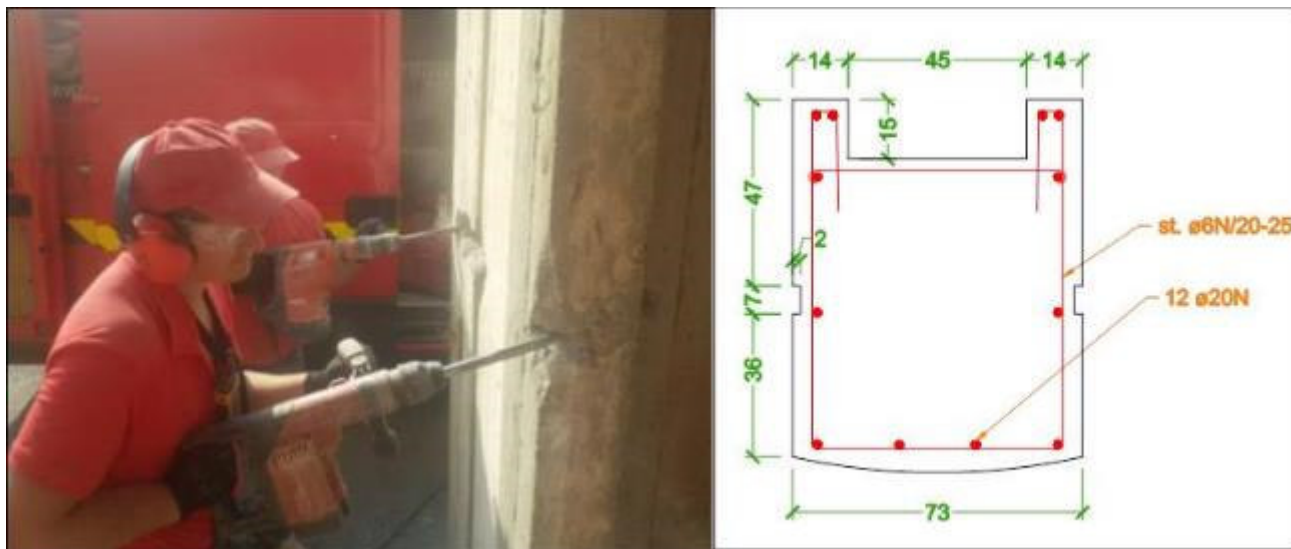
Per la semplice ricerca della posizione delle barre e dello spessore di copriferro, si procede facendo scorrere lo scanner in modo parallelo prima alle staffe. Una volta individuate e tracciate quest'ultime, si passa nuovamente lo scanner tra due di esse (sempre parallelamente al verso delle barre di cui si vuole effettuare la ricerca) e si segna la posizione dei ferri longitudinali. Lo strumento alla presenza di elementi metallici emette un suono quanto più si è vicini ad esso, visualizzando contemporaneamente sul display dello scanner sia l'intensità di segnale (per determinare l'esatta posizione della barra) che lo spessore del copriferro. Per una analisi più approfondita, ovvero per la determinazione dei diametri, dello spessore del copriferro e dell'esatta disposizione delle armature, si procede effettuando delle scansioni su una griglia preimpostata con maglia 15x15 cm. Ogni singola scansione consente di coprire un'area massima di 60 x 60 cm. Nel caso in cui sia necessario verificare una superficie maggiore, per mezzo di un'altra funzione fornita dallo strumento, si procede a scansioni multiple ovvero all'acquisizione di più scansioni singole, che il software provvede poi ad assemblare secondo la sequenza stabilita dall'operatore (superficie massima scansionabile 240 x 240 cm).



Scansione con Ferroskan post elaborazione del software

MICROSCASSO

Per evidenziare il diametro e la tipologia delle barre d'armatura di strutture in cls la fase successiva all'indagine pacometrica è l'esecuzione di microscassi. Viene asportato il copriferro e messe in luce le barre per poter arrivare alla sezione resistente.



Nelle immagini sono riportate le fasi di demolizione e di restituzione della sezione strutturale. Fasi che saranno seguite dal ripristino strutturale con materiali fibro-rinforzati e trattati in allegato.

PRELIEVO DI CAMPIONI CILINDRICI DI CLS

L'esecuzione di carotaggi meccanici lubrificati ad acqua, grazie all'assenza di vibrazioni, permette di indagare la consistenza dei materiali riducendo al minimo il disturbo alle strutture siano esse in calcestruzzo o muratura.

È una tecnica di indagine versatile che può essere impiegata su diversi elementi strutturali quali pilastri, travi, fondazioni, pavimentazioni industriali, pareti e setti. L'estrazione di carote, opportunamente referenziate in cassette catalogatrici permette poi l'esecuzione di prove di laboratorio per valutarne le principali caratteristiche meccaniche e/o chimiche.

La scelta del diametro della carota dovrà tenere conto di alcuni aspetti:

- la riduzione della sezione resistente dell'elemento in studio;
- evitare il taglio di armature;
- il diametro dell'inerte.

L'operazione di carotaggio è particolarmente delicata in quanto, se non eseguita correttamente, potrebbe compromettere i risultati. Sono quindi importanti alcuni aspetti:

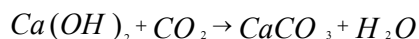
utilizzare punte perfettamente cilindriche e ben affilate; fissare rigidamente la carotatrice evitando qualunque vibrazione; utilizzare abbondantemente l'acqua di raffreddamento. Il prelievo dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio è stato eseguito con la strumentazione HILTI di seguito riportata. Fase preliminare propedeutica al carotaggio è l'individuazione delle barre d'armatura mediante indagine pachometrica.

Dopo il prelievo l'elemento strutturale è ripristinato in funzionalità, il ripristino sarà eseguito mediante l'ausilio di carote preconfezionate e Kerakoll GeoLite G10.



PROVA COLORIMETRICA

La carbonatazione è un processo chimico per il quale l'anidride carbonica presente nell'aria viene assorbita dal cls, trasformando l'idrossido di calcio (fortemente basico), in carbonato di calcio secondo la reazione:



Tale reazione determina un abbassamento del pH del cls da valori prossimi a 12 a valori inferiori a 9, con la conseguente eliminazione della naturale barriera alcalina passivante dei ferri d'armatura. Infatti, un conglomerato cementizio correttamente proporzionato, presenta un ambiente fortemente alcalino (pH 12-13) che inibisce le reazioni di ossidazione delle armature.



Nel momento in cui la carbonatazione raggiunge l'armatura, avviene dunque in quest'ultima il pericoloso fenomeno della corrosione, con tutte le dannose conseguenze ad esso associate (rigonfiamento delle barre e distacco del copriferro, perdita di sezione utile, ...).

La prova può essere effettuata direttamente sull'elemento strutturale, in corrispondenza di una prova di pull out, asportando il copriferro di uno spigolo, all'interno di un foro o su un provino cilindrico estratto mediante carotaggio dall'elemento stesso.

La misura della profondità di carbonatazione è stata determinata con il metodo del viraggio chimico, spruzzando sulla superficie del conglomerato cementizio una soluzione di fenolftaleina all'1% in alcool etilico.

La fenolftaleina vira al viola al contatto con materiale il cui pH sia maggiore di circa 9.2 e rimane incolore per valori di pH minori.

La misura della profondità di carbonatazione, secondo la normativa, deve essere rilevata con precisione di 1 mm.

CARBONATATO	NON CARBONATATO

La velocità di penetrazione della carbonatazione all'interno del cls, nella maggior parte dei calcestruzzi, segue un andamento di tipo parabolico secondo la formula sotto riportata diminuendo all'aumentare del tempo.

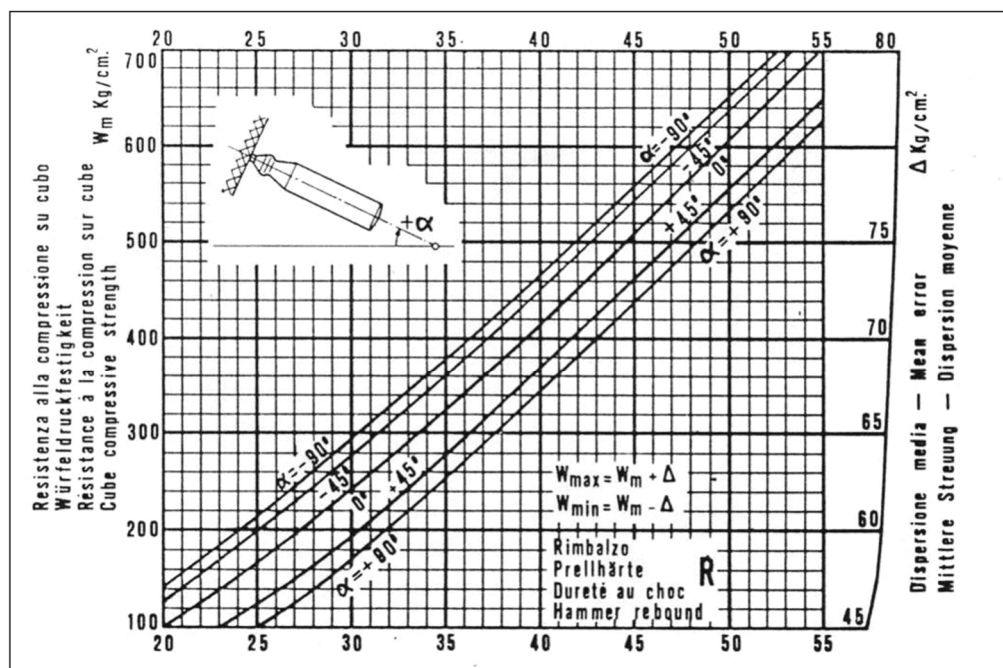
$$S = K\sqrt{t}$$

dove:

"S" è lo spessore dello strato carbonatato; "t" è il tempo; "K" è un coefficiente di carbonatazione che può essere assunto come un indice della velocità di penetrazione della carbonatazione. Esso dipende dalle caratteristiche del cls (permeabilità, composizione, ecc.) e dalle condizioni ambientali (umidità, concentrazione di anidride carbonica nell'aria, ecc.).

MISURA DELL'INDICE DI RIMBALZO (UNI EN 12504-2: 2012)

L'indagine sclerometrica, o prova sclerometrica, è una prova non distruttiva atta alla valutazione della resistenza residua a compressione di un'area di calcestruzzo indurito. Tale valutazione è



effettuata con lo sclerometro, ovvero un apparecchio meccanico consistente in un maglio di acciaio caricato a molla che, quando viene rilasciato, colpisce un pistone di acciaio a contatto con la superficie del calcestruzzo indagato. La distanza di rimbalzo del martello viene misurata su una scala lineare applicata al telaio dello strumento e

Curve di correlazione tra indice di rimbalzo e resistenza a compressione del cls.

fornisce un numero, l'indice di rimbalzo, che successivamente viene correlato, mediante apposite curve sperimentali, alla resistenza del calcestruzzo indagato. La prova si basa sulla corrispondenza esistente tra il carico unitario di rottura a compressione e la durezza superficiale del calcestruzzo misurata, quest' ultima, in termini di energia elastica residua a seguito dell'urto di una massa mobile con la superficie dell'elemento da indagare. Tale prova è normata dalla UNI EN 12504-2:2012 "Prova sul calcestruzzo

indurito nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico". L'indagine sclerometrica deve essere preceduta da un'accurata indagine pachometrica al fine di evitare di eseguire le battute nelle aree interessate dal passaggio delle armature o in vicinanza dei cavi e dei fili di precompressione.

Al fine di verificare la perfetta funzionalità dello sclerometro, la fase di misura deve essere sempre preceduta dalla calibrazione dello strumento su apposita incudine di taratura, calibrazione che deve essere ripetuta anche durante e alla fine della campagna d'indagine.



Le misure vanno acquisite su superfici lisce, trattate con una mola o con pietra abrasiva dedicata e mantenendo lo sclerometro posizionato sempre ortogonalmente alla superficie di prova. Ogni

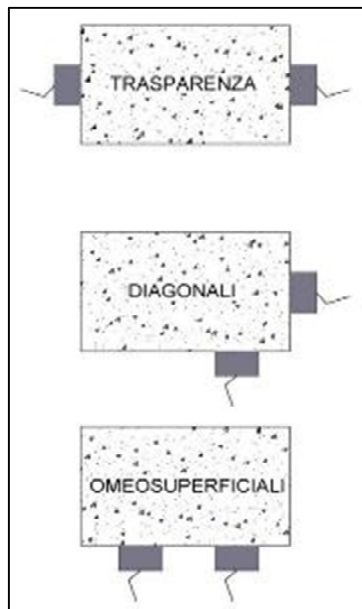


superficie di prova deve essere sottoposta a n°12 battute ed i singoli punti di impatto devono essere distanti, tra loro, almeno 25mm ed effettuati sempre in zone libere da ferri d'armatura. Il valore di rimbalzo "S" è visualizzato sulla scala del dispositivo dopo ogni impatto. La prova sclerometrica è utilizzata per stimare, con le dovute limitazioni, la resistenza a compressione del calcestruzzo indurito: la stessa norma UNI EN 12504-2:2012 puntualizza che "l'indice sclerometrico" determinato mediante questo metodo può essere utilizzato per la valutazione dell'uniformità del calcestruzzo in sito, per delineare le zone o aree di calcestruzzo di scarsa qualità o deteriorato presenti nelle strutture" e che

"il metodo di prova non è inteso come alternativa per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito". La determinazione dell'indice di rimbalzo sul cls è stata eseguita con uno sclerometro di Schmidt Tipo N (PROCEQ – Zurigo – Svizzera) e relativa incudine di taratura.

CONTROLLO ULTRASONICO (UNI EN 12504-4: 2005)

Le indagini ultrasoniche consentono la determinazione delle caratteristiche elasto-meccaniche di un materiale, attraverso l'analisi delle modalità di propagazione delle onde elastiche al suo interno.



Attraverso lo studio della propagazione degli impulsi ultrasonici nel materiale e la misura del tempo di transito delle onde longitudinali (onde P), è possibile determinare la velocità dell'impulso ultrasonoro nel materiale (nota la distanza tra le sonde) ed il modulo di Young (note la distanza tra le sonde e la densità del materiale).

La velocità di propagazione in un mezzo dipende dall'elasticità e dalla resistenza del mezzo stesso: maggiore è la velocità, maggiore sarà il modulo elastico e quindi la resistenza essendo, infatti, ogni interruzione od eterogeneità del materiale, causa di un ritardo del segnale.

La misura può essere eseguita seguendo tre schemi di acquisizione:

- trasmissione diretta (o in trasparenza) applicando le due sonde in asse sulle facce opposte dell'elemento da saggiare;
- trasmissione semidiretta (o diagonale) applicando i trasduttori in punti appartenenti a due facce adiacenti, in genere ortogonali.
- trasmissione indiretta (o omeosuperficiale) posizionando le sonde sulla stessa faccia a una distanza nota.

Le misure più precise e significative sono quelle eseguite in trasparenza interessando l'intera sezione della struttura da sottoporre a controllo. È così possibile misurare il tempo di propagazione dell'onda (e nel contempo verificare frequenze ed attenuazioni del segnale), calcolarne la velocità conoscendo la distanza reciproca tra la sonda trasmittente e la sonda ricevente, e risalire quindi al modulo elastico dinamico del mezzo indagato.



Nel campo dei Controlli non Distruttivi, oltre che per le verifiche di integrità ed omogeneità di manufatti metallici (in cui tale metodologia trova una vasta e svariata applicazione), il metodo ultrasonico viene utilizzato, tramite opportune correlazioni, per la stima della resistenza del calcestruzzo indurito e per la valutazione dell'uniformità del calcestruzzo, delineando le zone di degrado o di scarsa qualità.

Tale metodologia di prova è normata dalla UNI EN 12504-4:2005 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".

I risultati forniti dalle indagini ultrasoniche consentono di formulare direttamente una prima valutazione di massima della qualità del calcestruzzo, sulla base di classificazioni proposte in letteratura. Di seguito, a titolo esemplificativo, si riporta la classificazione di Leslie-Cheesman:

Nell'utilizzo pratico la sonda trasmittente, posta a contatto con la superficie del manufatto e ad essa accoppiata grazie a speciali conduttori acustici, genera impulsi ultrasonici che si propagano

nel mezzo secondo fronti d'onda approssimativamente sferici date le sue caratteristiche dimensionali e di frequenza di vibrazione. La propagazione dell'impulso ultrasonoro è comunque,

Valutazione qualità del cls (classificazione di Leslie - Cheesman)	V (m/s)
Pessimo	< 2135
scadente	2135 - 3050
Discreto	3050 - 3660
Buono	3660 - 4575
Ottimo	> 4575

regolata da quelle che sono le comuni leggi fisiche che soddisfano i fenomeni relativi alla propagazione delle onde elastiche in un qualsiasi mezzo. Bisogna porre particolare attenzione all'interferenza dei ferri d'armatura la cui

presenza diventa trascurabile solo se il rapporto tra le somme dei diametri attraversati dal treno d'onde e la lunghezza totale del percorso è minore di 0.06 (per armature disposte perpendicolarmente al percorso) o di 0.30 (per armature disposte parallelamente al percorso).

Operativamente tale indagine deve essere sempre preceduta, quindi, da un'indagine pachometrica preliminare al fine di delineare zone di misura libere da ferri d'armatura. Una volta individuate tali aree, si preparano le superfici di prova in modo che siano pulite, e piane. Si applicano le sonde preferendo sempre la geometria di acquisizione per trasparenza, utilizzando degli appositi accoppianti al fine di evitare interposizioni di aria tra sonda e calcestruzzo e si effettua la misura dei tempi di volo dell'impulso generato dalla sonda trasmittente.



Durante le misure eseguite in campo il segnale ultrasonico è visualizzato sullo schermo della strumentazione dove l'operatore controlla che il pacchetto d'onda sia caratterizzato da uno spettro significativo e che il primo arrivo (first peak) sia individuabile con precisione.

La forma d'onda viene quindi registrata ed elaborata con apposito software dedicato.

Il rilievo della velocità delle onde ultrasoniche nel cls è stato eseguito utilizzando una strumentazione ULTRASONIC SYSTEM CMS della BOVIAR.

L'apparecchiatura ultrasonica BOVIAR CMS è costituita da una centralina di acquisizione dati e da una serie di sensori piezoelettrici con

trasmettitore ad alta potenza (>1,6 Kv) o con martello strumentato, per poter effettuare misure del tempo di propagazione delle onde compressionali (onde P) in molti tipi di materiali, anche con scarse caratteristiche di propagazione e velocità. La potenza di trasmissione degli impulsi, regolabile via software tramite cursore, e la elevata sensibilità dei ricevitori piezoelettrici di tipo attivo, con frequenza propria 55 KHz (opzionale 20KHz), consentono di effettuare misure sia in laboratorio, su provini anche di grandi dimensioni, in materiali quali calcestruzzo, rocce, materiali plastici, vetroresina, legno, etc., sia presso cantieri, per indagini in sito su pilastri e travi in calcestruzzo o materiali lapidei, edifici civili o monumentali. La centralina di acquisizione permette di digitalizzare i segnali acquisiti (forma d'onda completa) e visualizzarli come su un oscilloscopio con scala tempi-ampiezza.

I segnali vengono visualizzati, elaborati e memorizzati direttamente da un Computer Palmare HP IPAQ 2210 dotato di interfaccia bluetooth, integrato nella centralina, sul quale è caricato il software SonicPocket-WCE v.3.3.0 che gestisce la visualizzazione, memorizzazione ed elaborazione dei segnali.

METODO SONREB (CONTROLLO ULTRASONICO + INDICE DI RIMBALZO)

SONic + REBound, ovvero SONREB, è il metodo che combina due prove non distruttive per calcestruzzo, derivato dall'accoppiamento dell'indagine ultrasonica e di quella sclerometrica, ovvero nella combinazione dei risultati ottenuti con tali due prove sullo stesso elemento di calcestruzzo.

I riferimenti normativi per tale metodologia si rifanno alle due singole metodologie di indagine:

- UNI EN 12504-4:2005 "Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici".
- UNI EN 12504-2:2012 "Prova sul calcestruzzo indurito nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico".

La resistenza a compressione del calcestruzzo viene stimata sulla base della coppia dei valori: velocità di propagazione degli ultrasuoni e indice di rimbalzo sclerometrico, mediante l'utilizzo di formule dedotte da correlazioni di tipo sperimentale, del tipo:

$$R_c = x S^y V^z$$

dove:

x, y, z = costanti sperimentali;

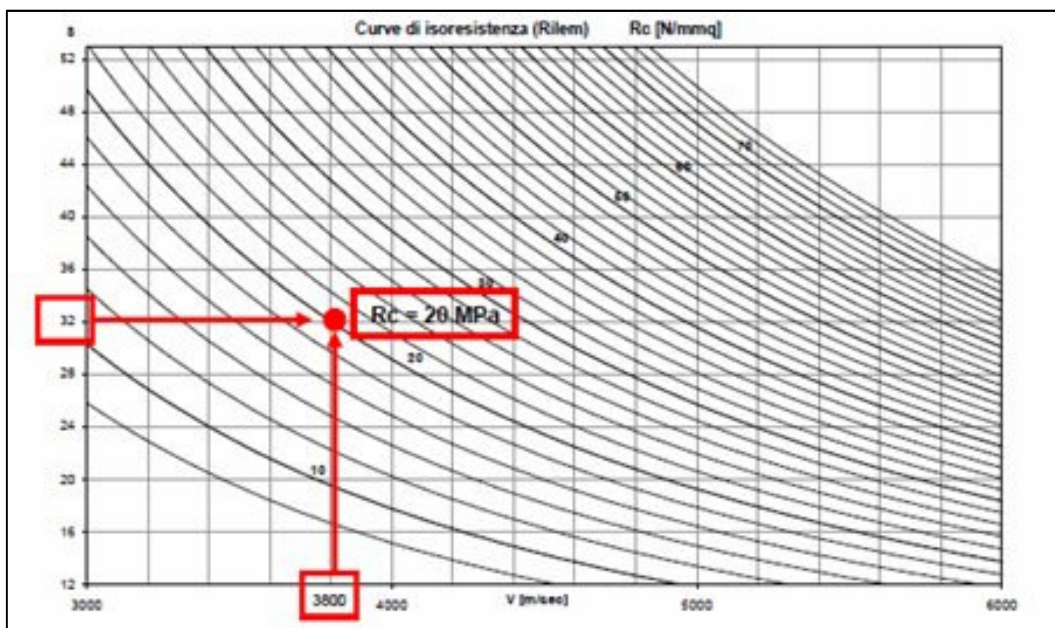
S = valore dell'indice di rimbalzo sclerometrico;

V = velocità dell'impulso ultrasonico;

Nello specifico, si vedano le formule descritte nella pagina successiva.

Riferimento	Espressione di calcolo
Cianfrone - Facaoaru (1979)	$R_c = 7,695 \cdot 10^{-10} \cdot S^{1,4} \cdot V^{2,6}$
Norme RILEM (1993)	$R_c = 9,27 \cdot 10^{-11} \cdot S^{1,4} \cdot V^{2,6}$
Gasparik (1992)	$R_c = 8,06 \cdot 10^{-8} \cdot S^{1,246} \cdot V^{1,85}$
Di Leo - Pascale (1994)	$R_c = 1,2 \cdot 10^{-9} \cdot S^{1,058} \cdot V^{2,446}$

L'interesse per questa metodologia combinata risiede nel fatto che essa presenta, rispetto ad altri metodi di controllo non distruttivi o semi-distruttivi, il vantaggio della semplicità e della rapidità esecutiva che consentono di saggiare estese porzioni di struttura in tempi e con costi accettabili. Inoltre si migliora significativamente attraverso le prove congiunte l'affidabilità delle singole metodologie (ultrasonica e sclerometrica), viceversa meno attendibili se considerate separatamente. Si riduce, infatti, con la doppia combinazione l'influenza sulla resistenza del calcestruzzo dell'umidità interna e del grado di maturazione, avendo questi parametri fisici effetti opposti sulla velocità di propagazione e sull'indice sclerometrico. Si riduce inoltre l'influenza rispetto al metodo ultrasonico delle dimensioni degli inerti e del dosaggio e del tipo di cemento e l'influenza rispetto al metodo sclerometrico delle disomogeneità tra gli strati superficiali e gli strati più profondi.



Esempio di curve di correlazione relative al metodo SONREB - RILEM (1993).

Se, infine, il SONREB viene tarato mediante lo schiacciamento di alcune carote di calcestruzzo prelevate in aree sottoposte ad indagine, aumenta notevolmente l'accuratezza della resistenza del calcestruzzo stimata.

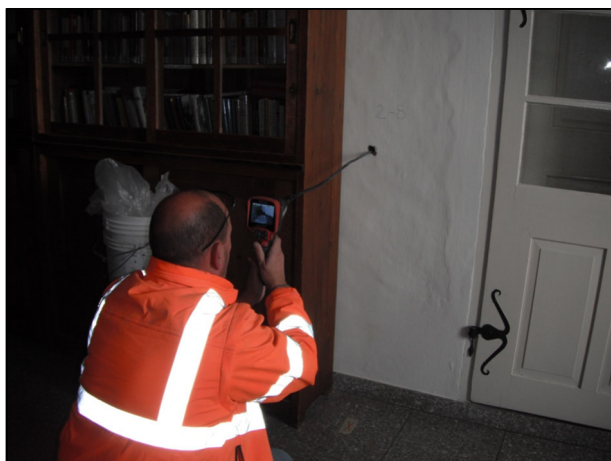
ENDOSCOPIA E VIDEOISPEZIONE

Nell'ambito dell'edilizia e dei Beni Monumentali, previa esecuzione eventuale di un foro, l'analisi endoscopica consente, grazie all'ausilio di una sonda rigida o flessibile dotata di telecamera e di illuminazione assiale, di ispezionare accuratamente l'interno di una generica struttura al fine di rilevarne tutte quelle caratteristiche altrimenti deducibili solo mediante l'esecuzione di uno scasso (tessitura muraria, stato delle malte, verifica dello stato conservativo delle teste lignee, ...).



Perforazione per videoispezione e pulizia del foro

Completata la procedura di preparazione di una generica zona di indagine si inserisce, all'interno del foro opportunamente pulito, la sonda d'ispezione capace di restituire su un video delle immagini che permettono di individuare le geometrie ed eventuali anomalie degli elementi indagati. I dati così ottenuti possono essere salvati come fotografie dei particolari più significativi o come filmato continuo dell'intera ispezione. Perforazione per videoispezione e pulizia del foro



Fase della videoispezione e registrazione

Tale metodologia è applicata anche per l'ispezione di condotte, tubi, canali e comunque, in genere, in tutte quelle strutture o spazi angusti dove una diretta visione da parte di un operatore non è possibile al fine di rilevarne difetti o anomalie. Fase della videoispezione e registrazione

Le indagini videoendoscopiche sono state eseguite utilizzando una telecamera a spinta RIDGID modello micro CA-300, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- Display LCD 3,5" a colori (risoluzione 320 x 240);
- Testa della videocamera struttura in alluminio, diametro 17 mm;
- Illuminazione 4 LED a luminosità regolabile;
- Lunghezza del cavo 90 cm;
- Formato immagine/video;
- Immagine: JPEG (640 x 480);
- Video: AVI (risoluzione 320 x 240);
- Uscita Video: cavo RCA;
- Videocamera impermeabile e cavo fino a 3 m;
- Fonte di alimentazione Batteria Li-Ion 3,7 V;
- Rotazione dell'immagine 4 x 90°;
- Zoom digitale;
- Memoria interna 235 MB;
- Scheda SD da 4 GB.



INDAGINE GEORADAR

Il Georadar, meglio noto come Ground Penetrating Radar (GPR), è un metodo ecografico di prospezione geofisica che viene utilizzato in numerose applicazioni: in ambito geologico

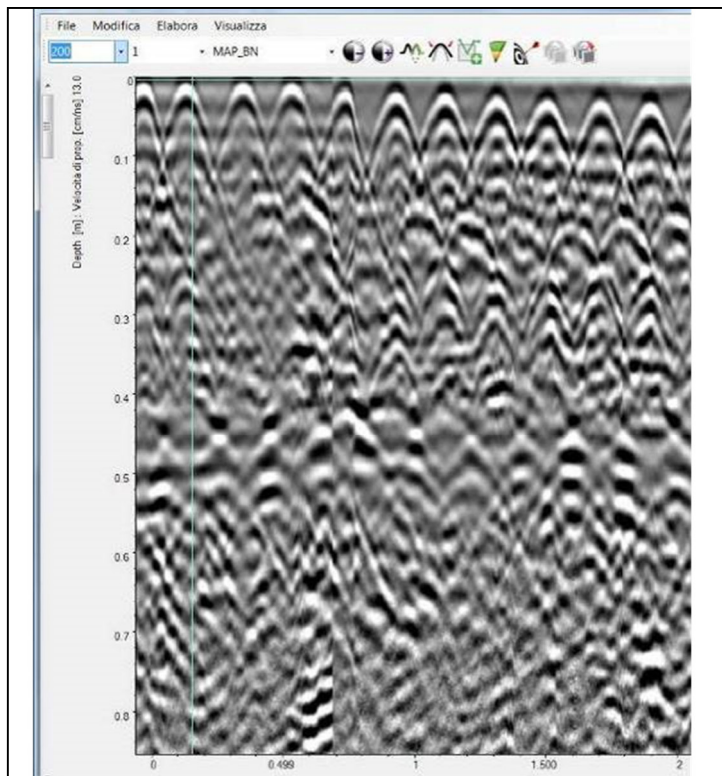
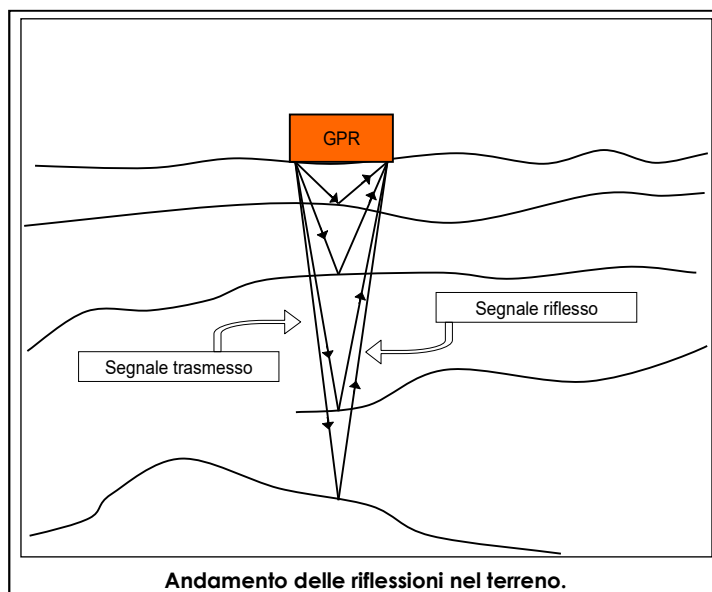


Immagine radar o "radargramma": in ascissa si ha la posizione lungo il profilo (x), in ordinata la profondità



(stratigrafia, ricerca di risorse minerarie, indagini glaciologiche), nell'ingegneria civile (valutazione dello stato di degrado di edifici e di pavimentazioni stradali, individuazione di strutture metalliche, localizzazione di impianti sotterranei), in campo ambientale (rilievi idrogeologici, mappatura dei siti contaminati), archeologico e forense (ricerca di refurtive o corpi sepolti). L'onda emessa dall'antenna si propaga attraverso il mezzo indagato e le variazioni delle proprietà elettriche (conducibilità e costante dielettrica) degli oggetti sepolti causano la riflessione di parte del segnale. Il risultato finale di un'indagine GPR a riflessione è un'immagine bidimensionale detta radargramma che descrive l'intensità della riflessione in funzione del tempo di ricezione (two-way time, ovvero tempo di andata e ritorno delle onde) e della posizione di misura lungo il profilo. Questo tipo di immagine fornisce una sezione verticale del sottosuolo e può essere rappresentata in diversi sistemi di coordinate: generalmente l'asse orizzontale rappresenta la posizione o il numero della traccia registrata, l'asse verticale rappresenta il tempo di propagazione o la profondità di penetrazione del segnale. La particolarità che permette di distinguere le diverse riflessioni tra loro è il differente andamento dei tracciati a cui danno origine. Infatti un'interfaccia piana dà origine ad un tracciato piano, mentre una struttura di dimensioni limitate origina un tracciato di forma iperbolica.

Il Georadar si basa sulla trasmissione e ricezione, all'interno di un mezzo, di onde elettromagnetiche ad alta frequenza (10 MHz ÷ 3 GHz).

Queste riflessioni sono dovute alla presenza di superfici di discontinuità di materiali diversi, come si può vedere figura A LATO.

La quantità di energia elettromagnetica che viene riflessa da ogni discontinuità è funzione del coefficiente di riflessione R , a sua volta legato alle impedenze magnetiche dei due mezzi (la

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad Z = \sqrt{\frac{i\omega\mu}{i\omega\varepsilon + \sigma}}$$

Equazione 1

Equazione 2

matrice e la discontinuità) dalla seguente formula:

L'impedenza dipende dalla costante dielettrica (ε), dalla permeabilità magnetica (μ) e dalla conducibilità (σ) come illustrato nell'equazione 2:

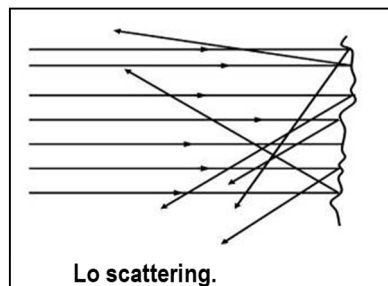
Una riflessione avviene quando l'onda elettromagnetica intercetta uno strato di separazione fra mezzi con differenti proprietà dielettriche. Maggiore è il contrasto tra le costanti dielettriche (ε) maggiore sarà la quantità di energia delle onde riflesse. Il coefficiente di riflessione può essere riscritto anche in funzione delle costanti dielettriche dei 2 corpi: Il passaggio del segnale all'interno di un materiale con una certa resistenza elettromagnetica

comporta un calo della potenza.

I fattori di perdita dell'energia possono essere molteplici: divergenza sferica, assorbimento, scattering, attenuazione.

La divergenza sferica: dato che l'antenna emette energia in tutte le direzioni e con la stessa intensità allontanandosi dalla sorgente la densità di potenza sulle superfici sferiche di raggio r diminuisce in modo inversamente proporzionale r^2 .

L'assorbimento deriva dalla conversione di energia elettromagnetica in calore attraverso il trasferimento della quantità di moto durante il movimento delle cariche. Il principio fisico che sottende a questo fenomeno è il cosiddetto effetto Joule.



Lo scattering.

Con scattering (diffrazione) si intende la perdita di energia dovuta alla presenza nel corpo in esame di oggetti con dimensioni dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda (λ) del segnale. Questo crea una dispersione dell'energia in ogni direzione.

Una causa importante della perdita di energia è l'attenuazione. Questa è una complessa funzione delle proprietà elettromagnetiche del materiale attraversato (μ , σ e ε) ma anche

della frequenza del segnale stesso. Nell'equazione 4 si può notare come l'attenuazione (α) dipenda strettamente dalla frequenza nominale (f) dell'antenna, dato che ω è pari a $2\pi f$.

$$\alpha = \omega \sqrt{\left(\frac{\mu\varepsilon}{2}\right) \left[\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2\varepsilon^2}} - 1\right]}$$

Equazione.4

La profondità raggiunta dalle onde radar dipende dalla quantità d'energia che il segnale "perde" all'interno del materiale. Lo spessore di materiale indagabile diminuisce all'aumentare della frequenza che si utilizza. Un altro fattore di diminuzione della penetrazione è un elevato valore di conducibilità del mezzo in esame.

$$V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \quad V = \frac{C}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

Equazione.5

Equazione.6

La conoscenza della velocità con cui un'onda attraversa il materiale in esame oltre a rendere possibile la trasformazione dell'asse dei tempi in quello della profondità, permette di calcolare le

costanti dielettriche dei materiali.

Infatti la velocità nel mezzo può essere scritta in funzione della velocità nel vuoto C come:

ma poiché la permeabilità magnetica relativa si può considerare pari a 1, la velocità d'onda è riscrivibile come: Il segnale attraversa i materiali indagati con una velocità che dipende dalla costante dielettrica, ed in particolare risulta inversamente proporzionale ad essa.

Strumentazione

Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato il georadar Hi Mod della IDS, costituito da un'unità centrale all'interno della quale viene generato il segnale inviato alla sezione trasmittente e viene elaborato il segnale ricevuto dalla sezione ricevente dell'antenna.

Il sistema utilizzato per l'esecuzione dell'indagine è il seguente:

- Unità di controllo per acquisizione dati Hi Mod IDS.
- Antenna media frequenza 400 MHz e antenna ad alta frequenza 900 MHz.
- Trigger di posizionamento.
- Display LCD con interfaccia grafica per la visualizzazione in tempo reale dei risultati acquisiti.
- Software di acquisizione ed elaborazione dati dedicati K2 Fast Wave IDS.



Sistema di gestione Georadar Hi Mod della IDS.

4. ACQUISIZIONE DATI

La campagna d'indagine è stata eseguita con l'obiettivo di rilevare la posizione delle armature di travi e pilastri nelle zone indicate in planimetria, propedeutica alla progettazione di interventi di rinforzo strutturale in vista di un possibile posizionamento di una nuova macchina di risonanza magnetica nel reparto di Radiologia.

Le indagini sono state eseguite sulle travi e i pilastri perimetrali rispetto al solaio che dovrà ospitare la RM al secondo piano. Analogamente sono stati controllati anche gli elementi strutturali equivalenti ai pian

La fase di acquisizione dati è stata preceduta dalla nomenclatura delle zone soggette a controllo per la loro identificazione univoca.

Di seguito si riporteranno i risultati delle indagini esposti con la seguente organizzazione:

- *Planimetrie con l'ubicazione delle indagini eseguite;*
- *Riepilogo delle prove eseguite;*
- *Travi e pilastri – risultati indagini;*
- *Solai – risultati indagini;*

Allegati:

- *Certificazione del personale;*
- *Rapporti delle prove di Laboratorio;*
- *Schede materiali per i ripristini strutturali;*
- *Normativa di riferimento.*

PLANIMETRIA CON L'UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

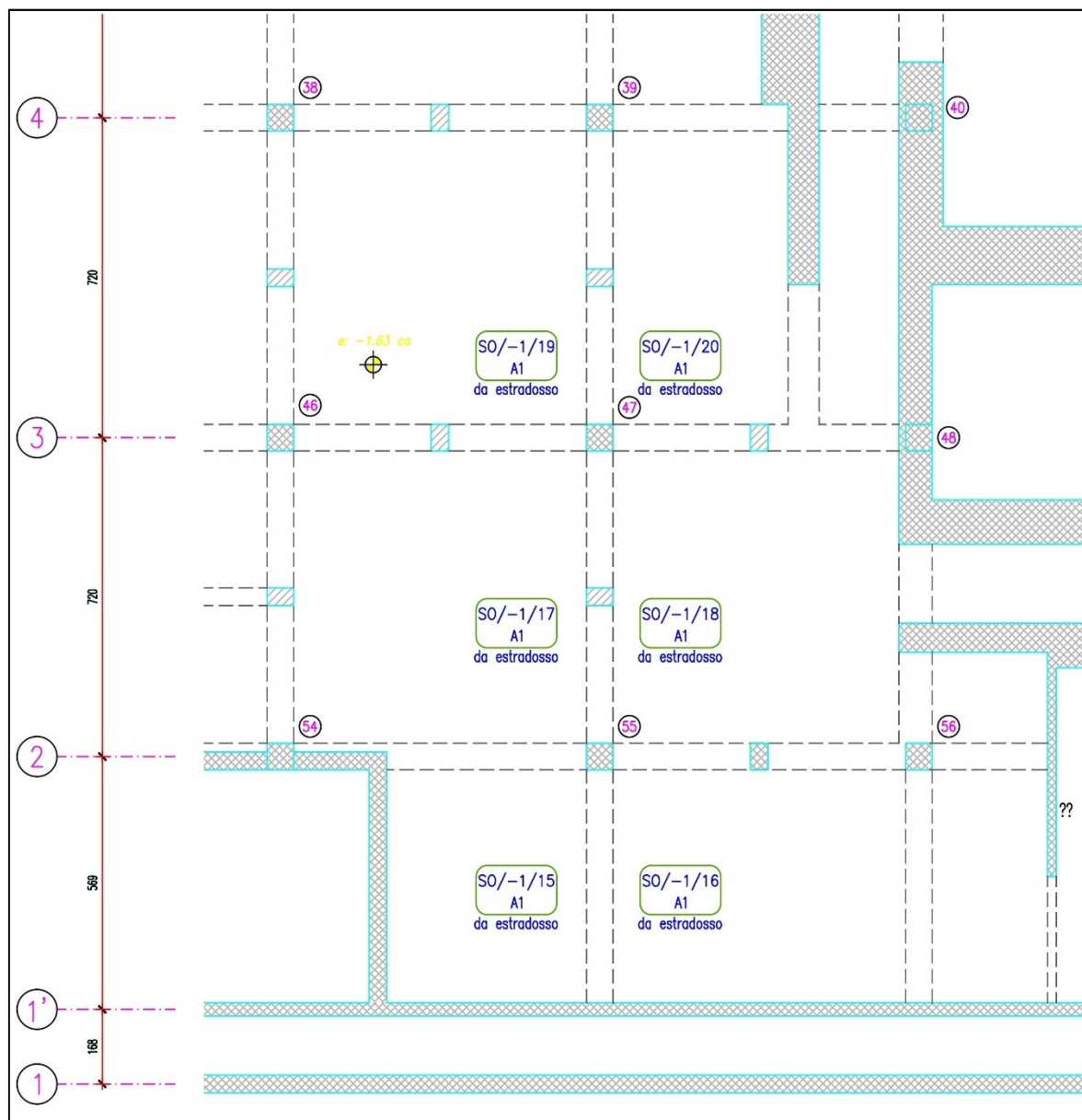
CODIFICA INDAGINI

identificativo:

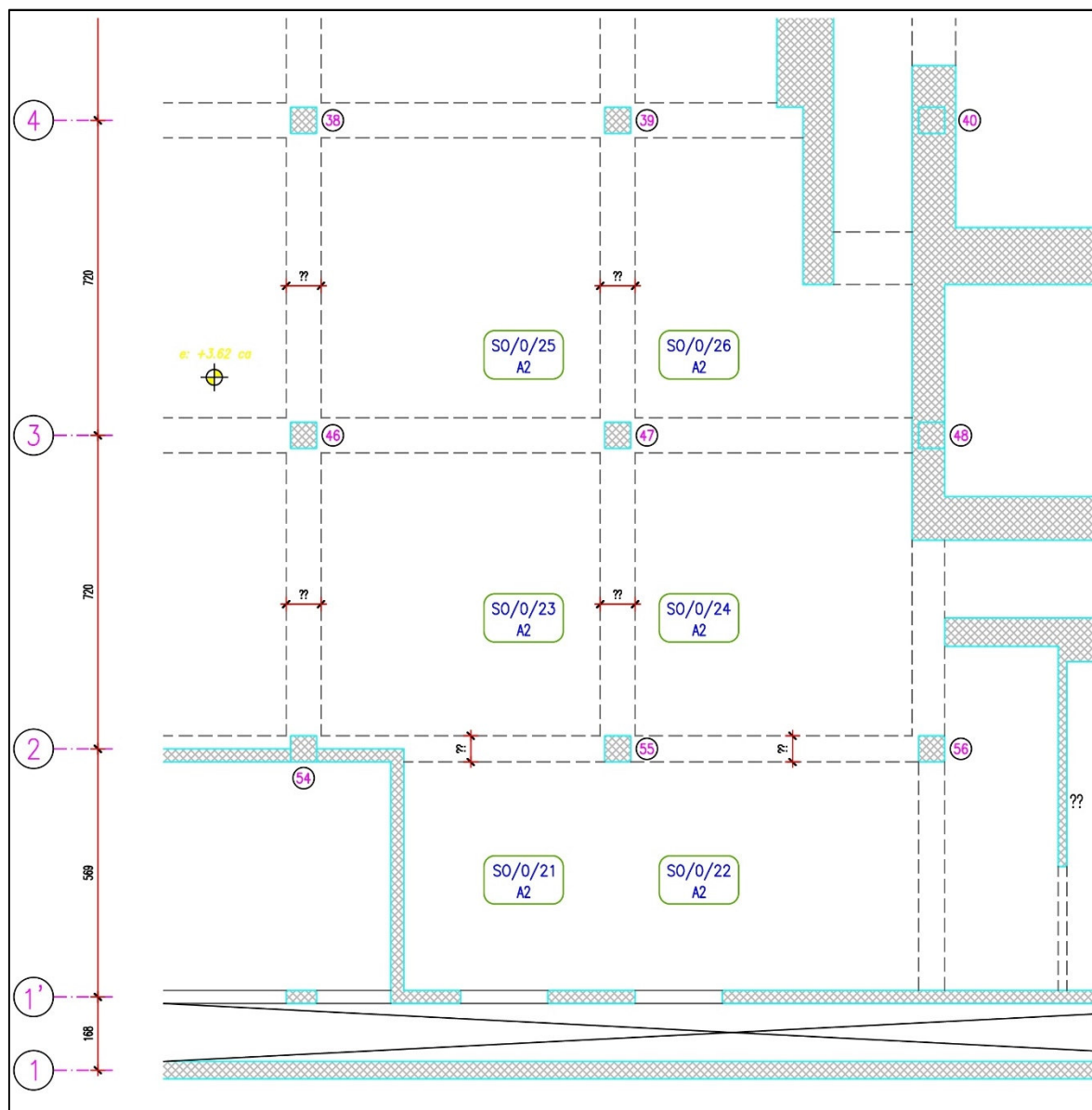
a/b/c
d

 Tipologia elemento/Livello o Piano/Numero d'ordine
Tipo d'indagine

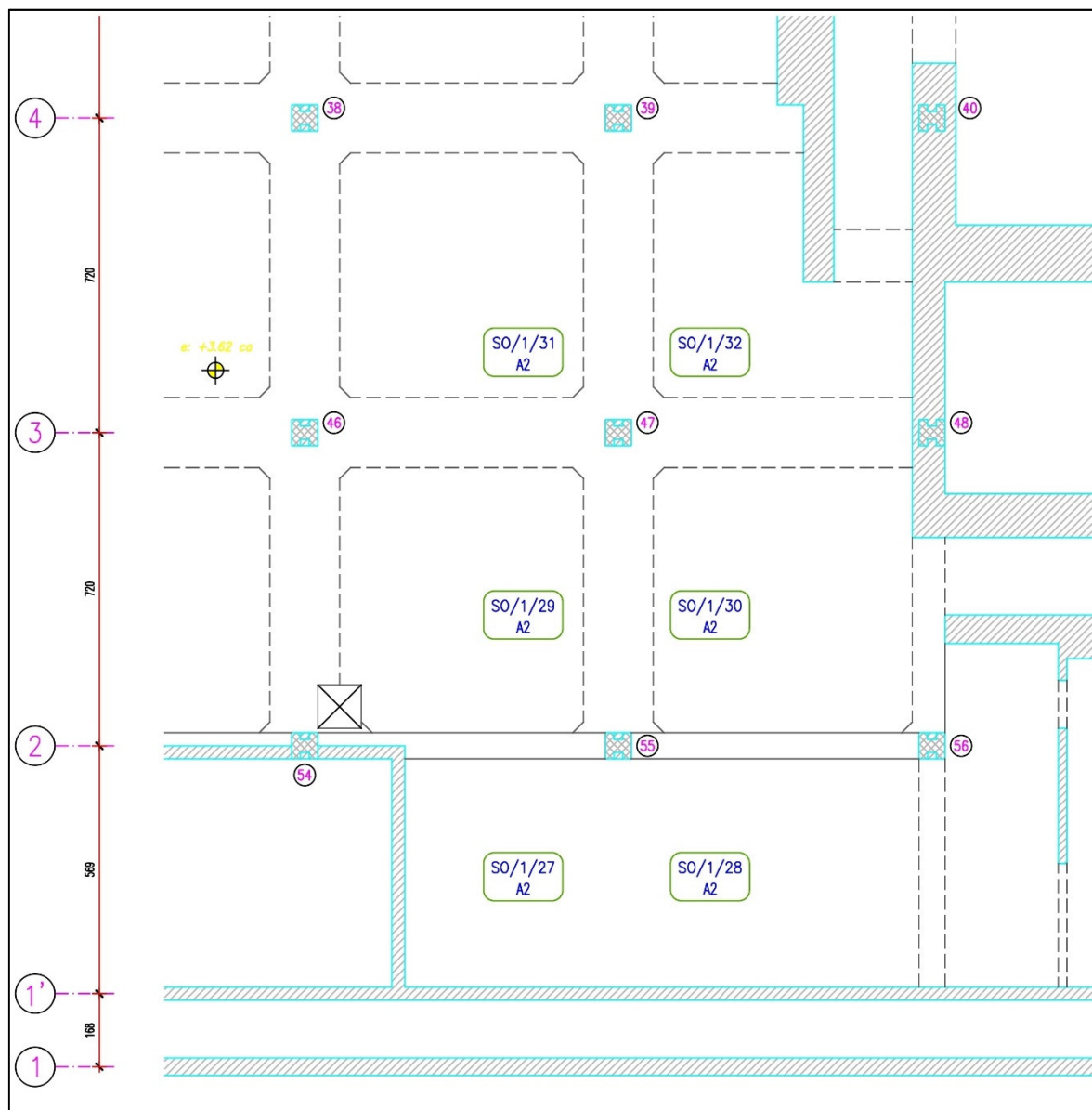
a Tipologia elemento	PI	Pilastro in CA
	TR	Trave in CA
	SE	Setto/Parete in CA
	SO	Soletta o solaio in CA/CAP
	M	Muro in laterizio
b Livello/Piano (vedere Sez. X)	-2	Fondazioni/Strutture verticali vuoto sanitario
	-1	Impalcato -1/Strutture verticali piano interrato
	0	Impalcato 0/Strutture verticali vano tecnico
	1	Impalcato 1/Strutture verticali piano primo
	2	Impalcato 2/Strutture verticali piano secondo
	3	Impalcato 3/Strutture verticali piano terzo
	C	Impalcato copertura
C Numero d'ordine	YY	Numero d'ordine sequenziale YY - numerazione delle prove
d Tipo d'indagine	A1	Rilievo della tipologia e della orditura del solaio dall'estradosso con Georadar
	A2	Rilievo della tipologia e della orditura del solaio dall'intradosso con rimozione del controsoffitto e/o scarifica intonaco
	B	Rimozione del controsoffitto Rilievo larghezza trave e sporgenza rispetto al pilastro
	C	Prelievo carota di cls + Ripristino con malta strutturale
	E	Endoscopia e demolizione paramento per rilievo fissaggio pannello esterno
	F1	Perforazione su solaio per rilievo spessore solaio e pacchetto finitura
	F2	Perforazione su solaio per rilievo pacchetto di finitura
	G	Rimozione del controsoffitto Rilievo larghezza trave e sporgenza rispetto al pilastro Rilievo geom. posizione armature trave rispetto ai pilastri (posizione ferri longitudinali e staffe all'intradosso)
	H1	Rilievo altezza intercapedine
	H2	Rilievo altezza finito-finito
	RP	Rimozione del controsoffitto Demolizione eventuale rivestimento in laterizio del pilastro Rilievo dimensioni geometriche pilastro e posizione delle armature (ferri longitudinali e staffe alla sommità del pilastro, per ultimi 40cm) Rilievo presenza pluviali Eventuale ripristino rivestimento del pilastro al di sotto del controsoffitto
	RSol	Rilievo geometrico posizione pannelli del solaio



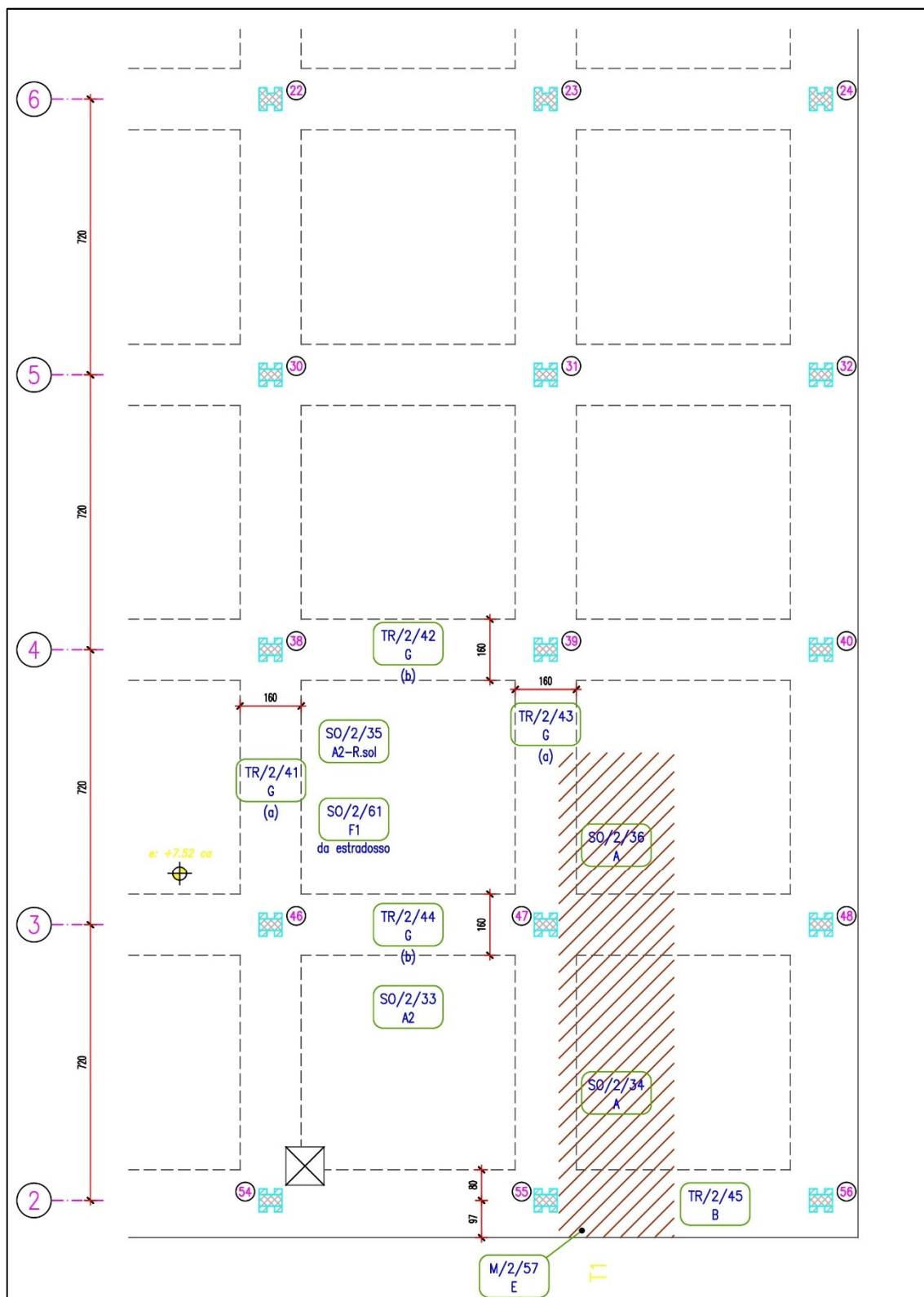
Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (Impalcato -1).



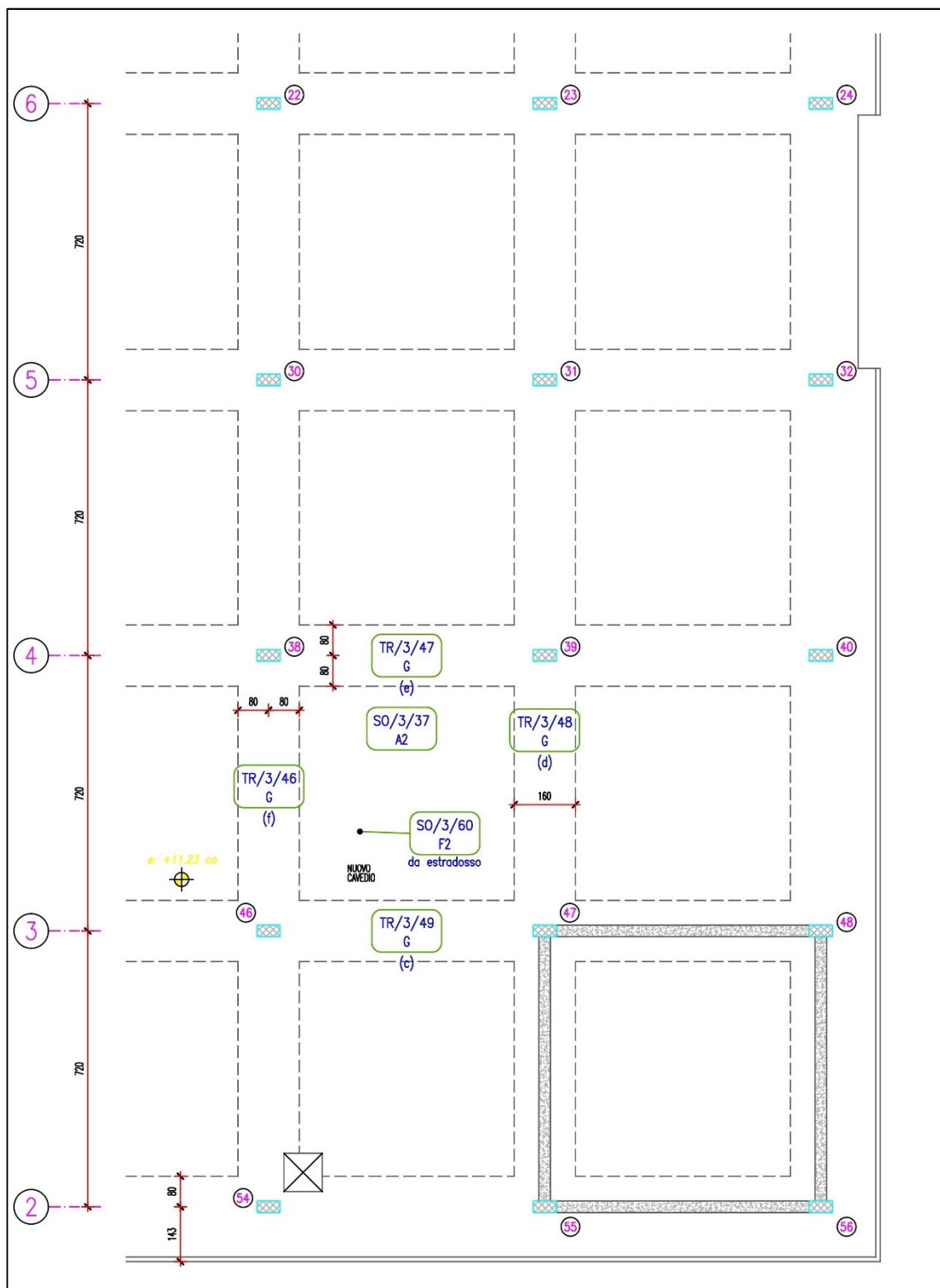
Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (Impalcato 0).



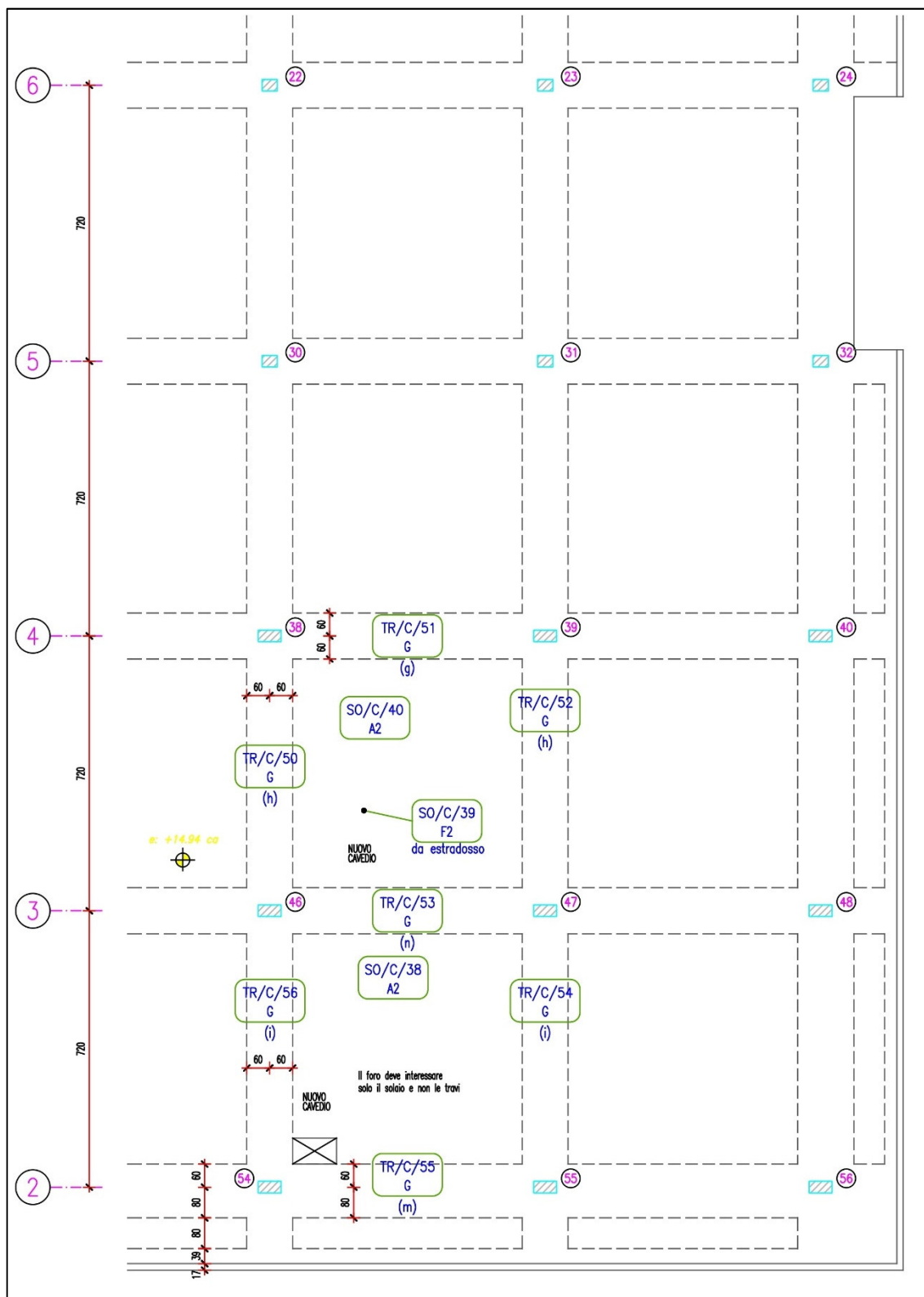
Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (Impalcato 1).



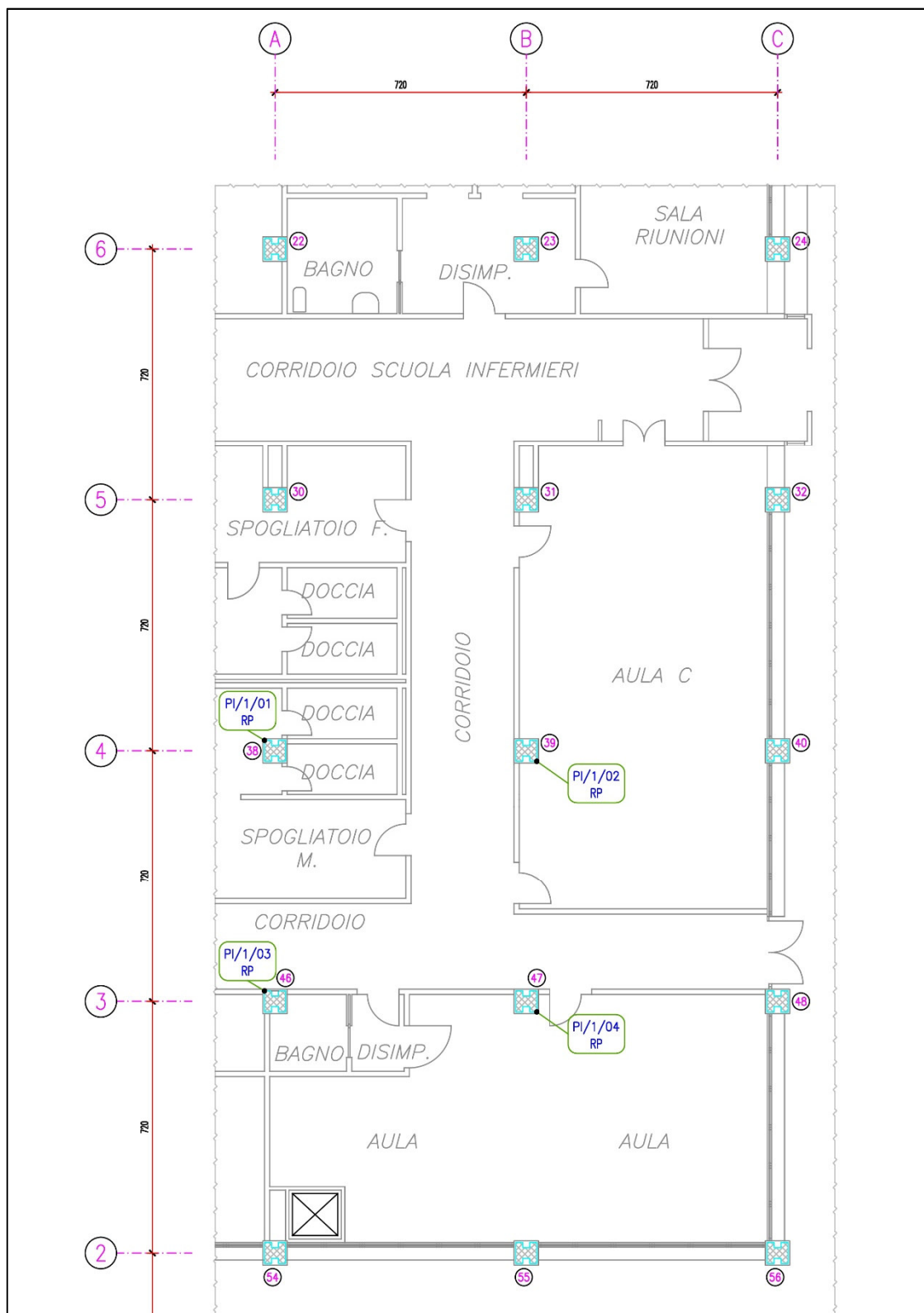
Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (Impalcato 2).



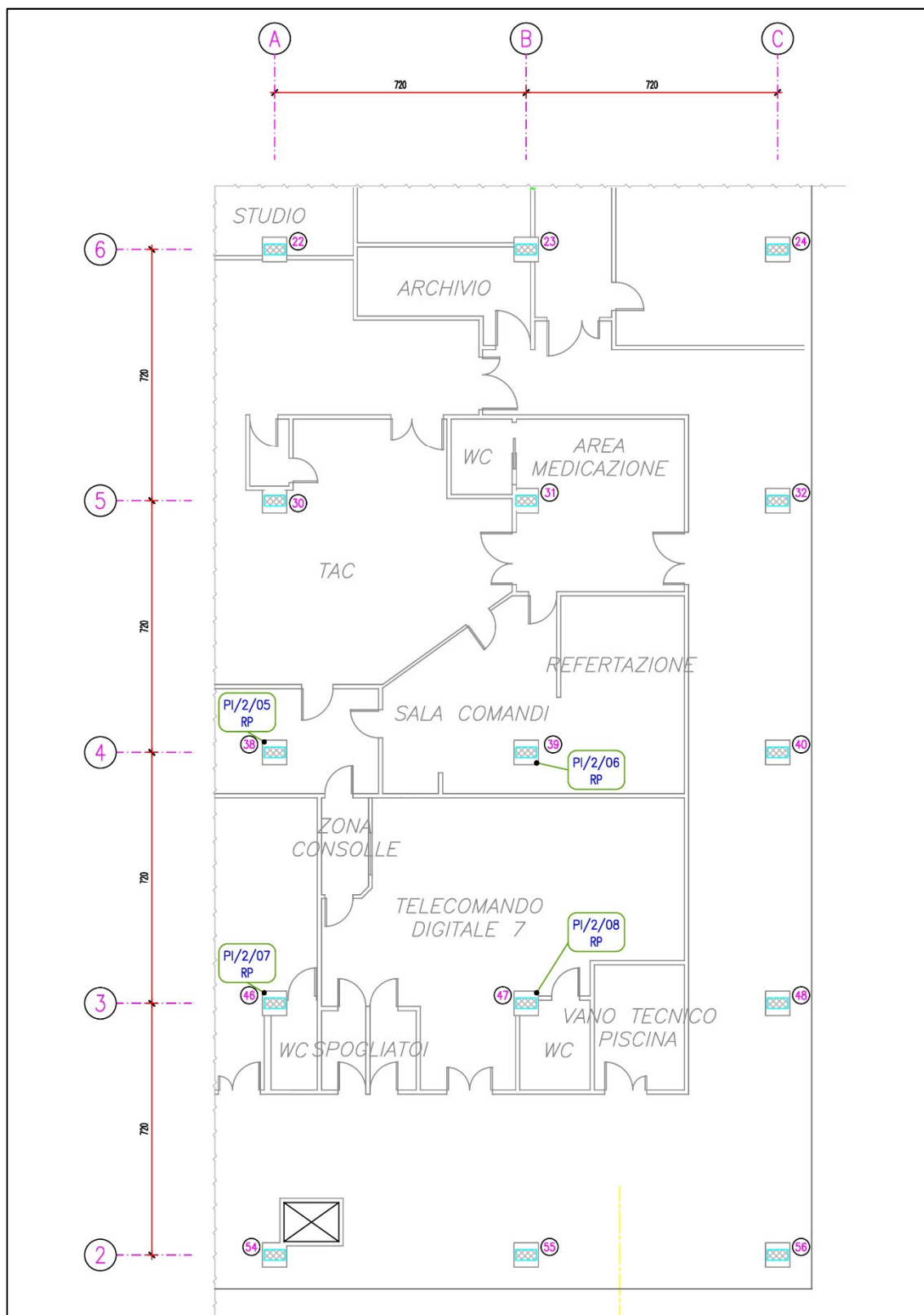
Planimetria d'inquadratura zone d'indagine (Impalcato 3).



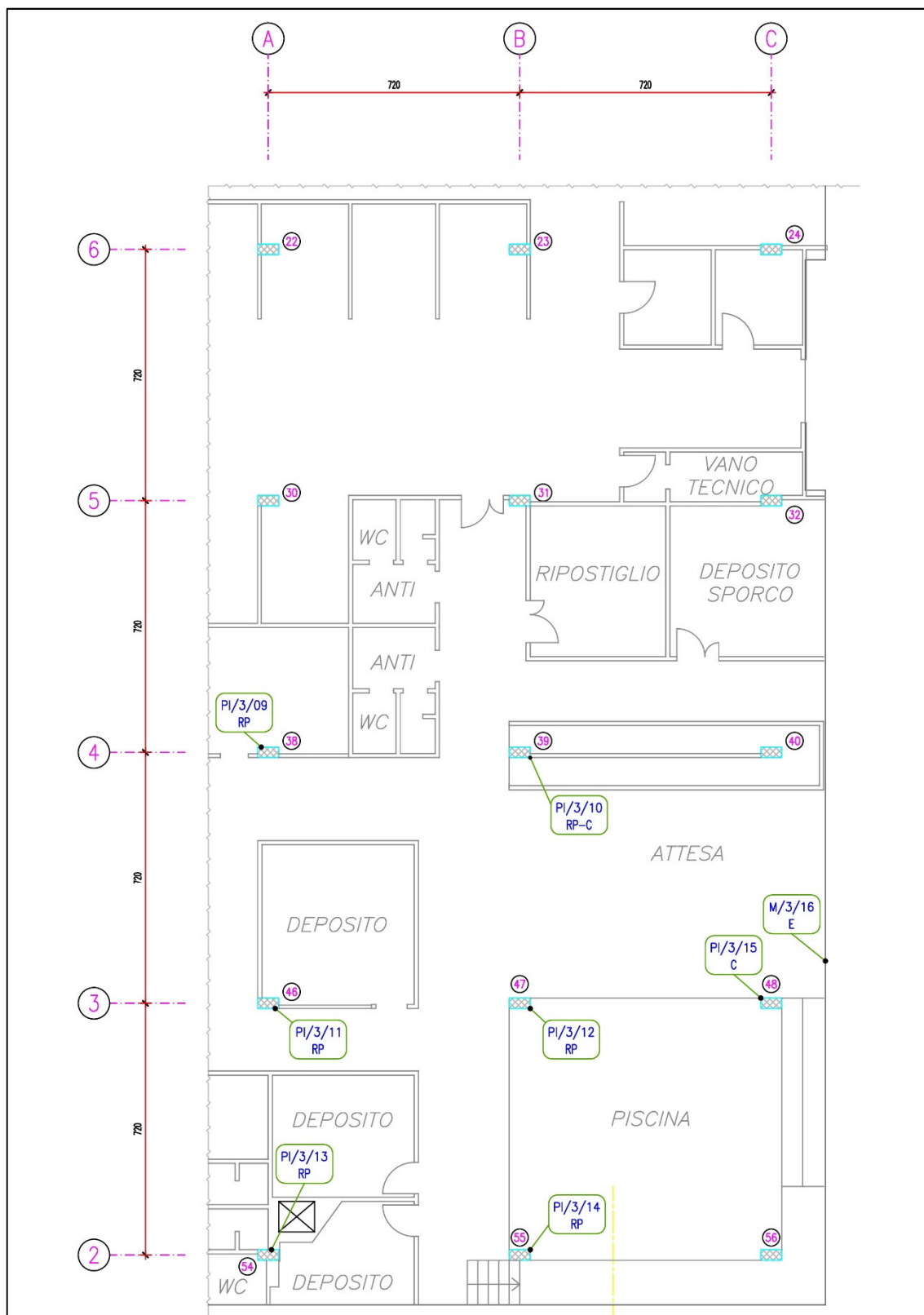
Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (Impalcato copertura).



Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (piano primo).



Planimetria d'inquadrimento zone d'indagine (piano secondo).



Planimetria d'inquadramento zone d'indagine (piano terzo).

RIEPILOGO DELLE PROVE ESEGUITE

Di seguito si riportano le indagini eseguite zona per zona.

IDENTIFICATIVO				STRUTTURE IN CA E CAP					SOLAI	
PIANO / IMPALCATO	ZONA	STRUTTURA	MATERIALE	PACOMETRO	MICROSCASSO / DEMOLIZIONE RIVESTIMENTO	CAROTAGGIO MECCANICO	CARBONATAZIONE	SONREB	VERIFICA / ENDOSCOPIA SOLAIO	INDAGINE GEORADAR
PIANO 1	PI/1/01	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 1	PI/1/01	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 1	PI/1/01	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 1	PI/1/01	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 2	PI/2/05	PILASTRO	C.A.	X	X			X		
PIANO 2	PI/2/06	PILASTRO	C.A.	X	X			X		
PIANO 2	PI/2/07	PILASTRO	C.A.	X	X			X		
PIANO 2	PI/2/08	PILASTRO	C.A.	X	X			X		
PIANO 3	PI/3/09	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 3	PI/3/10	PILASTRO	C.A.	X	X	C2	X			
PIANO 3	PI/3/11	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 3	PI/3/12	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 3	PI/3/13	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 3	PI/3/14	PILASTRO	C.A.	X	X					
PIANO 3	PI/3/15	PILASTRO	C.A.	X	X	C1	X			
PIANO 3	M/3/16	PARETE	LAT.	X	X					

IDENTIFICATIVO				STRUTTURE IN CA E CAP					SOLAI	
PIANO / IMPALCATO	ZONA	STRUTTURA	MATERIALE	PACOMETRO	MICROSCASSO	CAROTAGGIO MECCANICO	CARBONATAZIONE	SONREB	VERIFICA / ENDOSCOPIA SOLAIO	INDAGINE GEORADAR
IMPALCATO -1	SO/-1/15	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO -1	SO/-1/16	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO -1	SO/-1/17	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO -1	SO/-1/18	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO -1	SO/-1/19	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO -1	SO/-1/20	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 0	SO/0/21	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 0	SO/0/22	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 0	SO/0/23	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 0	SO/0/24	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 0	SO/0/25	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 0	SO/0/26	SOLAIO	L.C.							X
IMPALCATO 1	SO/1/27	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 1	SO/1/28	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 1	SO/1/29	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 1	SO/1/30	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 1	SO/1/31	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 1	SO/1/32	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 2	SO/2/33	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 2	SO/2/34	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 2	SO/2/35	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 2	SO/2/36	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 2	SO/2/61	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 2	TR/2/41	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 2	TR/2/42	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 2	TR/2/43	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 2	TR/2/44	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 2	TR/2/45	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 2	M/2/57	PARETE	LAT.	X						
IMPALCATO 3	SO/3/37	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 3	SO/3/60	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO 3	TR/3/46	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 3	TR/3/47	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 3	TR/3/48	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO 3	TR/3/49	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	SO/C/38	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO C	SO/C/39	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO C	SO/C/40	SOLAIO	L.C.						X	
IMPALCATO C	TR/C/50	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	TR/C/51	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	TR/C/52	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	TR/C/53	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	TR/C/54	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	TR/C/55	TRAVE	C.A	X						
IMPALCATO C	TR/C/56	TRAVE	C.A	X						

5. RISULTATI SPERIMENTALI

TRAVI E PILASTRI - RISULTATI INDAGINI

INDAGINI PACOMETRICHE E MICRODEMOLIZIONI

Di seguito vengono riportate una breve documentazione fotografica e le sezioni schematiche ricostruite in seguito all'indagine pacometrica.

In particolare, per quanto riguarda i pilastri, si sono indagati gli ultimi 40 cm nella loro parte sommitale, mentre per quanto riguarda le travi, vista la presenza di molteplici linee di impianti, si sono rilevate tre sezioni trasversali per ogni trave, appoggi e mezzera, e una sezione longitudinale, per quanto possibile completa, al fine di verificare il passo delle staffe.

Con riguardo alle travi, si anticipa, inoltre, che trattandosi di travi in spessore gettate in opera, non sempre è stato possibile individuare con precisione la larghezza delle stesse e/o la loro sporgenza rispetto al filo pilastro.

Infine, a favore di sicurezza, là dove incrociati con il pacometro, sono stati riportati anche ferri che probabilmente non fanno parte dell'armatura lenta ma sono stati semplicemente lasciati nel getto all'epoca della sua realizzazione.



Zona PI/3/14: particolare pilastro e pluviale. Zona PI/3/09: particolare pilastro e pluviale con rivestimento in laterizio.



Zona PI/3/11: particolare pilastro visto dal lato corridoio e dal lato stanza (deposito).



Zona PI/3/10: pilastro e canali aria adiacenti. Zona TR/C/51: trave in spessore verso mezzeria.



Zona TR/C/50: appoggio verso pilastro PI/3/09. Zona TR/2/45: fase di rimozione controsoffitto.



Zona PI/1/04: vista pilastro ad H dal lato corridoio. Sono presenti vari impianti, isolamenti in lana minerale e rivestimento in laterizio. A destra lo stesso pilastro visto dalla stanza (aula), in cui si nota anche una forometria sull'appoggio della trave adiacente.



Zona TR/2/41: indagine pacometrica verso la mezzera della trave. Zona PI/1/02: vista pilastro dall'interno dell'aula C, con pluviali e tubazioni su entrambi i lati del pilastro.



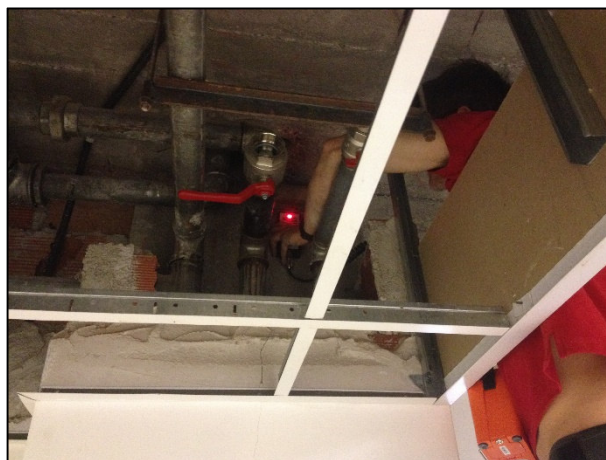
Zona PI/1/01: vista pilastro dall'anti bagno e dalla doccia, da dove è visibile anche parte dell'appoggio della trave TR/2/42.



Zona TR/C/55: particolare dell'appoggio verso il pilastro PI/3/14. Zona TR/C/54: vista verso la mezzeria della trave.



Zona PI/2/07: particolare del pilastro visto dal wc e dalla sala medica.



Zona PI/2/08: particolare del pilastro nella sua parte sommitale e una fase dell'indagine pacometrica in seguito alla demolizione del rivestimento in laterizio.



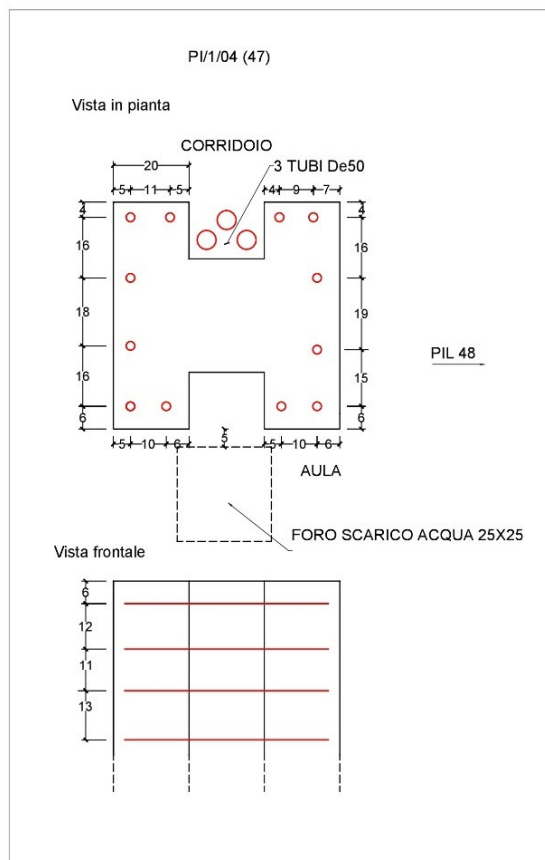
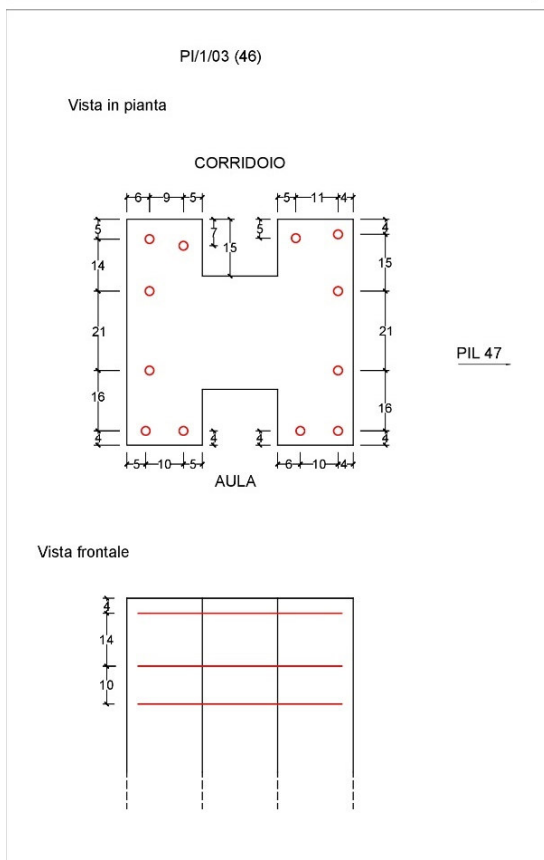
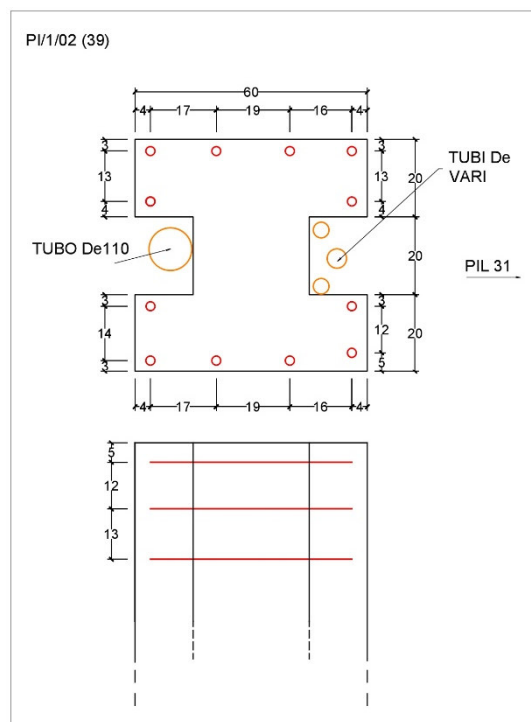
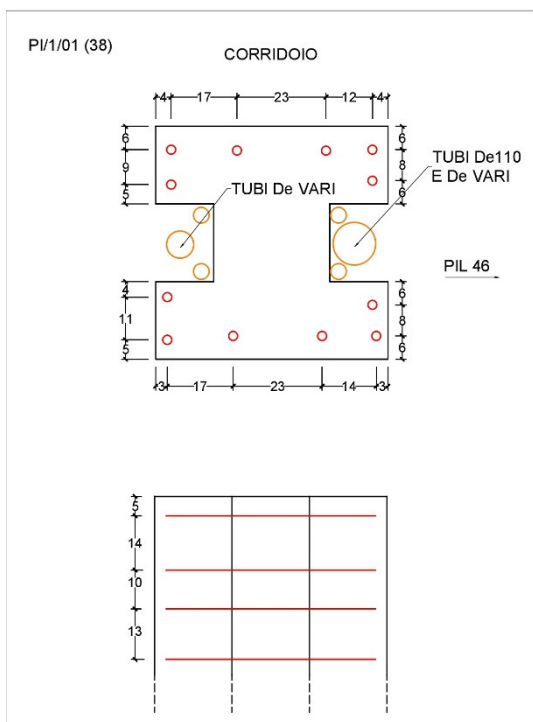
Zona PI/2/05: una fase delle indagini sul pilastro e compartimentazione dell'area di lavoro.
Zona PI/2/06: particolare pilastro con rivestimento in laterizio e tubazioni su entrambi i lati.

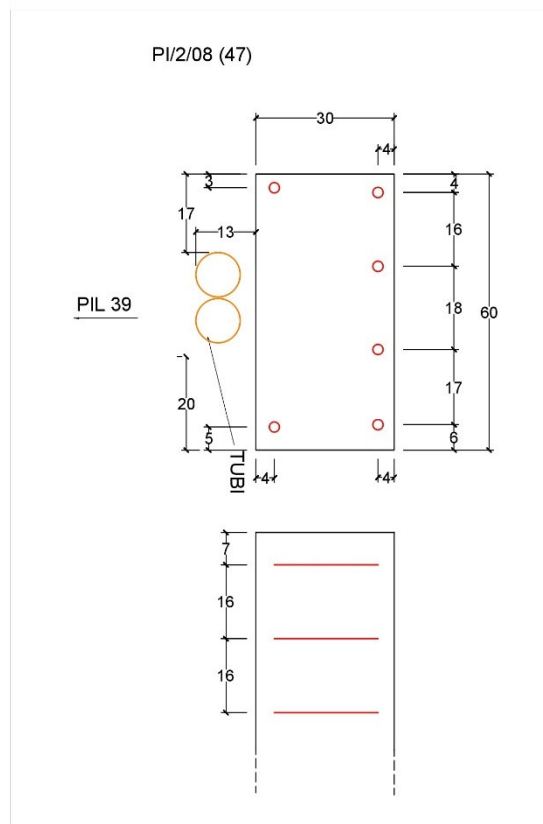
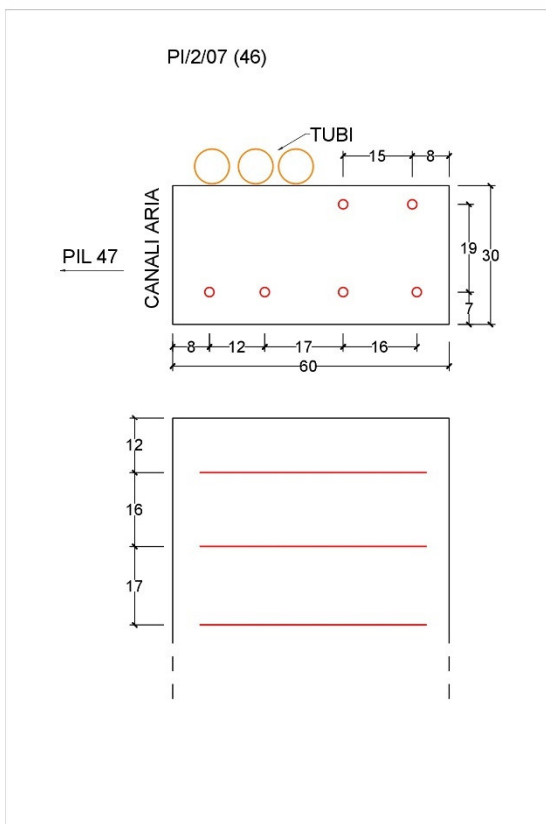
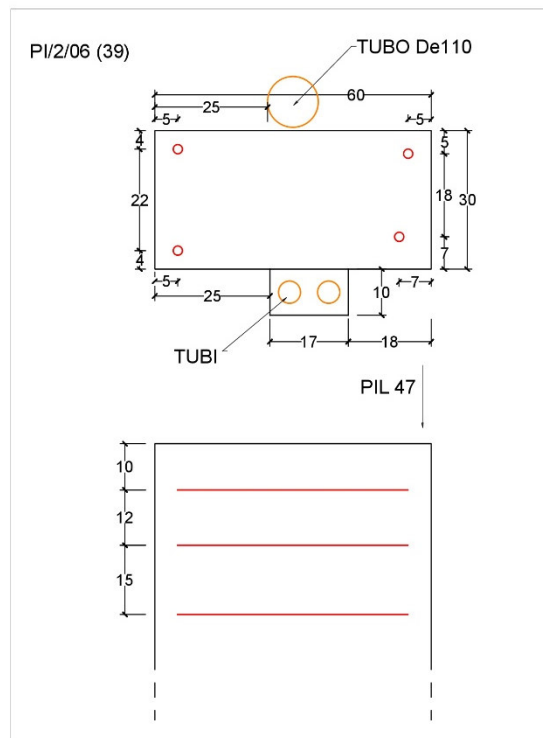
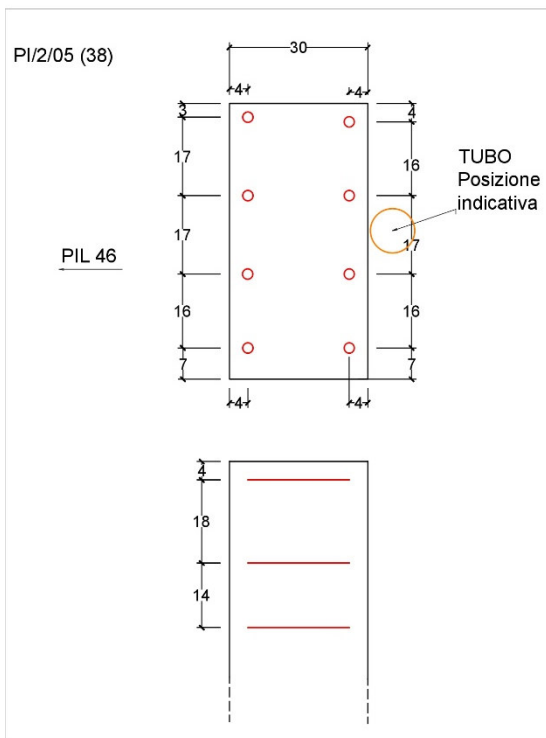


Una fase delle lavorazioni con parziale compartimentazione dell'area di lavoro al primo piano (tenuto conto della necessità di passaggio del personale ospedaliero). Nella foto a dx controsoffitti rimossi e imballati prima del trasporto in discarica.

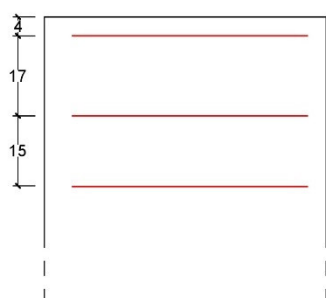
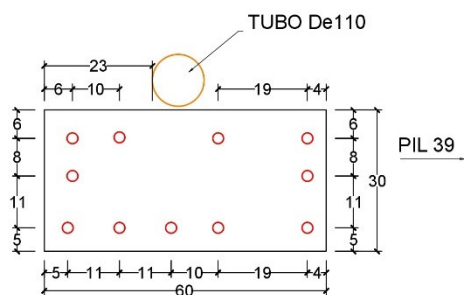


Compartimentazione e segnalazione area di lavoro al terzo piano.

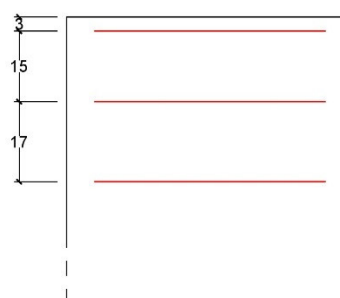
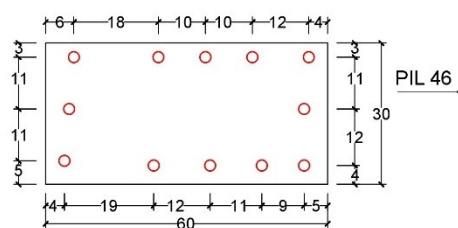




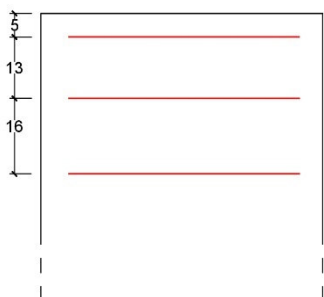
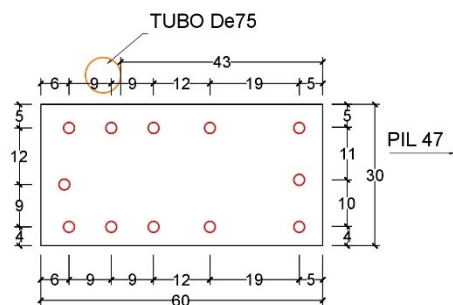
PI/3/09 (38)



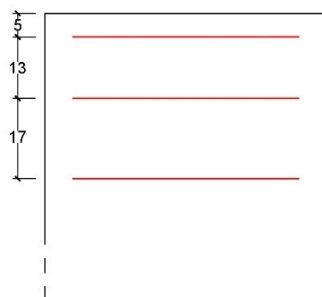
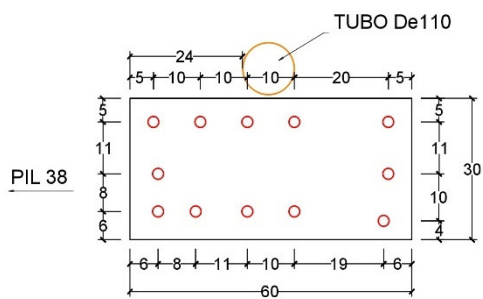
PI/3/12 (47)

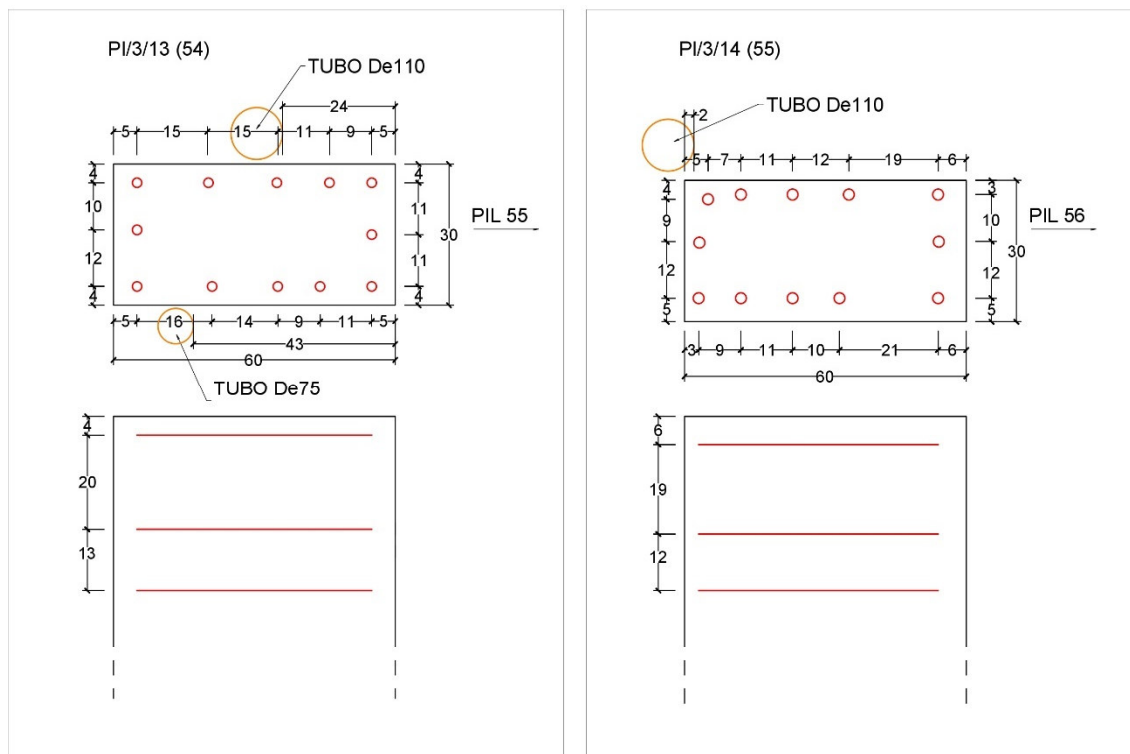


PI/3/11 (46)



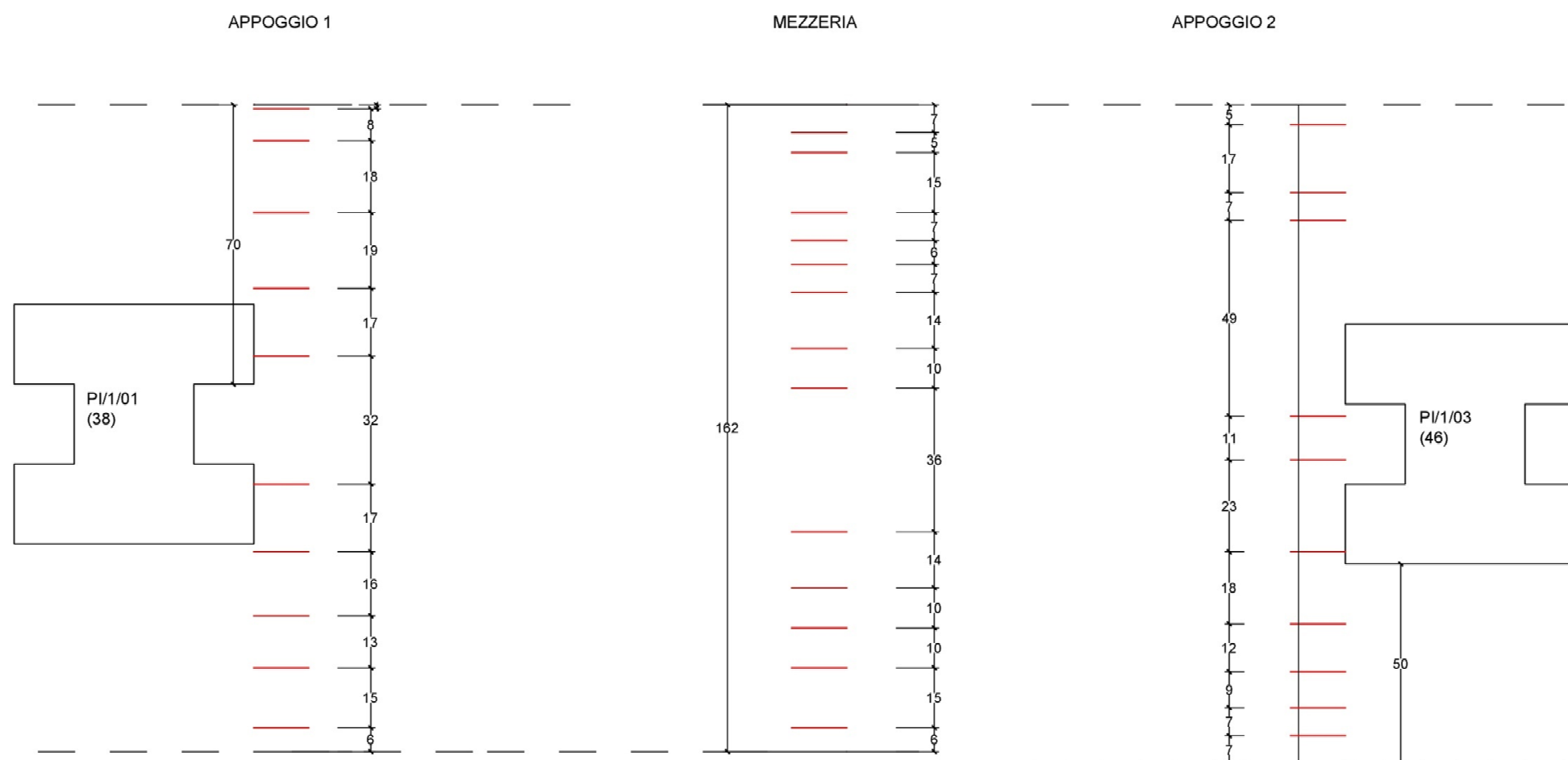
PI/3/10 (39)

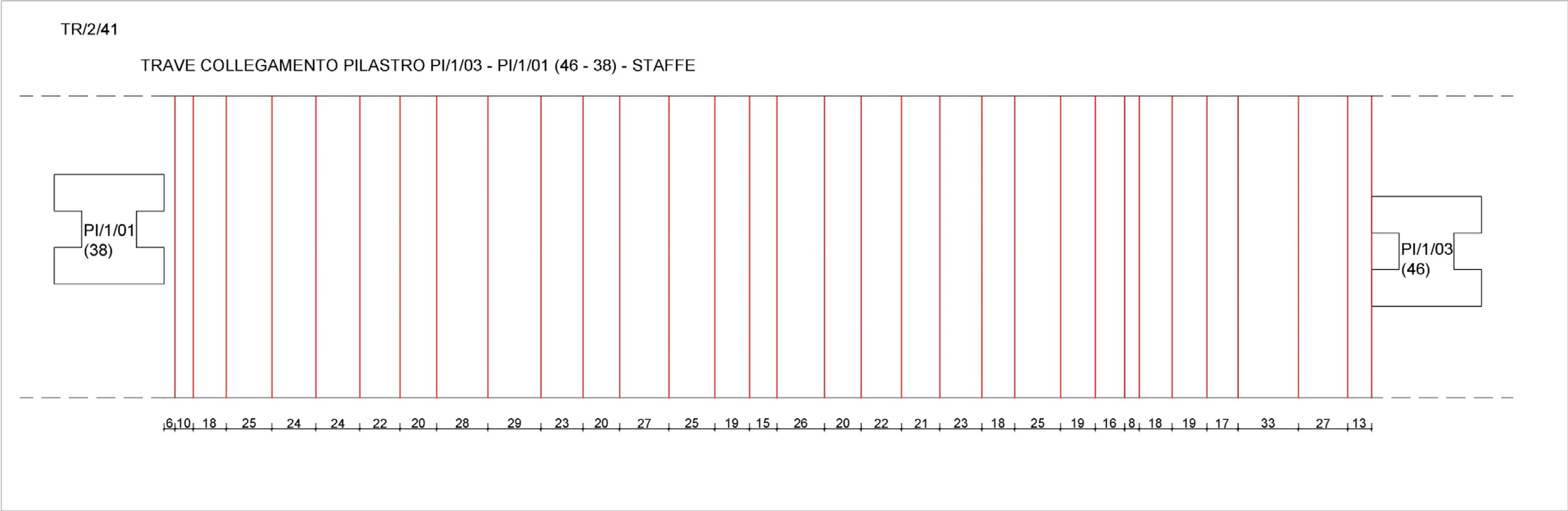




TR/2/41

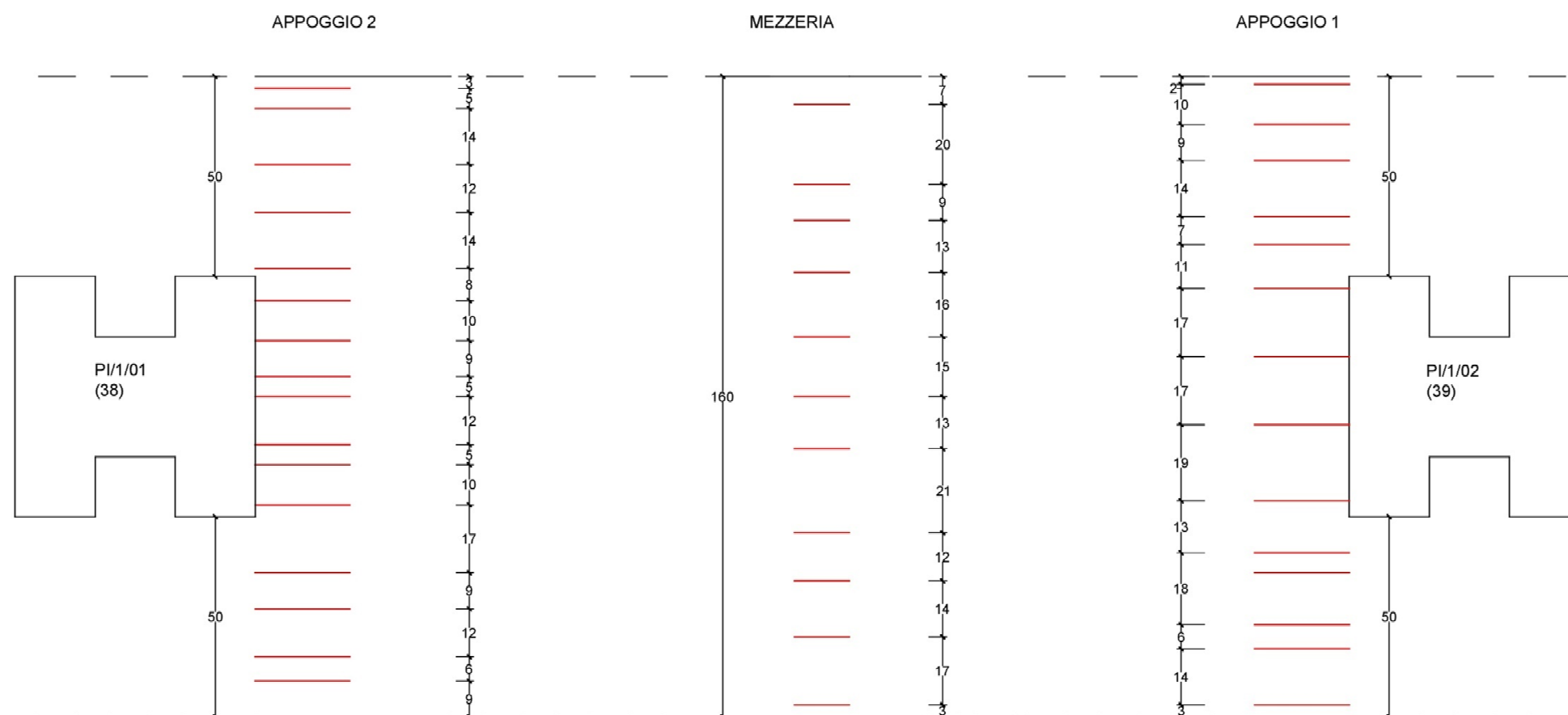
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/1/03 - PI/1/01 (46 - 38) - BARRE LONGITUDINALI

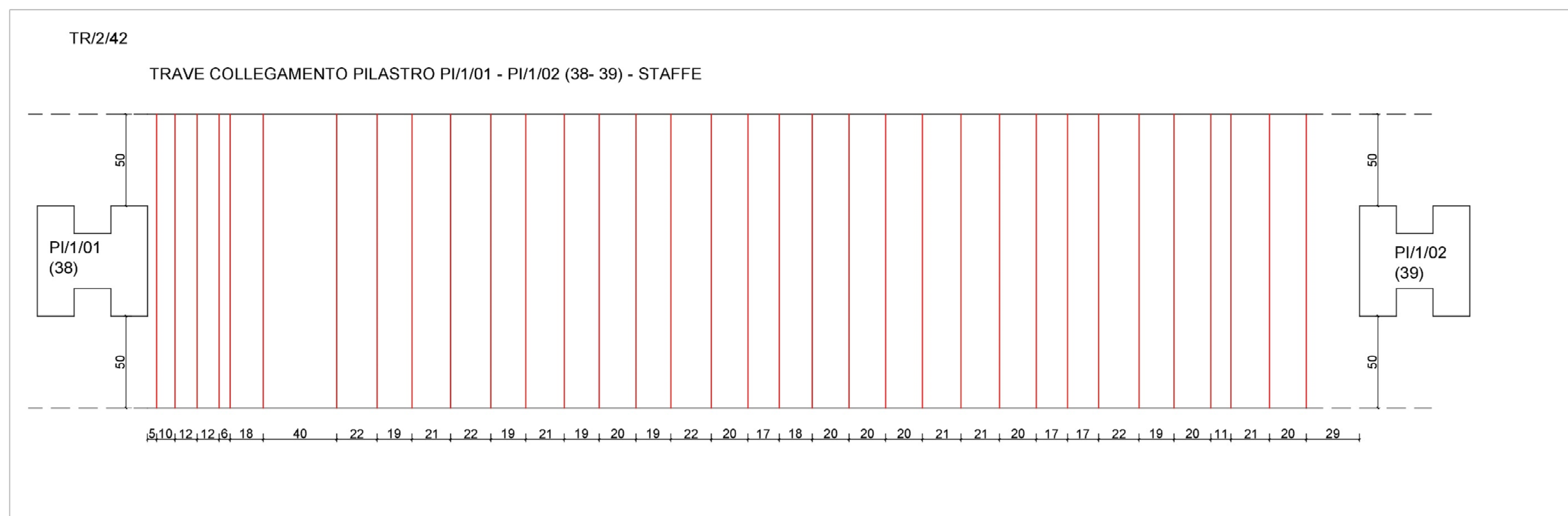




TR/2/42

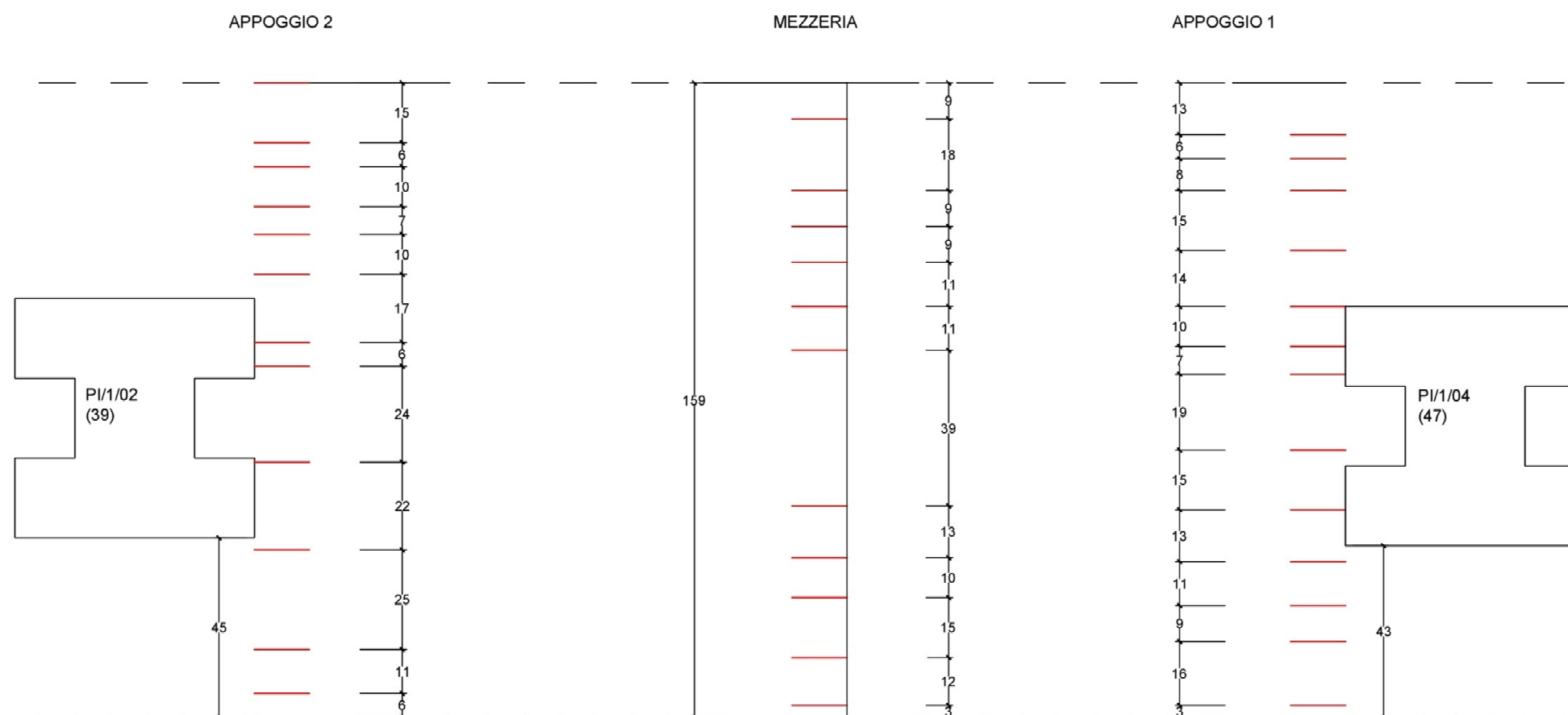
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/1/01 - PI/1/02 (38- 39) - BARRE LONGITUDINALI

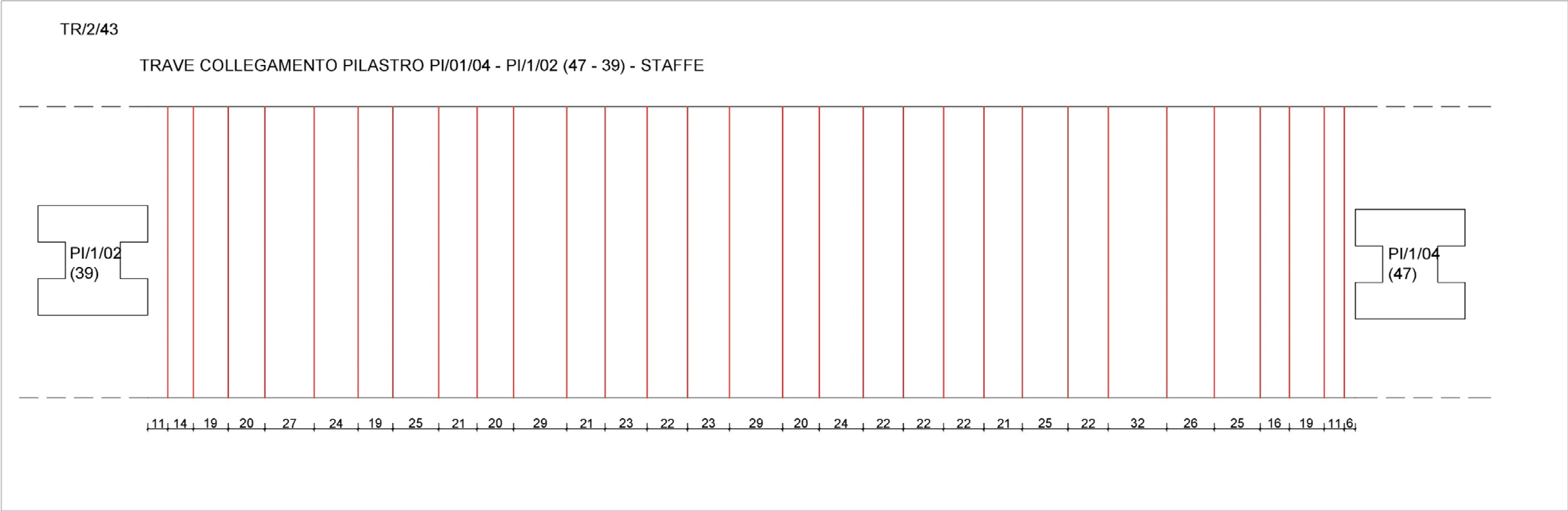




TR/2/43

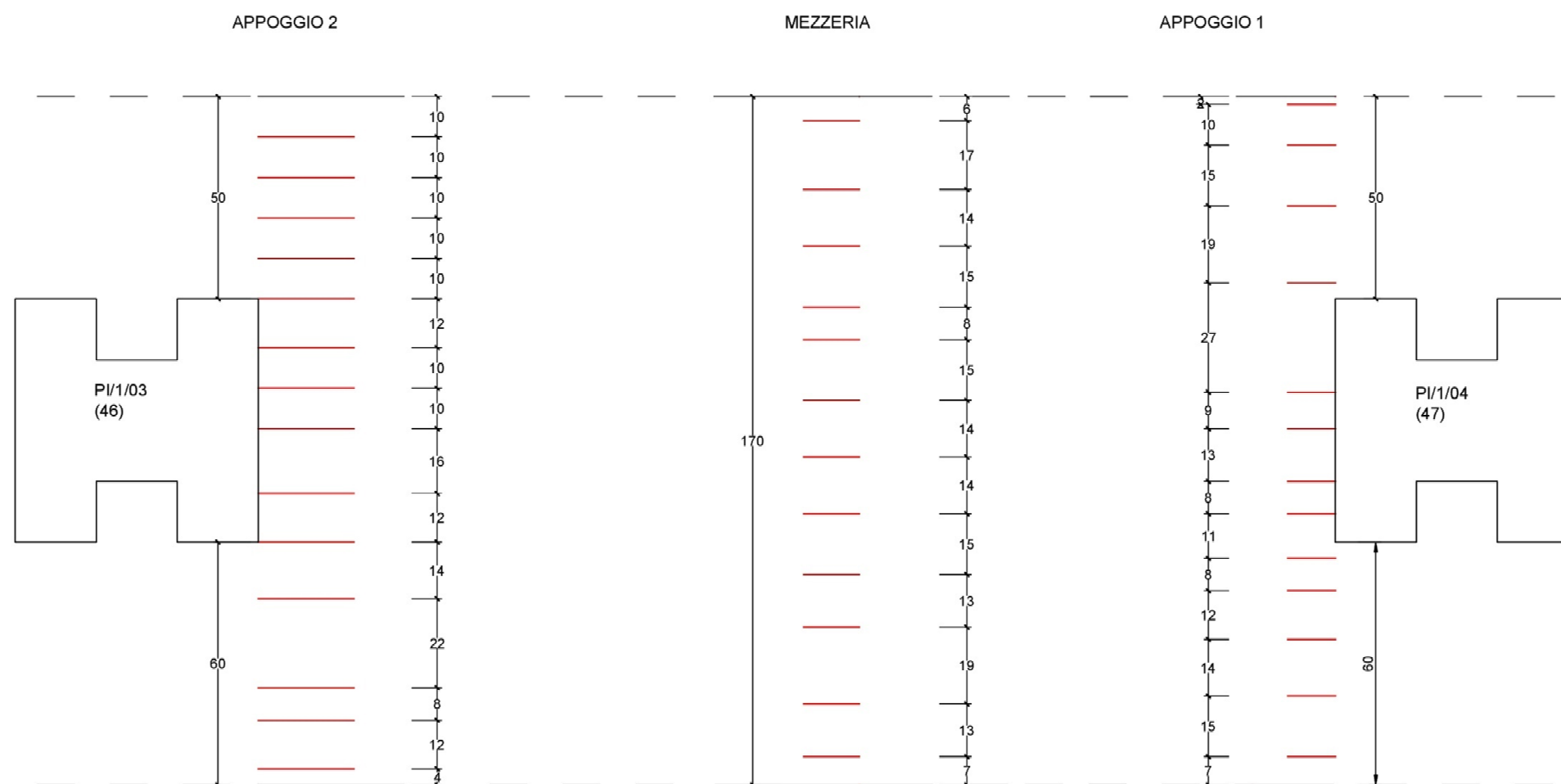
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/01/04 - PI/1/02 (47 - 39) - BARRE LONGITUDINALI

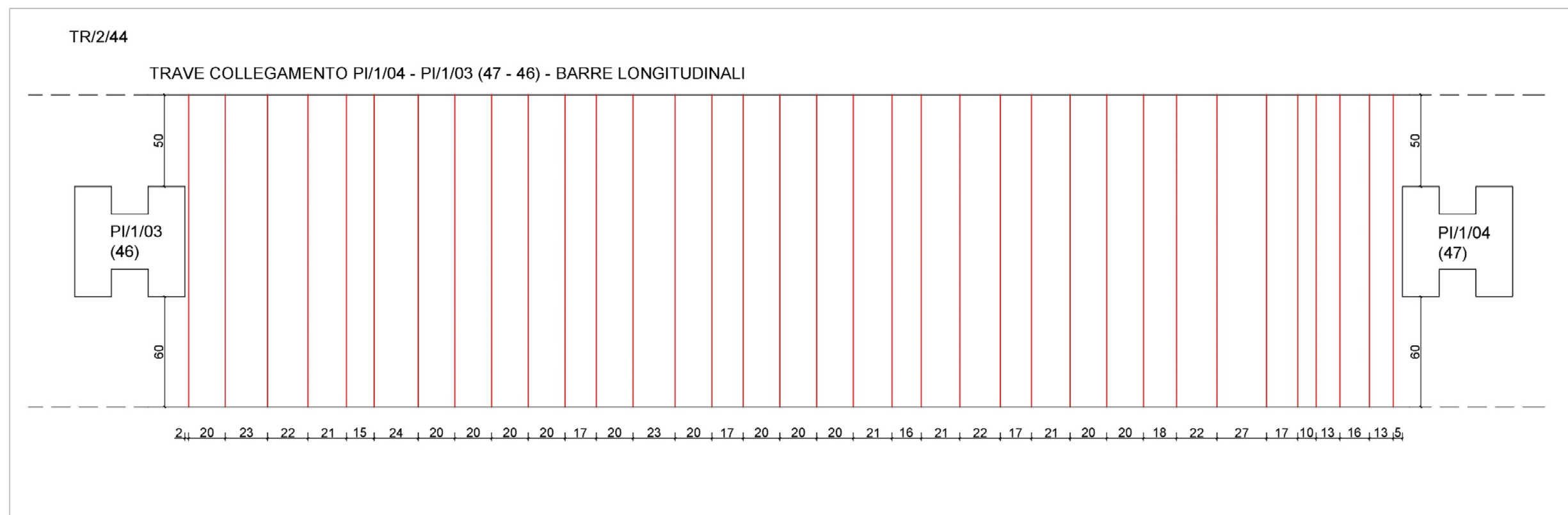


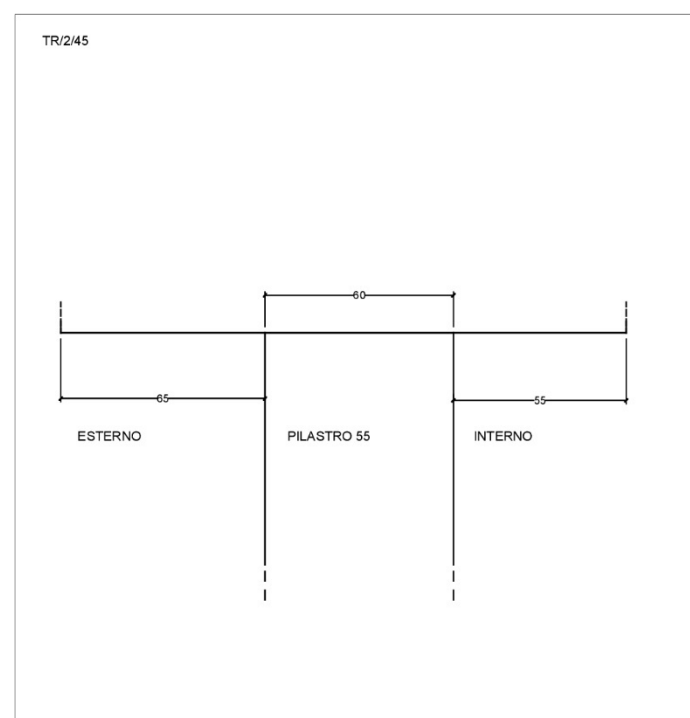


TR/2/44

TRAVE COLLEGAMENTO PI/1/04 - PI/1/03 (47 - 46) - BARRE LONGITUDINALI

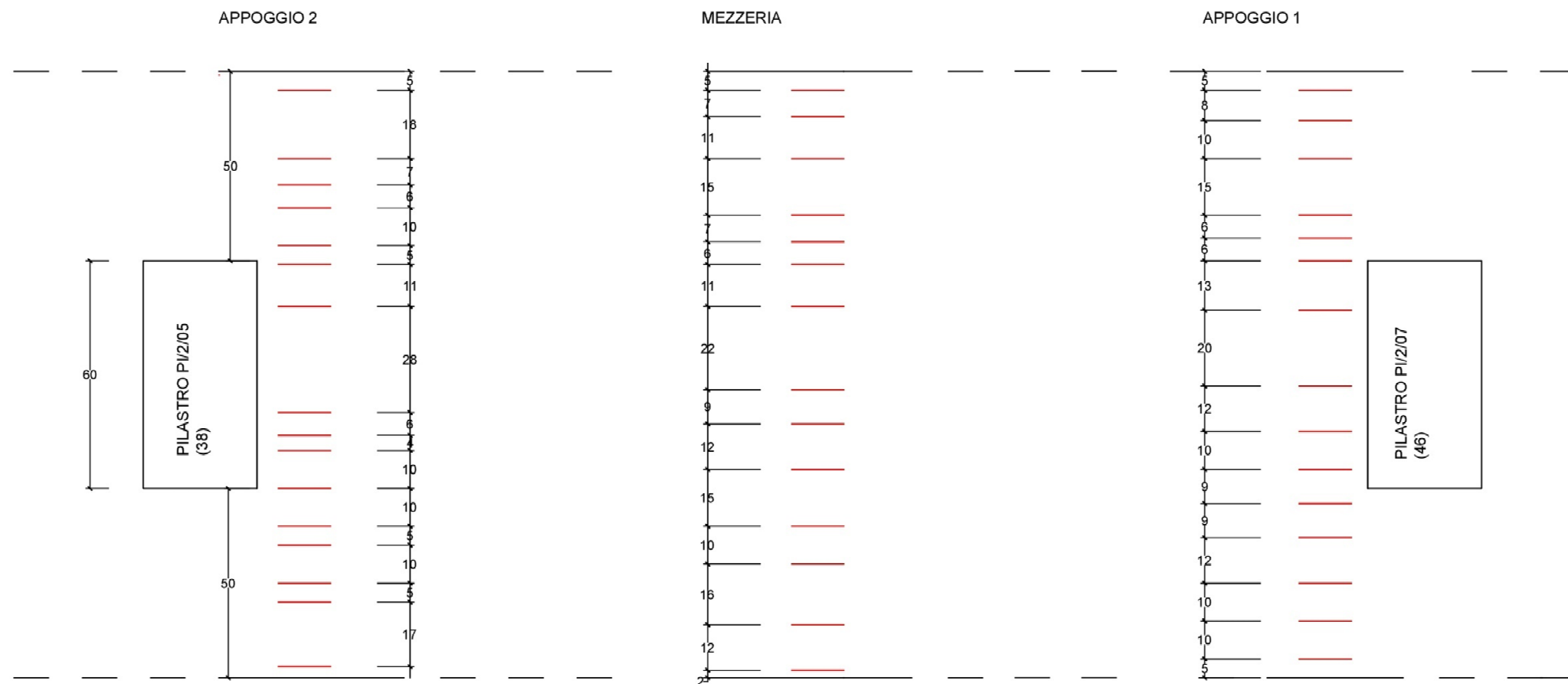


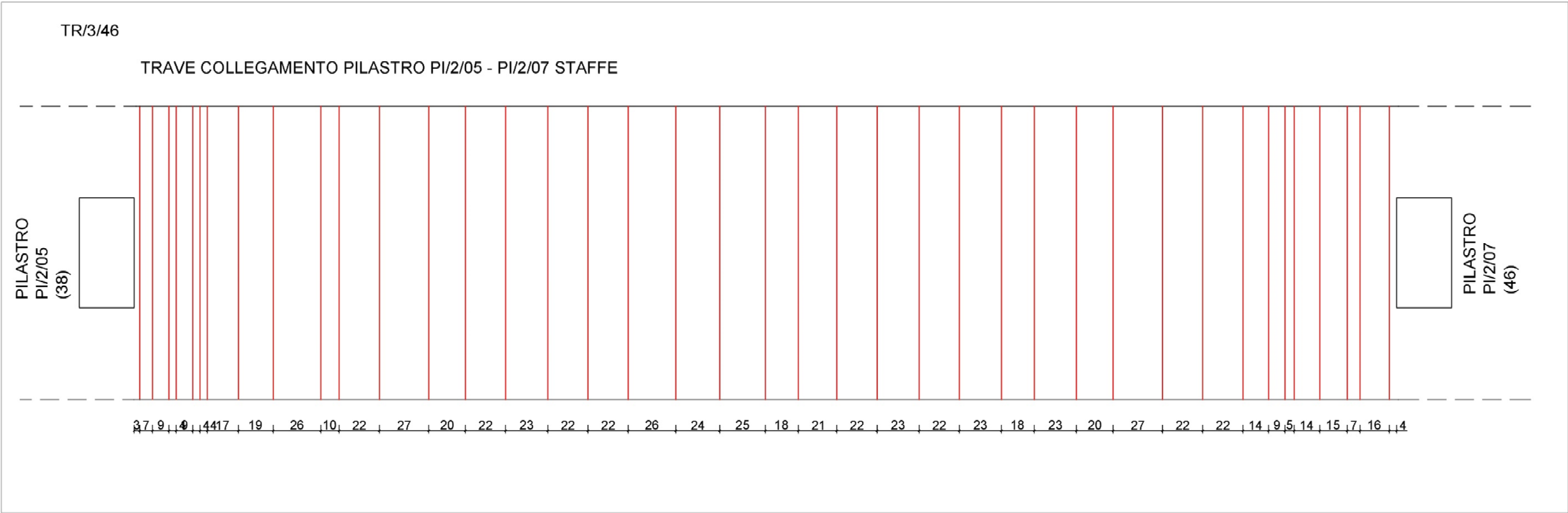




TR/3/46

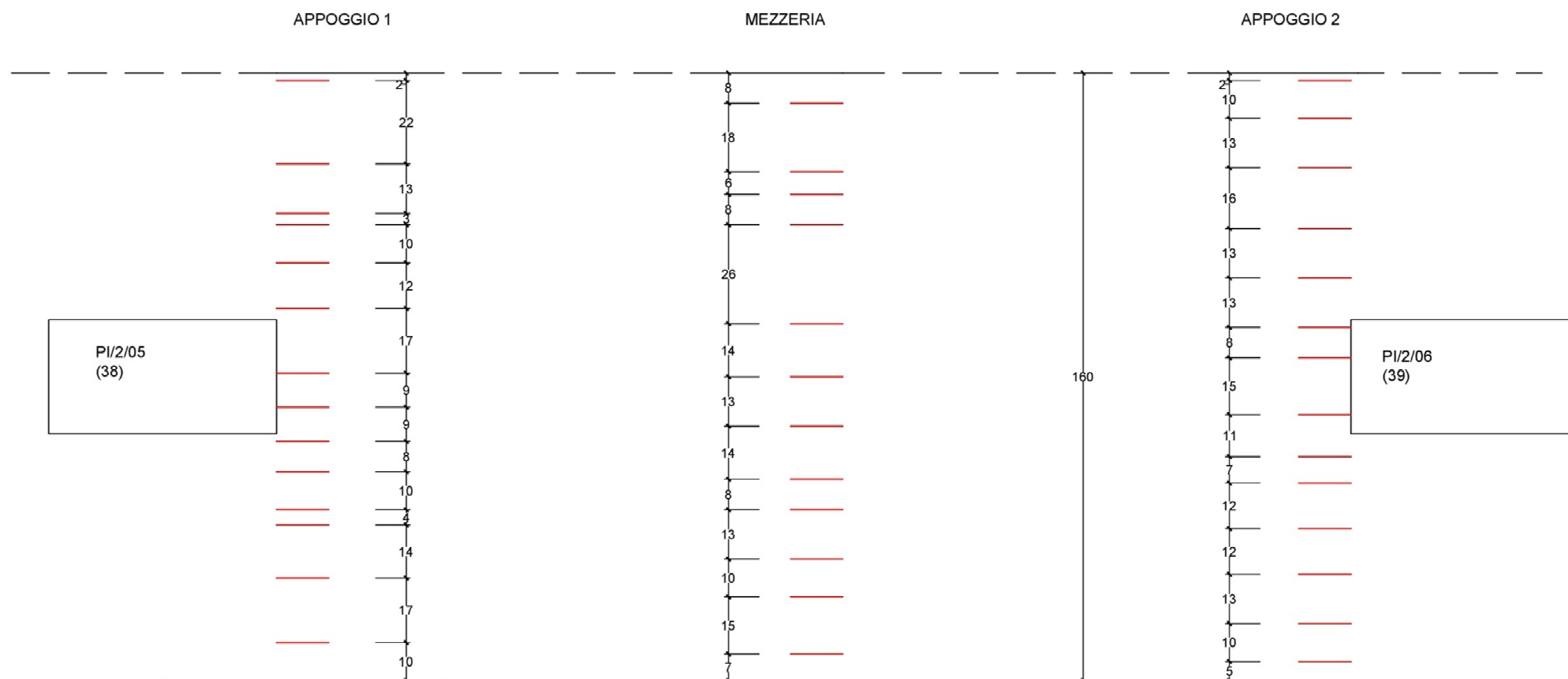
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/2/05 - PI/2/07 - BARRE LONGITUDINALI

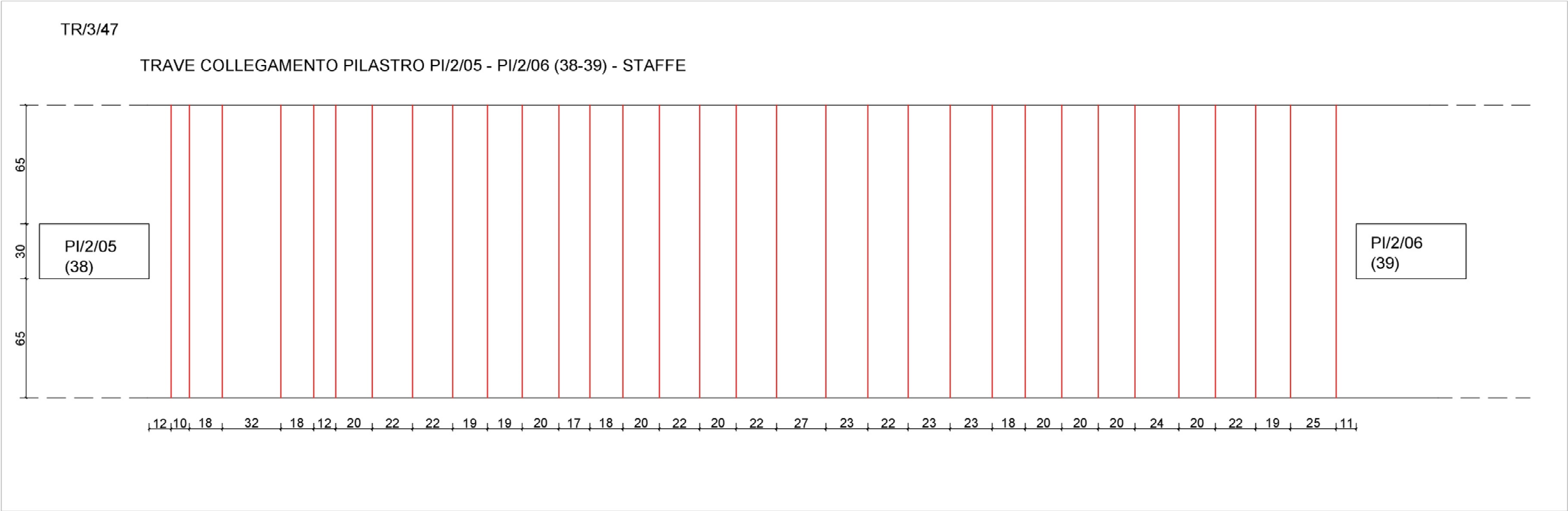




TR/3/47

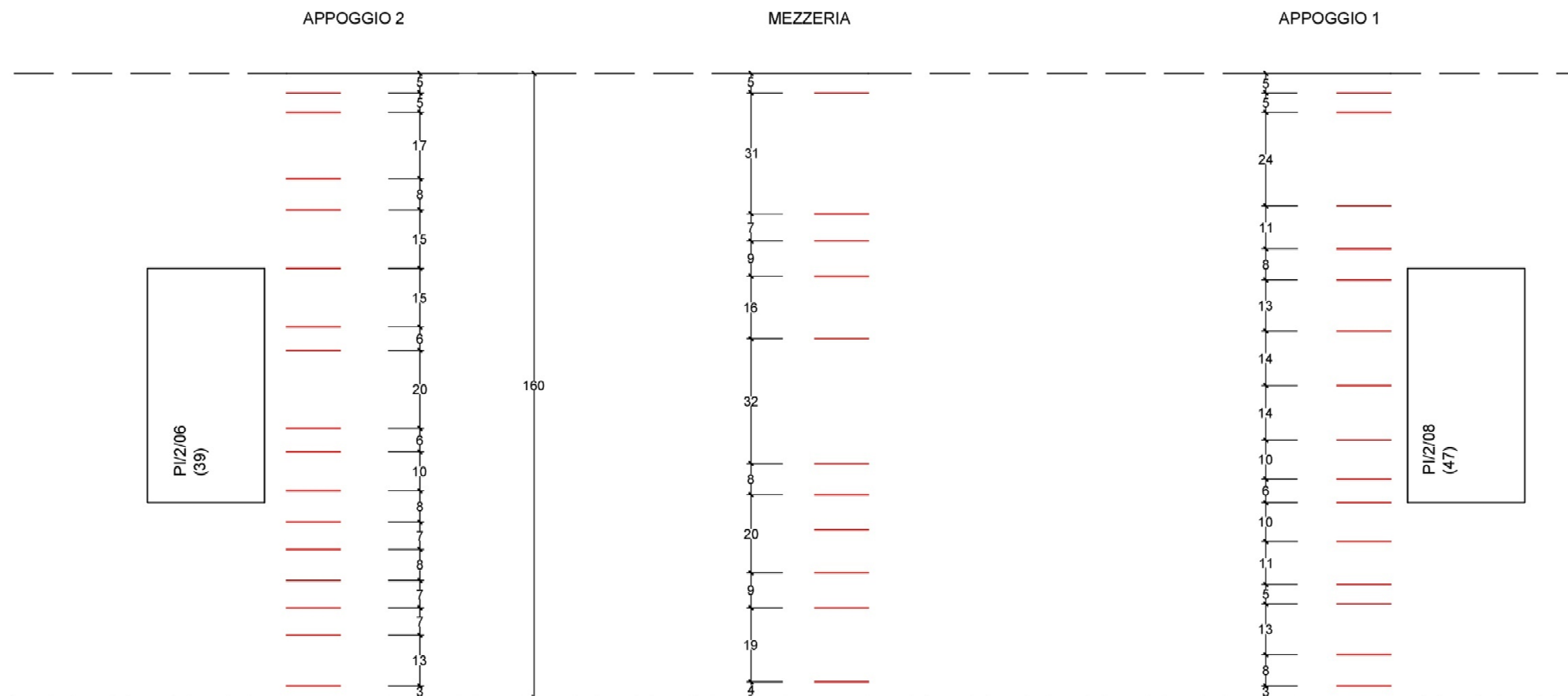
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/2/05 - PI/2/06 (38-39) - BARRE LONGITUDINALI

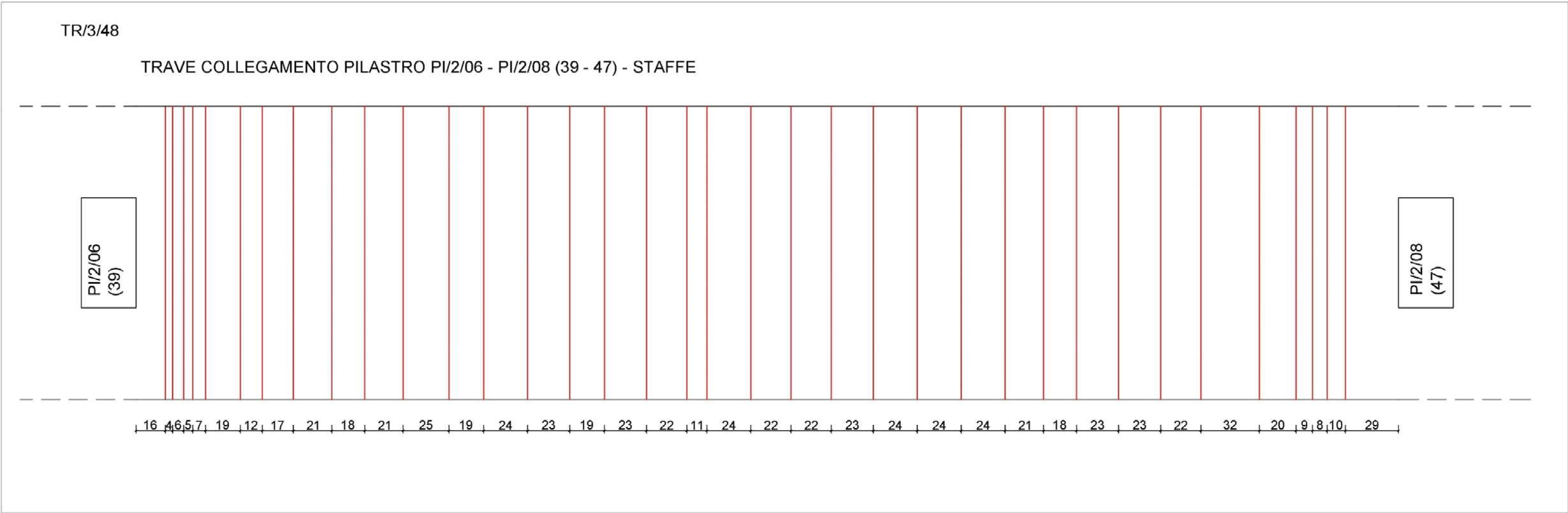




TR/3/48

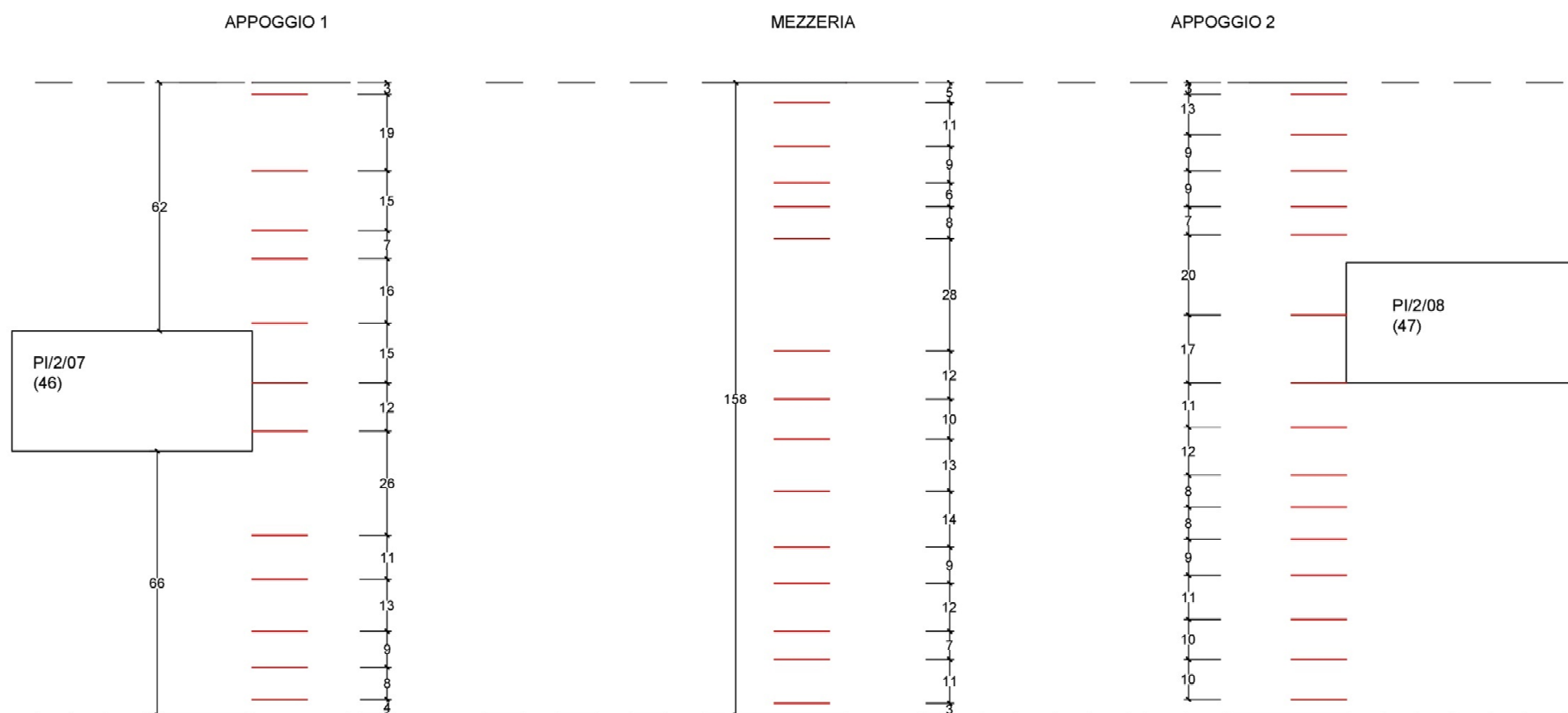
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/2/06/08 - PI/2/06 (47 - 39) - BARRE LONGITUDINALI

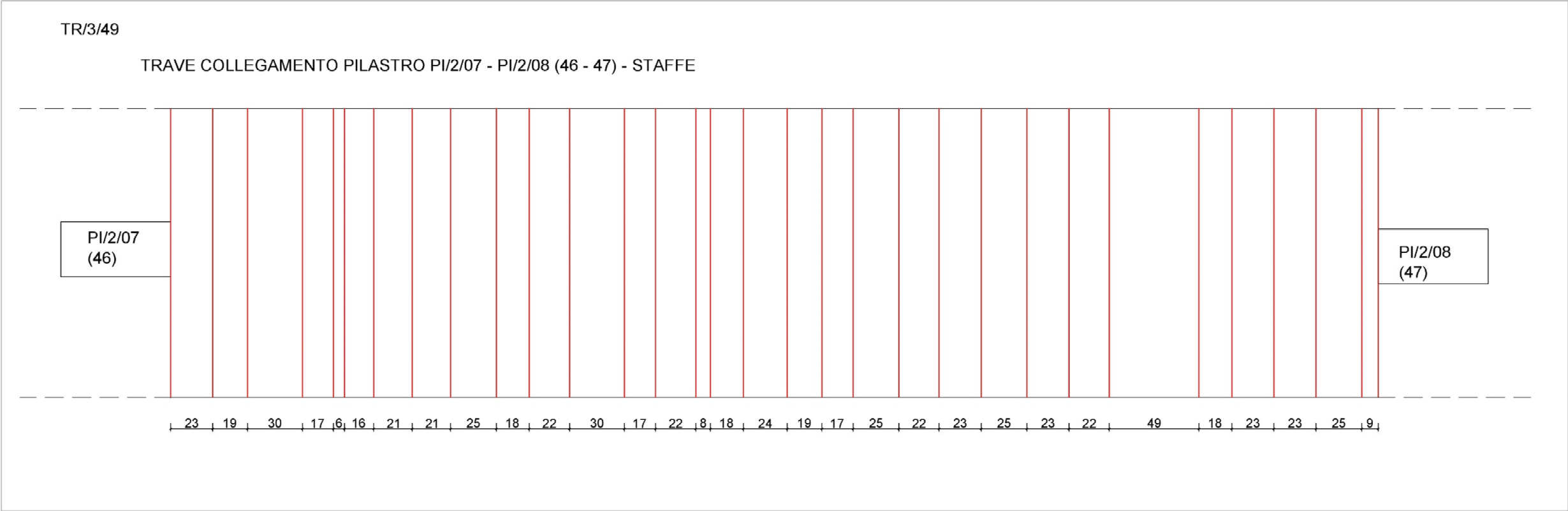




TR/3/49

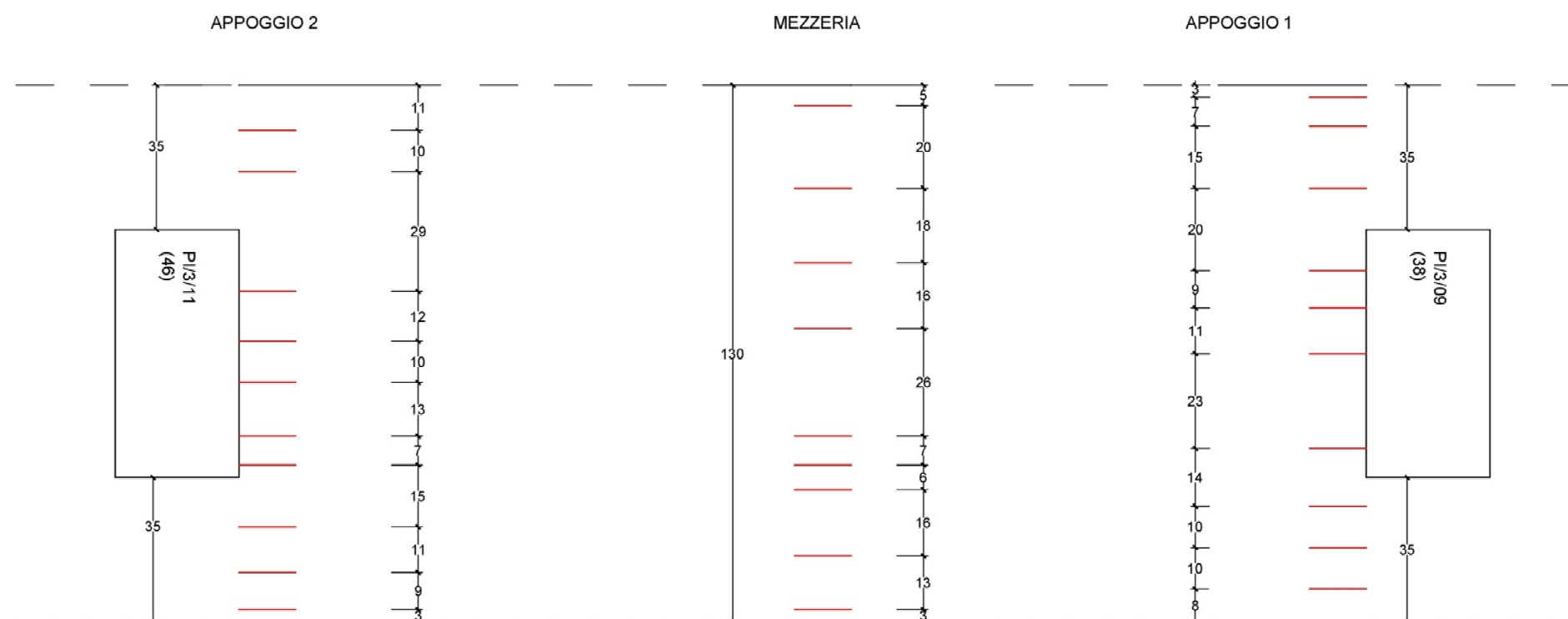
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/2/07 - PI/2/08 (46 - 47) - BARRE LONGITUDINALI





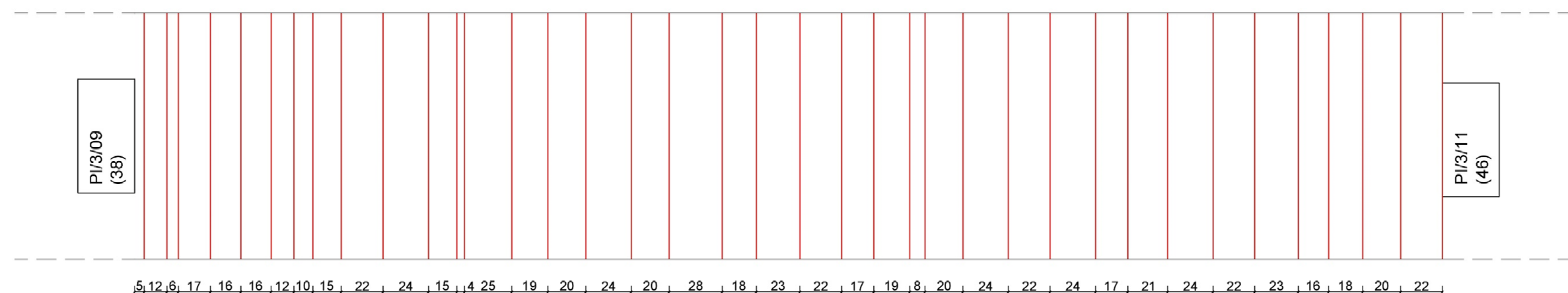
TR/C/50

TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/09 - PI/3/11 (38 - 46) - BARRE LONGITUDINALI



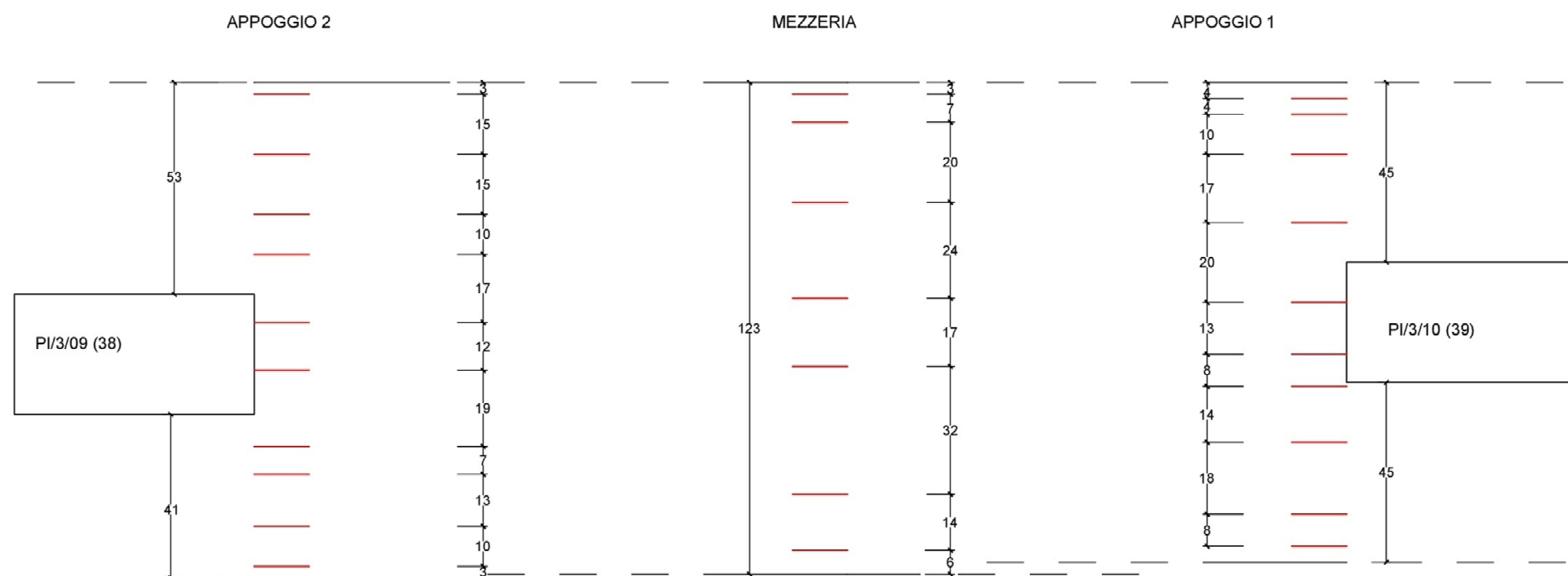
TR/C/50

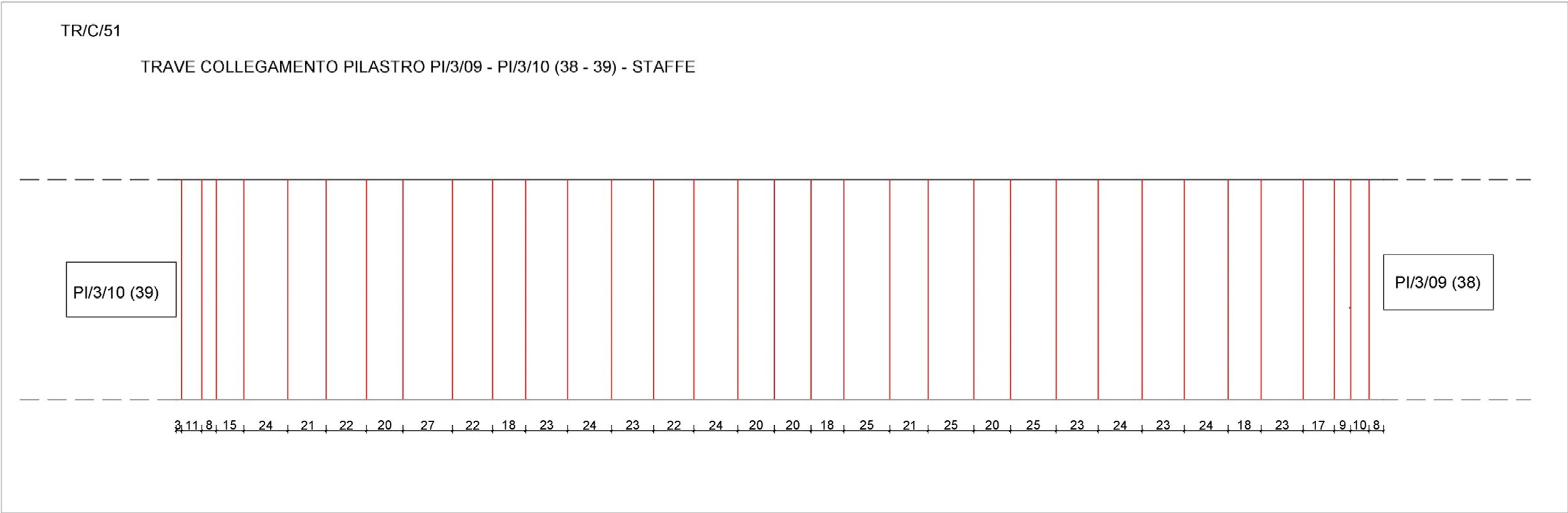
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/09 - PI/3/11 (38 - 46) STAFFE



TR/C/51

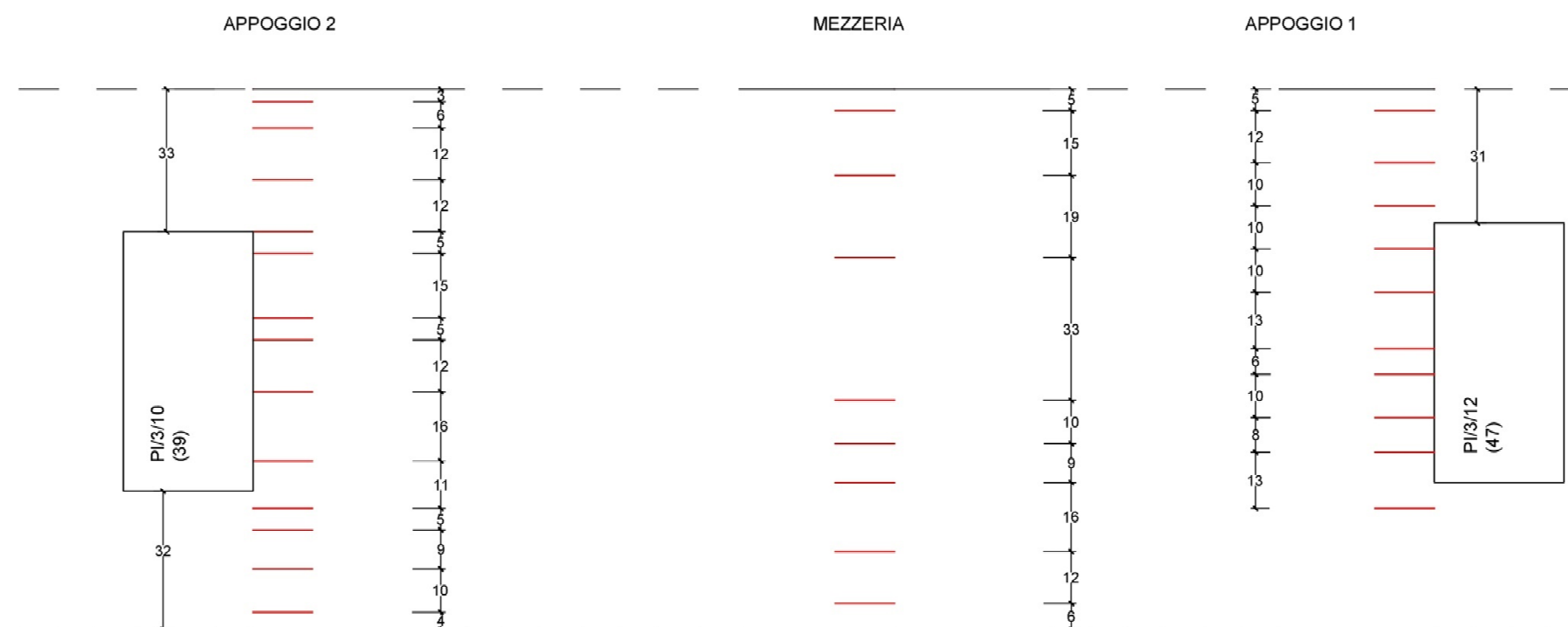
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/09 - PI/3/10 (38 - 39) - BARRE LONGITUDINALI

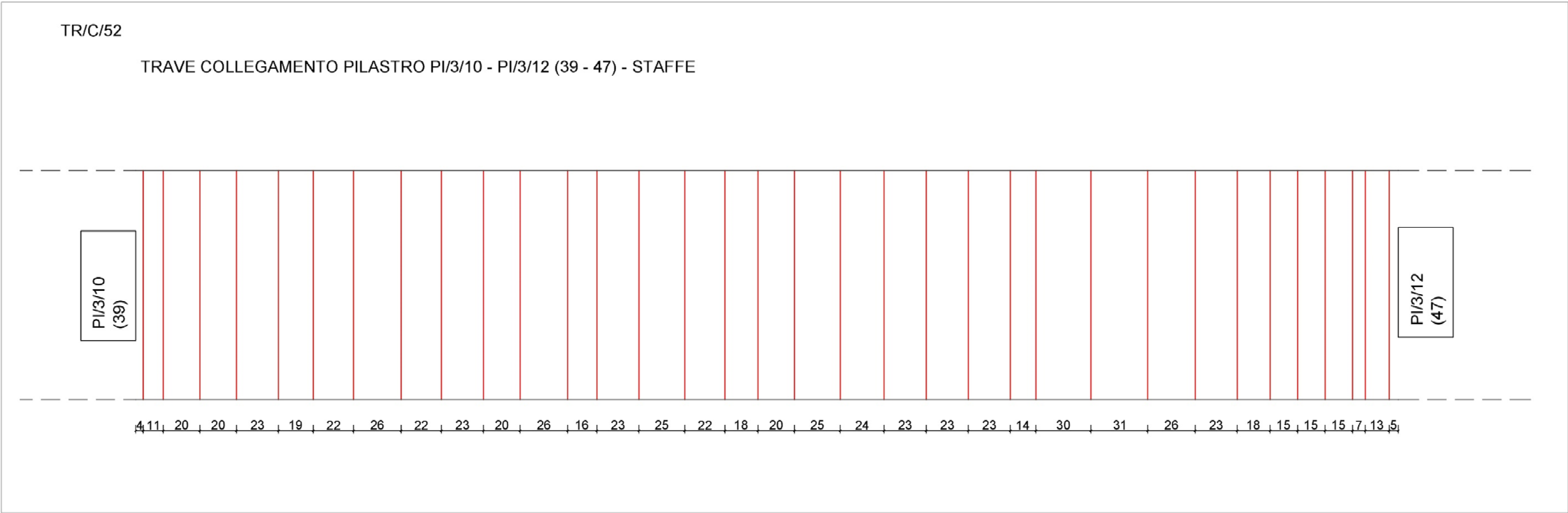




TR/C/52

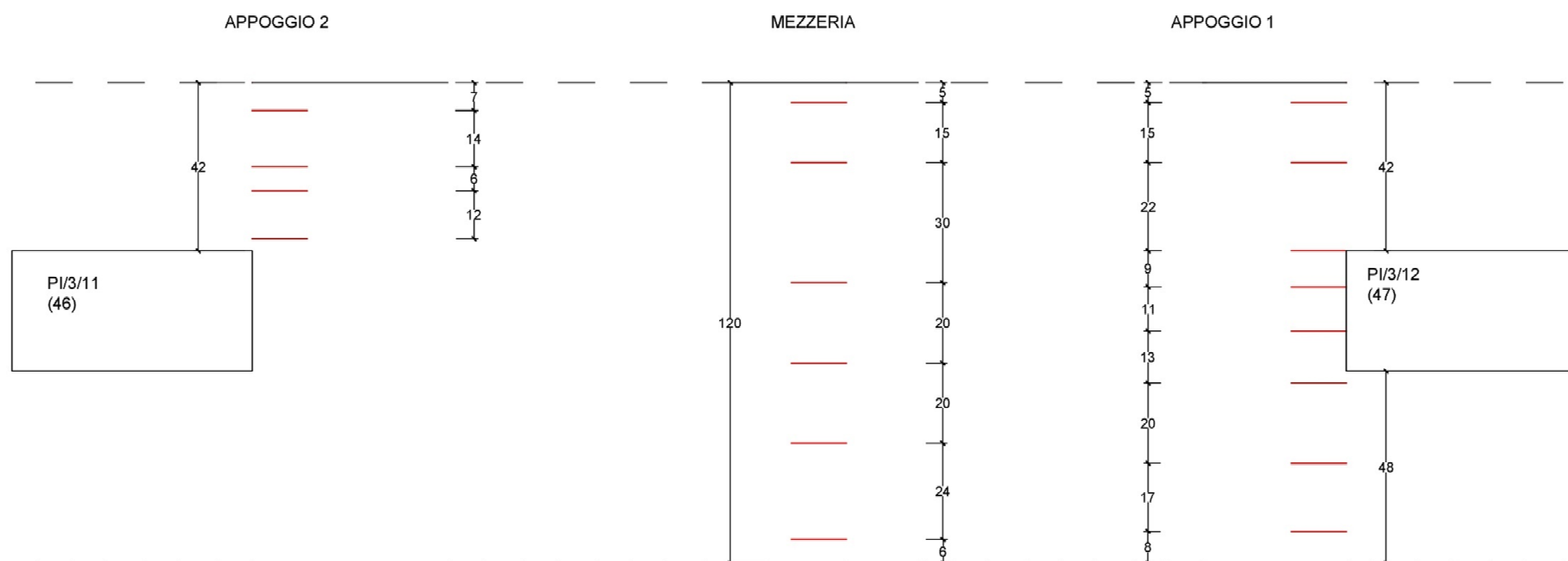
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/10 - PI/3/12 (39 - 47) - BARRE LONGITUDINALI





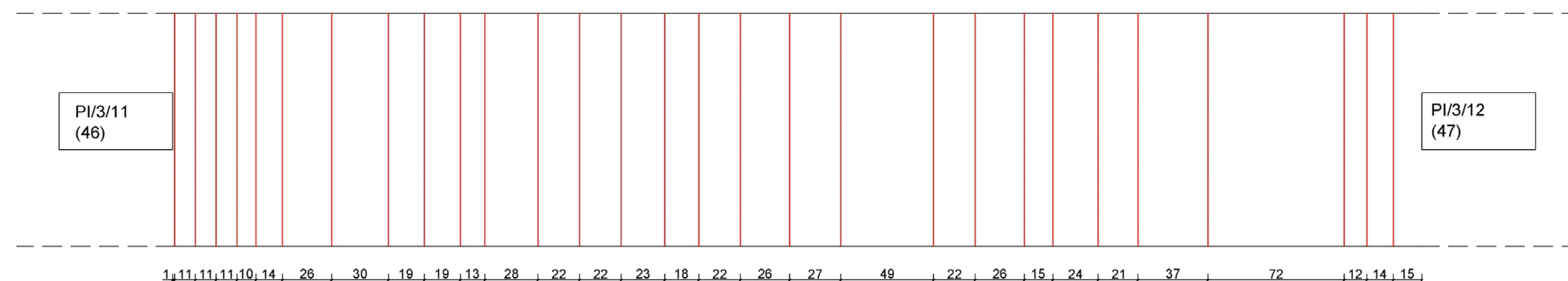
TR/C/53

TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/11 - PI/3/12 (46- 47) - BARRE LONGITUDIANALI



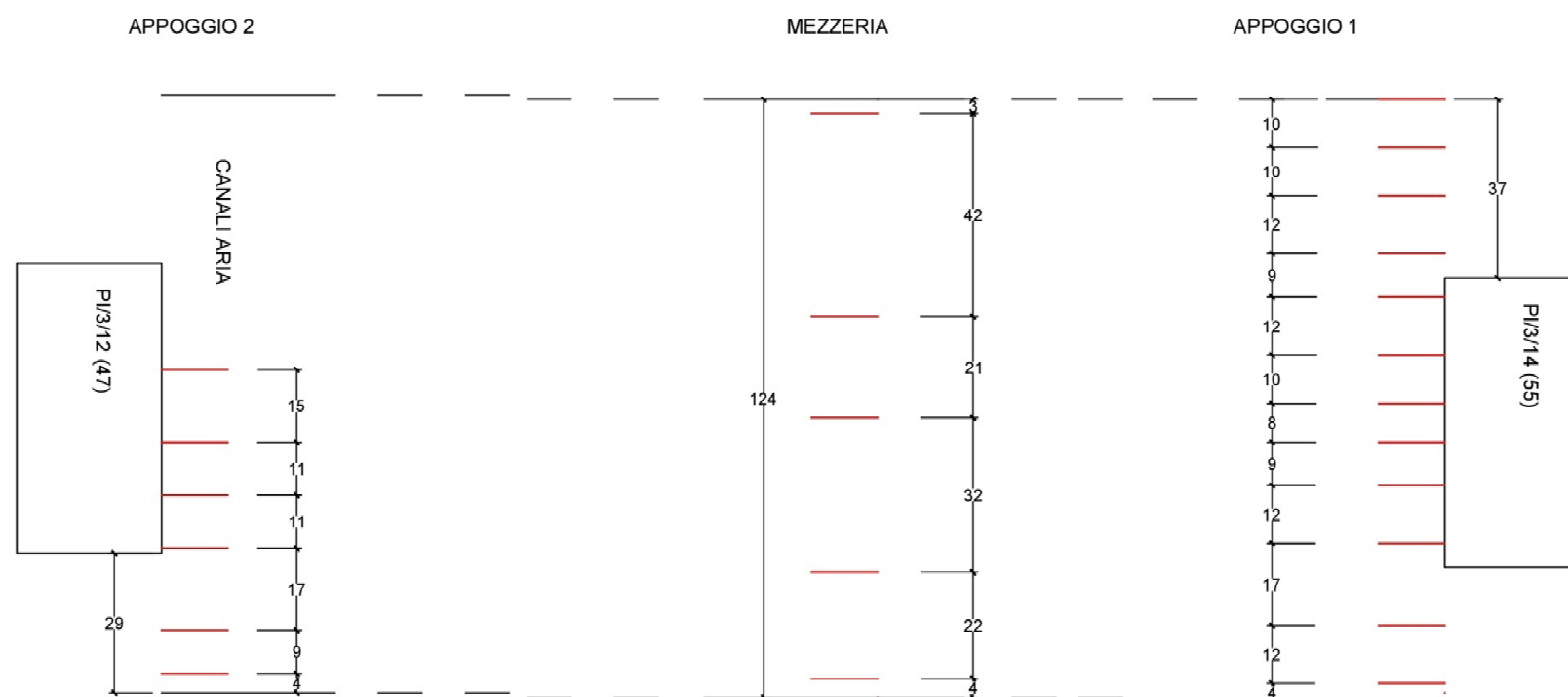
TR/C/53

TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/11 - PI/3/12 (46- 47) - STAFFE



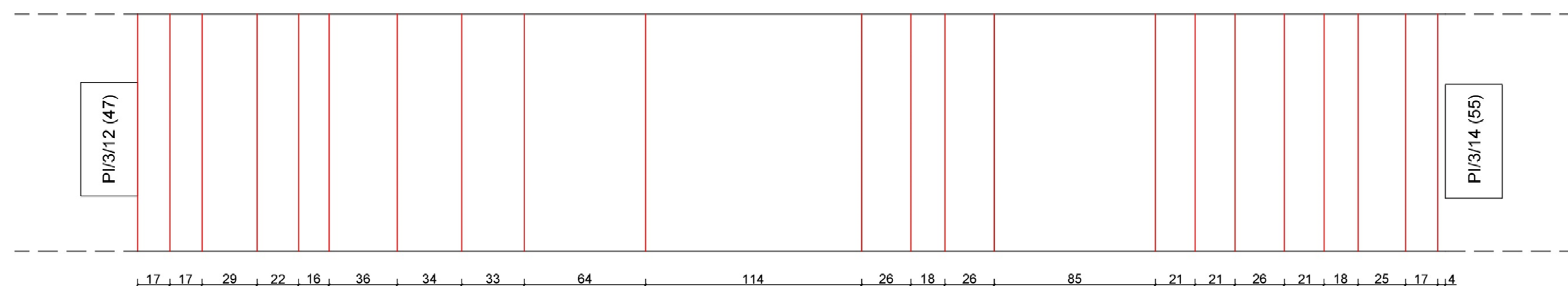
TR/C/54

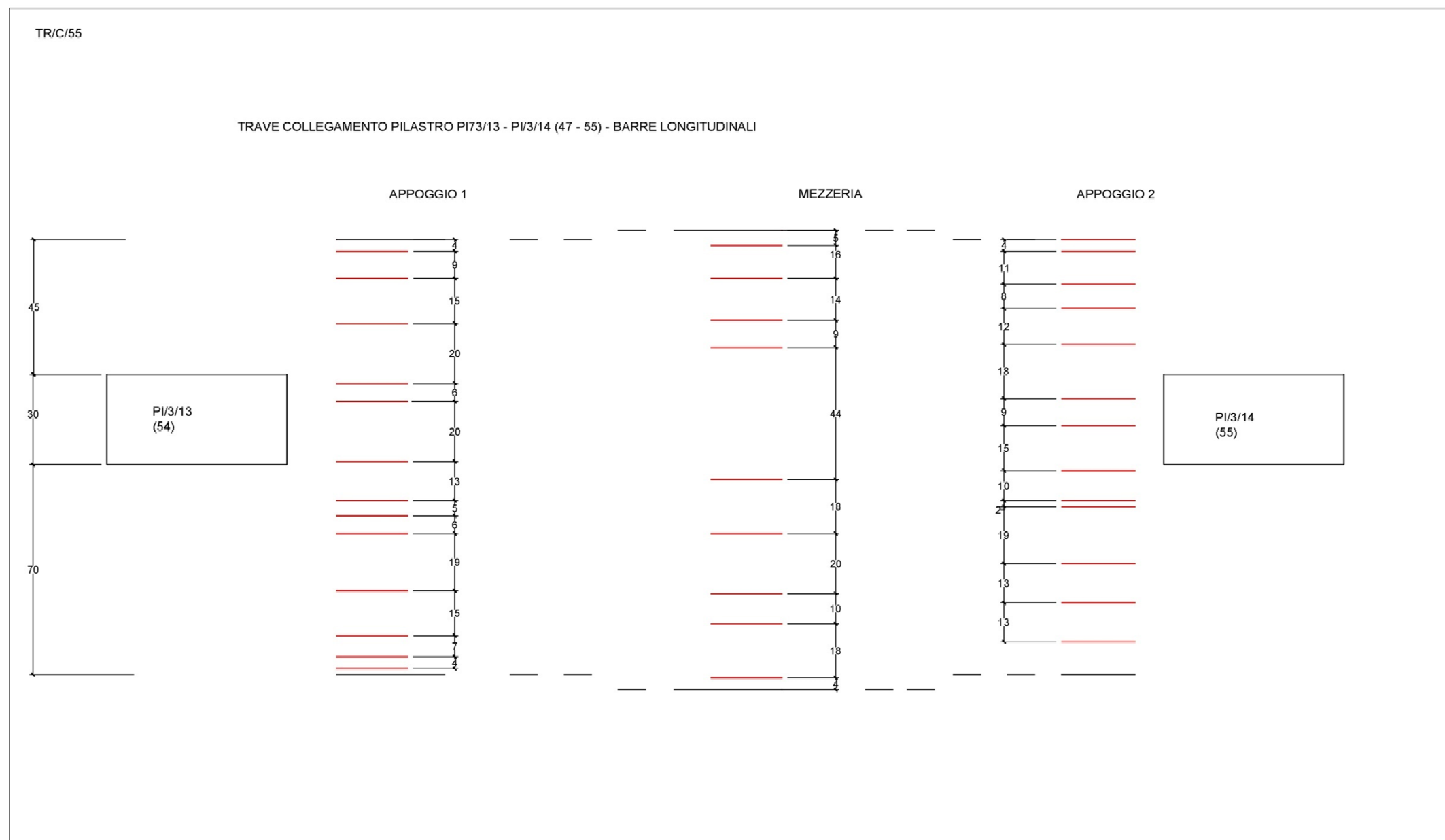
TRAVE COLLEGAMENTO PI/3/12 - PI/3/14 (47 - 55) - BARRE LONGITUDINALI



TR/C/54

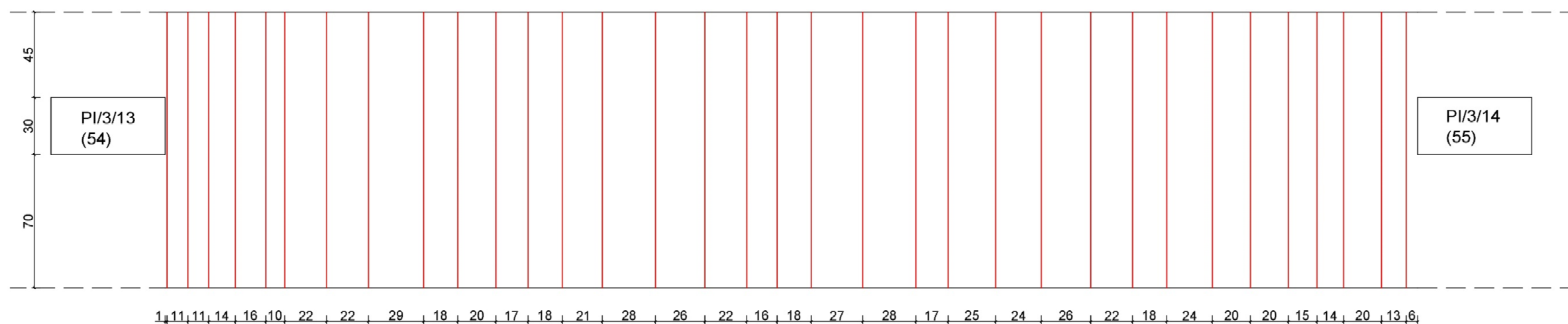
TRAVE COLLEGAMENTO PI/3/12 - PI/3/14 (47 - 55) - BARRE LONGITUDINALI





TR/C/55

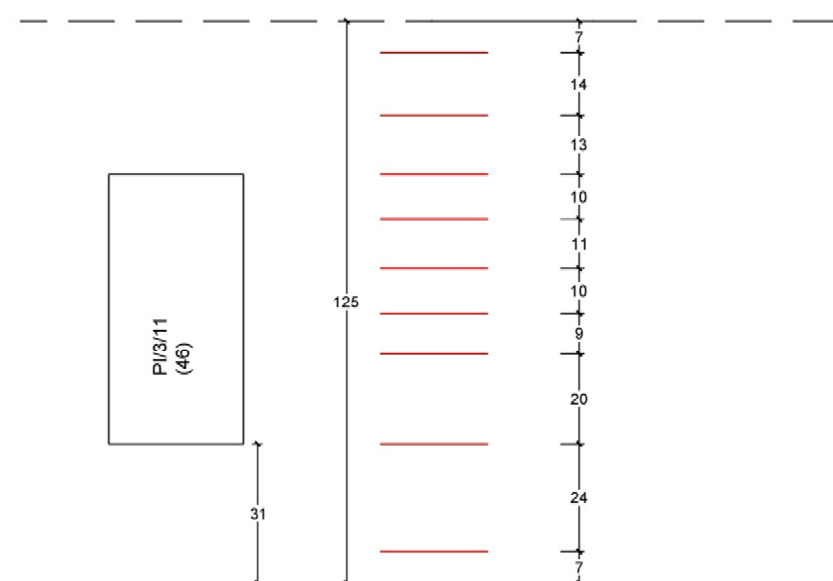
TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI73/13 - PI/3/14 (54 - 55) - STAFFE



TR/C/56

TRAVE COLLEGAMENTO PILASTRO PI/3/11 - PI/3/13 (46 - 54) - BARRE LONGITUDINALI

APPOGGIO 1





Zona M/2/57: indagine pacometrica per rilievo sistema di fissaggio dei pannelli esterni. Microdemolizione al terzo piano con la stessa finalità di cui sopra; ogni pannello è fissato nella sua parte sommitale su due profili tipo HEA140, a loro volta ancorati tramite bulloni sul solaio di calpestio.



Particolare della putrella HEA140 ancorata sul solaio di calpestio e fissaggio superiore tra putrella e pannello.

COMPRESSIONE E CARBONATAZIONE

Di seguito si riporta, in forma tabellare, il riepilogo dei risultati delle prove di compressione e carbonatazione realizzate sulle carote estratte. I certificati relativi ai prelievi e alle prove di compressione, eseguite dal Laboratorio Tecnologico Mantovano S.r.l., sono riportati in allegato.

IDENTIFICATIVO				PRELIEVO CAMPIONE CILINDRICO	
PIANO	ZONA	STRUTTURA	CAMPIONE	PROFONDITA' CARBONATAZIONE (mm)	RESISTENZA A COMPRESSIONE f_c DA PROVE DI LABORATORIO (N/mm^2)
PIANO 3	PI/3/10	PILASTRO	C2	8	48,5
PIANO 3	PI/3/15	PILASTRO	C1	10	37,0

Nota: dato il rapporto di compressione 1:1 (h/ϕ) il valore di f_c coincide con quello di R_c .

Si riportano alcune immagini relative ai campioni prelevati e alle diverse fasi di prelievo.



Campione prelevato dal pilastro PI/3/10 e ripristino a seguito del carotaggio sul pilastro PI/3/15.

INDAGINI SONREB

Vista l'impossibilità fisica di eseguire il carotaggio inizialmente previsto sulla parte sommitale di uno dei pilastri, si è deciso, in accordo con il progettista, di sostituire lo stesso con tre indagini SonReb.

Di seguito si riporta una tabella con le resistenze a compressione degli elementi in cls indagati con il metodo SonReb. Tale metodologia prevede la determinazione della resistenza attraverso una serie di formule empiriche redatte da diversi autori per differenti condizioni al contorno.

In particolare, nel presente lavoro i valori di resistenza calcolati con la formula redatta dal RILEM hanno un'ottima coincidenza con quelli relativi alle prove di compressione eseguiti in Laboratorio.

Il valore dell'indice di rimbalzo dello sclerometro utilizzato per il calcolo delle resistenze è stato diminuito del 10% per tener conto della carbonatazione.

IDENTIFICATIVO												SonReb / letteratura Rc - (N/mm ²)						
PIANO	ZONA	STRUTTURA	CONFIGURAZIONE	Distanza (cm)	Tempo (μs)	Velocità (m/s)	Velocità media (3 misure) (m/s)	Indice sclerometrico medio (12 battute)	Indice sclerometrico medio (per SonReb)	Cianfrone Facaoaru	RILEM	Gasparik	Del Monte Lavacchini Vignoli	Di Leo Pascare	Carota N.	Carota fc laboratorio (N/mm ²)		
PIANO 2	PI/2/05	PILASTRO	T	30,0	72,2	4155	4234	44	40	35,5	43,6	40,9	31,8	44,2	/	/		
					71,0	4225												
					69,4	4323												
PIANO 2	PI/2/06	PILASTRO	T	30,0	72,9	4115	4189	42	38	32,1	39,5	37,6	29,5	40,8	/	/		
					71,8	4178												
					70,2	4274												
PIANO 2	PI/2/07	PILASTRO	T	30,0	70,2	4274	4251	45	41	37,1	45,6	42,5	33,0	45,8	/	/		
					72,5	4138												
					69,1	4342												
PIANO 2	PI/2/08	PILASTRO	T	30,0	71,3	4208	4204	44	40	34,8	42,8	40,4	31,5	43,4	/	/		
					70,6	4249												
					72,2	4155												



Alcune fasi delle misure ultrasoniche e sclerometriche.

SOLAI – RISULTATI INDAGINI

RILIEVO TIPOLOGIA E ORDITURA SOLAI

In tabella si riportano i risultati relativi alle verifiche svolte sui solai tramite indagine visiva diretta, pacometrica e videoendoscopica.

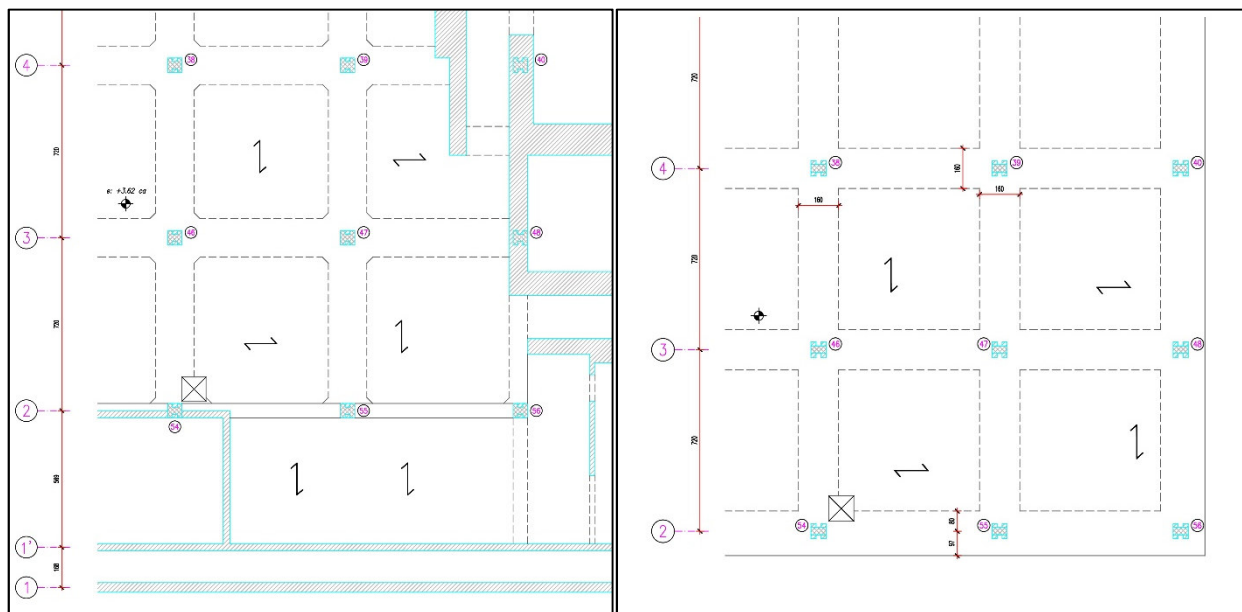
IDENTIFICATIVO			SOLAI	
PIANO	ZONA	STRUTTURA	STRATIGRAFIA / DESCRIZIONE SOLAIO	SPESSORE TOT. (cm)
IMPALCATO 1	SO/1/27	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 1	SO/1/28	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 1	SO/1/29	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 1	SO/1/30	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 1	SO/1/31	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 1	SO/1/32	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 2	SO/2/33	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 2	SO/2/34	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 2	SO/2/35	SOLAIO	Orditura e posizione pannelli solaio come da planimetria.	-
IMPALCATO 2	SO/2/36	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 2	SO/2/61	SOLAIO	Stratigrafia (da estradosso verso intradosso): Linoleum + colla sp. 0,8 cm Massetto sp. 15 cm Cappa sp. n.d.	-
IMPALCATO 3	SO/3/37	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO 3	SO/3/60	SOLAIO	Stratigrafia (da estradosso verso intradosso): Piastrille + colla sp. 1,5 cm Massetto sp. 13,5 cm Cappa sp. n.d.	-
IMPALCATO C	SO/C/38	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-
IMPALCATO C	SO/C/39	SOLAIO	Stratigrafia (da intradosso verso estradosso): Pignatte sp. 24 cm Cappa sp. 4 cm Massetto sp. 18 cm Guaina impermeabilizzante sp. 0,3 cm Intercapedine d'aria sp. 3 cm Plotte sp. 3 cm	-
IMPALCATO C	SO/C/40	SOLAIO	Confermati tipologia solaio e orditura come da tavole progettuali.	-



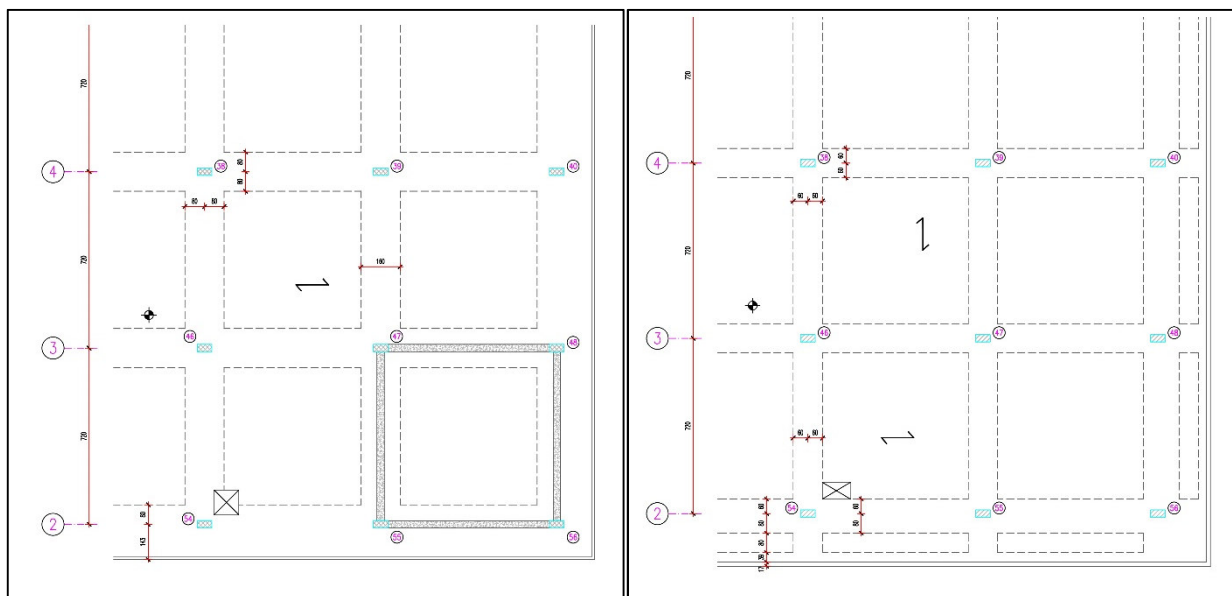
Realizzazione della forometria e successiva indagine videoendoscopica (Zona SO/2/61).



Rilievo visivo tipologia solai (Zona SO/1/30 e SO/1/28).

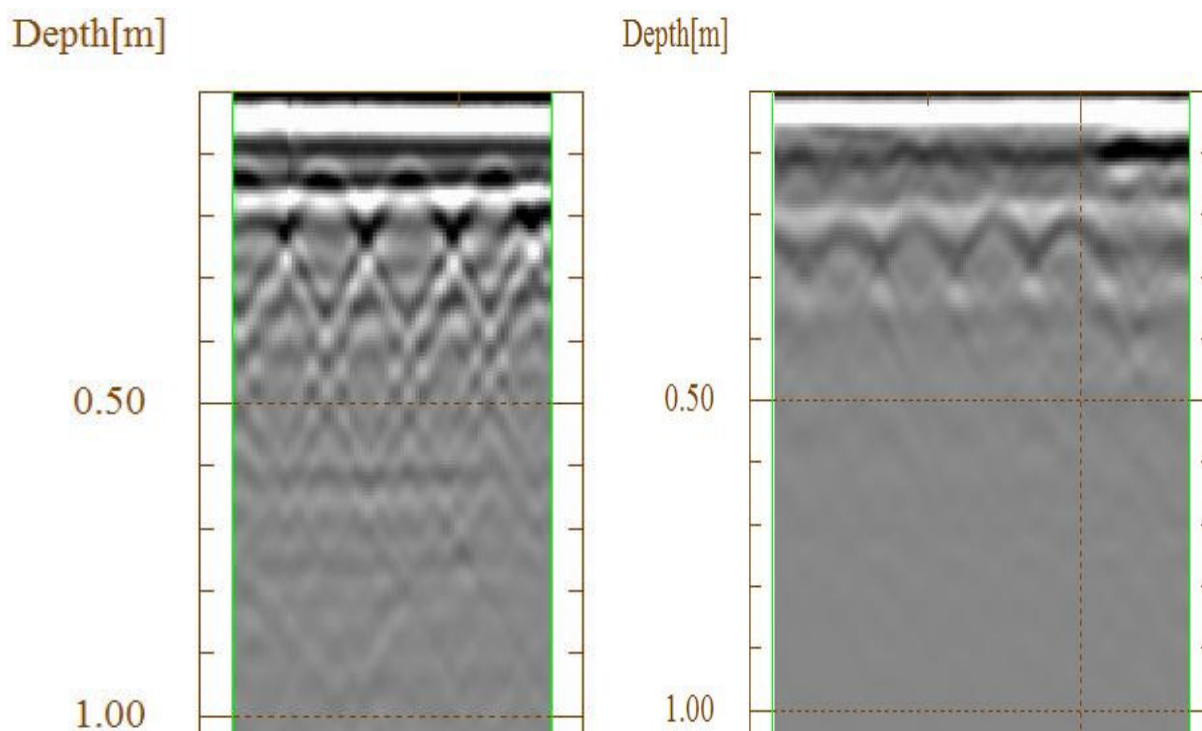


A sx: Impalcato 1: confermate orditure di progetto.
A dx: Impalcato 2: confermate orditure di progetto.



A sx: Impalcato 3: confermate orditure di progetto.
A dx: Impalcato di copertura: confermate orditure di progetto.

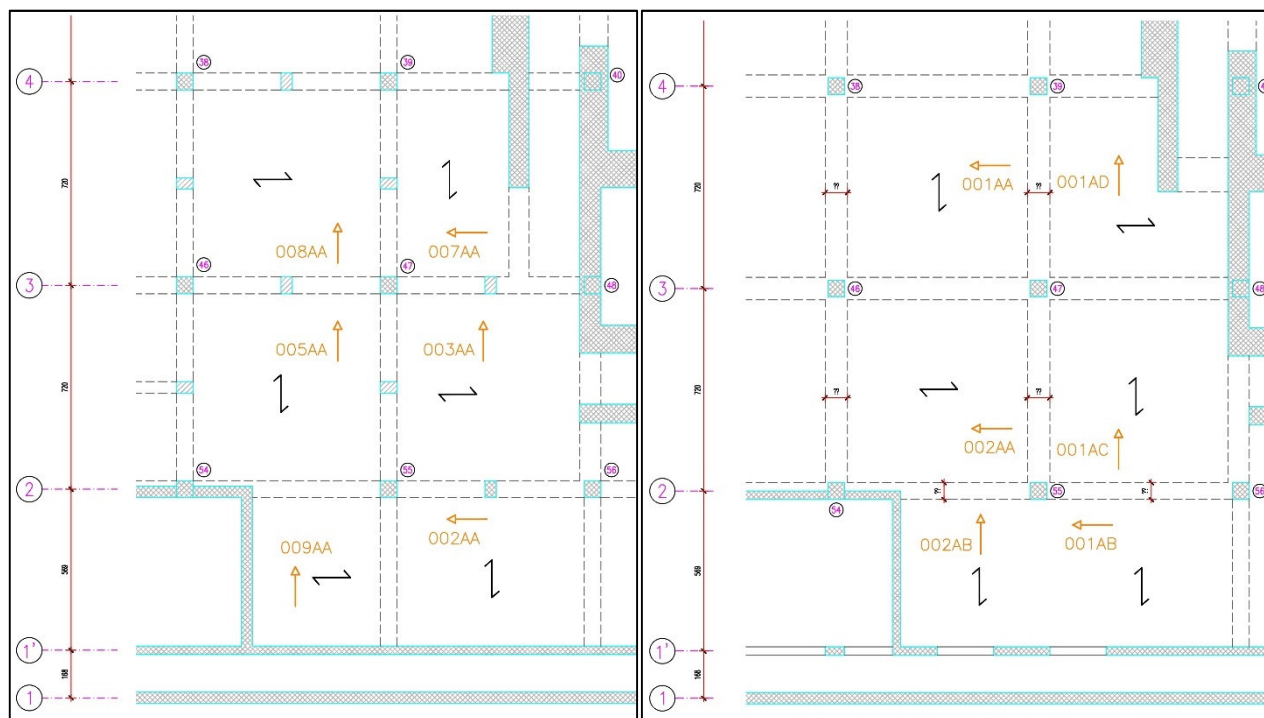
A seguire, invece, i risultati ottenuti tramite georadar e alcune immagini esemplificative.



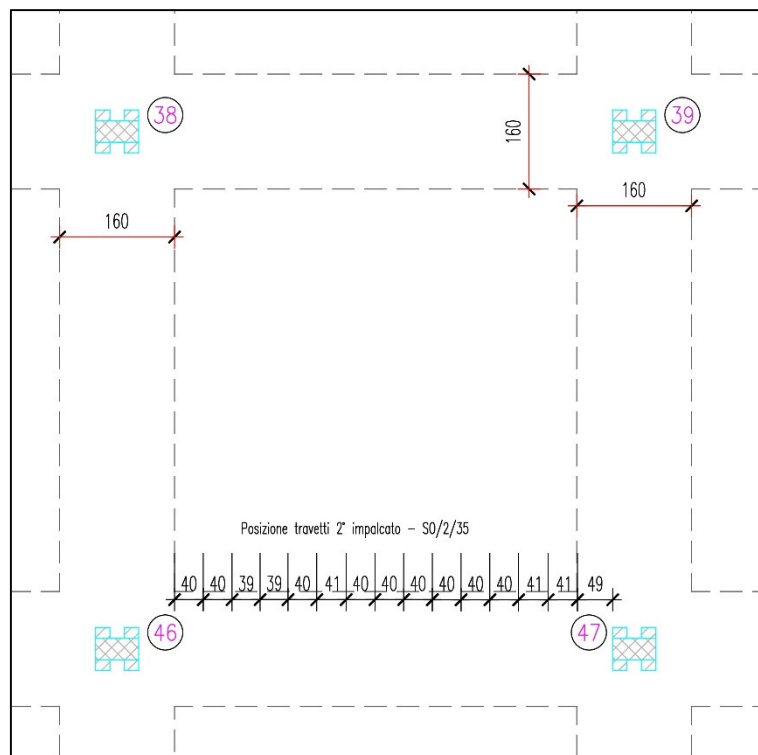
A sx: impalcato 0, solaio SO/0/26: strisciata 001AD.
A dx: Impalcato -1, solaio SO/-1/19: strisciata 008AA.



Alcune fasi delle indagini georadar (impalcato 0 e -1).



A sx: Impalcato -1: strisciate e orditure dedotte con georadar.
A dx: Impalcato 0: strisciate e orditure dedotte con georadar.



Posizione travetti sul solaio SO/2/35.

6. CERTIFICAZIONE PERSONALE

CICPND SERVIZI S.R.L.
SOCIETÀ A RESPONSABILITÀ
LIMITATA CON UNICO SOCIO

Via C. Pisacane, 48
20025 Legnano (MI)
Tel. +39 0331 545600
Fax +39 0331 543030

Web: www.cicpndservizi.com
E-mail: info@cicpndservizi.com
ammi@cicpndservizi.com
cert@cicpndservizi.com
Casella PEC: info@pec.cicpndservizi.com
C.F. e P.I. 08430380960
C.C.I.A.A. di Milano R.E.A. n° 2029083

UNI EN ISO
9001:2008
Member of the UNI EN ISO 9001:2008
Member of the UNI EN ISO 9001:2008

CERTIFICATO DI LIVELLO 3 **LEVEL 3 CERTIFICATE**

N° 451/CAP/C

Si certifica la qualificazione in Prove o Monitoraggio su Strutture in
Calcestruzzo, Calcestruzzo Armato e Precompresso, Muratura e
Strutture Metalliche al **LIVELLO 3**

*This is to certify qualification in Testing or Monitoring on Concrete,
Reinforced Concrete, Prestressed Concrete, Masonry and Metallic
Structures at the **LEVEL 3***

di / of

La Porta Massimiliano

nato a / born in **Trieste (TS)**

il / on **24 giugno 1971**

per le seguenti Prove / for the following Tests:

Ultrasonora (UT) - Sclerometrica (SC)

Il presente certificato viene rilasciato in conformità al Regolamento CICPND SERVIZI SRL n° 201
This certificate is issued according to CICPND SERVIZI SRL Regulations n° 201

Il Presidente del Comitato Tecnico
The President of Technical Committee

Dr. Ing. G. Porco

L'Amministratore Unico
The Administrator

Dr. Ing. M. Crepaldi

Data Delibera: 21/11/2018
Approval Date

Data Scadenza: 21/11/2023 C
Expiry Date



CICPND SERVIZI S.R.L.
SOCIETÀ A RESPONSABILITÀ
LIMITATA CON UNICO SOCIO

Via C. Pisacane, 46
20025 Legnano (MI)
Tel. +39 0331 545600
Fax +39 0331 543030

Web: www.cicpndservizi.com
E-mail: info@cicpndservizi.com
amm@cicpndservizi.com
cert@cicpndservizi.com
Casella PEC: info@pec.cicpndservizi.com
C.F. e P.I. 08439360960
C.C.I.A.A. di Milano R.E.A. n° 2026983



CERTIFICATO DI LIVELLO 3 **LEVEL 3 CERTIFICATE**

N° **452/CAP/C**

Si certifica la qualificazione in Prove o Monitoraggio su Strutture in Calcestruzzo, Calcestruzzo Armato e Precompresso, Muratura e Strutture Metalliche al **LIVELLO 3**

*This is to certify qualification in Testing or Monitoring on Concrete, Reinforced Concrete, Prestressed Concrete, Masonry and Metallic Structures at the **LEVEL 3***

di / of

La Porta Massimiliano

nato a / born in **Trieste (TS)**

il / on **24 giugno 1971**

per le seguenti Prove / for the following Tests:

Elettromagnetica (EL) - Di Estrazione (ES)

Il presente certificato viene rilasciato in conformità al Regolamento CICPND SERVIZI SRL n° 201
This certificate is issued according to CICPND SERVIZI SRL Regulations n° 201

Il Presidente del Comitato Tecnico
The President of Technical Committee

Dr. Ing. G. Porco

L'Amministratore Unico
The Administrator

Dr. Ing. M. Crepaldi

Data Delibera: 24/04/2019
Approval Date

Data Scadenza: 24/04/2024 C
Expiry Date





CICPND SERVIZI S.R.L.
SOCIETÀ A RESPONSABILITÀ
LIMITATA CON UNICO SOCIO

Via C. Pisacane, 46
20025 Legnano (MI)
Tel. +39 0331 545600
Fax +39 0331 543030

Web: www.cicpndservizi.com
E-mail: info@cicpndservizi.com
amm@cicpndservizi.com
cert@cicpndservizi.com
Casella PEC: info@pec.cicpndservizi.com
C.F. e P.I. 08439360960
C.C.I.A.A. di Milano R.E.A. n° 2026983



PRS N° 012C
SQG N° 064A
Membro degli Accordi di Riconoscimento EA, IAF e ILAC
Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

CERTIFICATO DI LIVELLO 3 **LEVEL 3 CERTIFICATE**

N° 477/CAP/C

Si certifica la qualificazione in Prove e/o Monitoraggio e/o
Manutenzione su Strutture in Calcestruzzo, Calcestruzzo Armato e
Precompresso, Muratura e Strutture Metalliche al **LIVELLO 3**

*This is to certify qualification in Testing and/or Monitoring and/or
Maintenance on Concrete, Reinforced Concrete, Prestressed Concrete,
Masonry and Metallic Structures at the **LEVEL 3***

di / of

La Porta Massimiliano

nato a / born in **Trieste (TS)**

il / on **24 giugno 1971**

per le seguenti Prove/Monitoraggio/Manutenzione / for the following
Tests/Monitoring/Maintenance:

**Indagini strutturali e non strutturali su solai, controsoffitti ed elementi ancorati
ai solai (SOL)**

Il presente certificato viene rilasciato in conformità al Regolamento CICPND SERVIZI SRL n° 201
This certificate is issued according to CICPND SERVIZI SRL Regulations n° 201

Il Presidente del Comitato Tecnico
The President of Technical Committee

Dr. Ing. G. Porco

L'Amministratore Unico
The Administrator

Dr. Ing. M. Crepaldi

Data Delibera: 31/01/2019
Approval Date

Data Scadenza: 31/01/2024 C
Expiry Date



7. CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO



L.T.M. Laboratorio Tecnologico Mantovano s.r.l.

AUTORIZZATO DAL MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI CON D.M. 23470 DEL 3.5.83 (L. 1086/71 ART. 20) E SUCCESSIVE PROROGHE ED AGGIORNAMENTI PER I SETTORI: LEGANTI IDRAULICI, CALCESTRUZZI, LATEROZILI ED ACCUM.

Via A. Pitentino, 12
46010 Levata di Curtatone (MN)
Tel. 0376 291712 - Fax 0376 293042
e-mail: info@labteeman.com
C.F. e P.I. 01293110209
Capitale Sociale € 11.440 i.v.
Registro Imprese di Mantova

SEZIONE CALCESTRUZZI

PROT. N. 820B/19

Verbale di accettazione N.

386B/19

del 11/09/19

Mantova,

12/09/19

RAPPORTO DI PROVA

Soggetto consegnatario:

RICHIEDENTE	: IN SITU SRL
INDIRIZZO	: Loc. Gropada, 117 - Trieste (TS)
NATURA DEI CAMPIONI	: Carote in calcestruzzo prelevate da struttura in opera
PROVA RICHIESTA	: Resistenza alla compressione - UNI EN 12390/3
CANTIERE DI PROVENIENZA	: MONFALCONE (GO) - OSPEDALE MONFALCONE - VERIFICHE STRUTTURALI SU STRUTTURA OSPEDALIERA

Determinazione della resistenza a compressione secondo UNI EN 12390/3

[illegible]

(*) $1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 10,2 \text{ Kg/cm}^2$

Prove eseguite secondo la normativa UNI EN 12390/3

Attrezzatura utilizzata: Pressa idraulica motorizzata "CONTROLS" da 3000 kN – mod. C50/51 - matricola 96113675 - Data ultima taratura: 17/05/19

OSSERVAZIONI :

Le facce di carico dei provini sono state preventivamente sottoposte a rettifica meccanica con mola diamantata.

Il presente rapporto di prova non è riproducibile, neppure parzialmente, senza autorizzazione scritta del Laboratorio.
Gli esiti in esso contenuti si riferiscono ai soli campioni sottoposti a prova

Il Tecnico Sperimentatore
Gozzi t.i.m. Fabio

Il Direttore del Laboratorio
dott. ing. *Giuliano Ferrari*

Pagina 1 di 1

8. SCHEDE DEI MATERIALI PER I RIPRISTINI STRUTTURALI

I ripristini strutturali sono stati eseguiti con i prodotti di seguito descritti dalle schede tecniche.

LINEA EDILIZIA / Geomalta Minerali per il Ripristino Monolitico del Calcestruzzo

GeoLite® 10

Geomalta® minerale certificata, eco-compatibile, a base di Geolegante® a reazione cristallina, per la passivazione, ripristino, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo degradato, ideale nel GreenBuilding. Bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici, esente da fibre organiche. Tixotropica, a presa rapida 10 min.

GeoLite® 10 è una geomalta® tixotropica per passivare, ripristinare, rasare e proteggere strutture in calcestruzzo armato quali travi, pilastri, solette, frontali, rampe, facciavista, elementi decorativi, cornicioni. Specifica per interventi con cestello, basse temperature e necessità di rapida messa in servizio. Verniciabile dopo 4 ore.



GREENBUILDING RATING®

GeoLite® 10

- Categoria: Inorganici Minerali
- Classe: Geomalta Minerali per il Ripristino Monolitico del Calcestruzzo
- Rating: Eco 4

eco4	CO ₂	LAQ	Recycling
Contenuto di cemento > 75%	Emissioni di CO ₂ < 100 kg	Dichiarazione ambiente ISO 14001	Riciclabile come minerale

GEOMALTA MINERALI METRO VELOCITÀ PER IL RIPRISTINO MONOLITICO

ECO NOTE

- A base di Geolegante®
- Ripristini eco-compatibili del calcestruzzo
- Bassissimo contenuto di polimeri petrolchimici
- Esente da fibre organiche
- Formulato con minerali regionali a ridotte emissioni di gas

sierra per il trasporto, a ridotte emissioni di CO₂.
- A bassissime emissioni di sostanze organiche volatili
- Riciclabile come inerte minerale evitando costi di smaltimento e impatto ambientale

PLUS PRODOTTO

- **GEOLEGANTE®**: Utilizzo esclusivo dell'innovativo Geolegante® KeraKoll a cristallizzazione gopolimerica rivoluziona le malte da ripristino del calcestruzzo garantendo livelli di sicurezza, inaltabili e performance di eco-compatibilità uniche.
- **MONOLITICA**: La prima geomalta® che consente la formazione di una massa monolitica in grado di avvolgere, proteggere e rinforzare opere in calcestruzzo armato senza la necessità di applicare pilastri sovrapposti. L'unica certificata per passivare, ricostruire, rasare, regolarizzare e proteggere in un unico strato.
- **CRISTALLIZZANTE**: I ripristini monolitici di GeoLite®, naturalmente stabili, si cristallizzano al calcestruzzo garantendo la durabilità di una roccia minerale.
- **VELOCE**: La prima geomalta® che richiede un solo giorno di lavoro per la realizzazione di un ripristino completo, contro i sei giorni richiesti dai cicli delle tradizionali malte da ripristino da eseguirsi in più strati.
- **TAILORED**: La prima linea di geomalta a tempi di presa differenziati (10-40-100 min.) miscelabili fra loro per personalizzare i tempi di presa in funzione delle condizioni di cantiere.



CAMPI D'APPLICAZIONE

Destinazione d'uso

Passivazione, ripristino localizzato e generalizzato, rasatura e protezione monolitica di strutture in calcestruzzo armato quali travi, pilastri, solette, frontali, rampe, facciavista, elementi decorativi, cornicioni e opere infrastrutturali. Malta rapida idonea per fissaggi in genere quali: zanche, crociani, controtelai, sanitari, tubazioni, pali, ringhieri. Specifica per interventi con cestello, basse temperature, necessità di rapida messa in servizio. Ideale nel GreenBuilding e nel Restoro dell'Architettura Moderna.

INDICAZIONI D'USO

Preparazione dei supporti

Prima di applicare GeoLite® 10 occorre innuvidire il substrato in calcestruzzo (spessore di almeno 5 mm) mediante scarifica meccanica o idrodemolizione, provvedendo all'asportazione in profondità dell'eventuale calcestruzzo ammalorato; successivamente è necessario rimuovere la ruggine dai ferri d'armatura, che dovranno essere puliti mediante spazzolatura (manuale o meccanica) o sabbatura. Si procederà quindi alla pulizia del substrato, eliminando qualsiasi residuo di polvere, grasso, oli e altre sostanze contaminanti con aria compressa o idropulitrice, e alla bagnatura a rifiuto fino ad ottenere un substrato saturo, ma privo di acque liquide in superficie. In alternativa, l'applicazione di GeoLite® Base, su ogni tipo di sottofondo, garantisce un regolare assorbimento e favorisce la naturale cristallizzazione della geomalta®. Prima di applicare GeoLite® 10 verificare l'idoneità della classe di resistenza del calcestruzzo di supporto. **Ripristi a spessore su superfici estese**: si richiede l'applicazione di un'armatura (rete elettrosaldata o tondino) ancorata al supporto mediante tassellatura.

KeraKoll GeoLite® 10, C-EM, 12/15/20/30/40

KERA KOLL
The GreenBuilding Company

INDICAZIONI D'USO

Preparazione

GeoLite® 10 si prepara mescolando 25 kg di polvere con l'acqua indicata sulla confezione (è consigliabile utilizzare l'intero contenuto di ogni sacco). La preparazione dell'impasto può essere effettuata in secchio utilizzando un trapano con frusta a basso numero di giri, fino ad ottenere una malta omogenea e priva di grumi.

Conservare il materiale al riparo da fonti di umidità e in luoghi protetti dall'insolazione diretta.

Applicazione

Per il ripristino localizzato e/o generalizzato, che prevede l'applicazione di GeoLite® 10 in spessori variabili da 2 a 40 mm (max per strato), applicare la malta manualmente a cazzuola.

Per la realizzazione di una rasatura protettiva, applicare GeoLite® 10 manualmente (con spatola d'acciaio) in spessori non inferiori a 2 mm. Curare la stagionatura umida delle superfici per almeno 24 ore.

Pulizia

La pulizia degli attrezzi e delle macchine da residui di GeoLite® 10 si effettua con acqua prima dell'indurimento del prodotto.

VOCE DI CAPITOLATO

Passivazione, ripristino localizzato o generalizzato monolitico a spessore centimetrico di elementi di strutture in calcestruzzo degradato, rasatura monolitica protettiva a spessore millimetrico, mediante applicazione manuale di geomalt® minerale certificata, eco-compatibile, idrorepellente, a presa rapida (10 min.), a base di Geogigante® e zirconia a reazione cristallina, a bassissimo contenuto di polimeri petrochimici ed esente da fibre organiche, specifica per la passivazione, il ripristino, la rasatura e la protezione monolitica a durabilità garantita di strutture in calcestruzzo, tipo GeoLite® 10 di Kerakoll® Spa, GreenBuilding Rating® Eco 4, provvista di marcatura CE e conforme ai requisiti prestazionali richiesti dalla Norma EN 1504-7 per la passivazione delle barre di armatura, dalla EN 1504-3, Classe R4, per la ricostruzione volumetrica e la rasatura e dalla EN 1504-2 per la protezione delle superfici e in accordo ai Principi 2, 3, 4, 5, 7, 8 e 11 definiti dalla EN 1504-8.

DATI TECNICI SECONDO NORMA DI QUALITÀ KERAKOLL

Aspetto	polvere	
Massa volumica apparente	1340 kg/m ³	UEAtc
Natura mineralogica aggregata	silice - carbonatica	
Intervallo granulometrico	0 - 0,5 mm	EN 12192-1
Conservazione	+ 6 mesi nella confezione originale in luogo asciutto	
Confezione	sacchi 25 / 5 kg	
Acqua d'impasto	= 4,5 l / 1 sacco 25 kg - = 0,9 l / 1 sacco 5 kg	
Spandimento dell'impasto	140 - 160 mm	EN 13395-1
Massa volumica dell'impasto	= 2550 kg/m ³	
pH dell'impasto	≥ 12,5	
Inizio / Fine presa	= 8 - 10 min. [= 22 - 25 min. a +5 °C] - [= 3 - 4 min. a +30 °C]	
Temperatura di applicazione	da +5 °C a +40 °C	
Spessore minimo	2 mm	
Spessore massimo per strato	40 mm	
Rasa	= 17,5 kg/m ² per cm di spessore	

Rilevazione dati a +21 °C di temperatura, 80% d.A. e assenza di ventilazione.

Modificata da 10 Class. 12/03/2017/05

KERAKOLL
The GreenBuilding Company

PERFORMANCE				
HIGH-TECH				
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-7	Prestazione GeoLite® 10	
Protezione dalla corrosione	EN 15183	nessuna corrosione	specificata superata	
Adesione per taglio	EN 15184	≥ 80% del valore della barra nuda	specificata superata	
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-3 classe R4	GeoLite® 10 Prestazione in condizioni CC e PCC alla temperatura di:	
			+5 °C	
			+21 °C	
Resistenza a compressione	EN 12190	≥ 45 MPa (28 gg)	> 6 MPa (4 h)	> 10 MPa (4 h)
			> 12 MPa (24 h)	> 20 MPa (24 h)
			> 20 MPa (7 gg)	> 30 MPa (7 gg)
			> 40 MPa (28 gg)	> 45 MPa (28 gg)
Resistenza a trazione per flessione	EN 106/1	nessuno	> 3 MPa (4 h)	> 4 MPa (4 h)
			> 4 MPa (24 h)	> 6 MPa (24 h)
			> 5 MPa (7 gg)	> 7 MPa (7 gg)
			> 6 MPa (28 gg)	> 8 MPa (28 gg)
Legame di adesione	EN 1542	≥ 2 MPa (28 gg)	> 2 MPa (28 gg)	
Resistenza alla carbonatazione	EN 13295	profondità di carbonatazione < calcestruzzo di riferimento [MC 10.45]	specificata superata	
Modulo elastico a compressione	EN 13412	≥ 20 GPa (28 gg)	21 GPa (28 gg)	
Compatibilità termica ai cicli di gelo-disgelo con sali disgelanti	EN 13687-1	forza di legame dopo 50 cicli ≥ 2 MPa	> 2 MPa	
Assorbimento capillare	EN 13057	≤ 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{0,5}	< 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{0,5}	
Contenuto ioni cloruro (determinato sul prodotto in polvere)	EN 1015-17	≤ 0,05%	< 0,05%	
Reazione al fuoco	EN 13501-1	Euroclasse	A1	
Caratteristica prestazionale	Metodo di prova	Requisiti richiesti EN 1504-2 (C)	Prestazione GeoLite® 10	
Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 7783-2	classe di riferimento	Classe I, $\mu_s < 5$ m	
Assorbimento capillare e permeabilità all'acqua	EN 1062-3	$w < 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{0,5}$	$w < 0,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{0,5}$	
Forza di adesione per trazione diretta	EN 1542	≥ 0,8 MPa	> 2 MPa	
Ritiro lineare	EN 12671-1	≤ 0,3%	< 0,3%	
Coefficiente di espansione termica	EN 1770	$\alpha_t \leq 30 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	$\alpha_t < 30 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$	
Resistenza all'abrasione	EN ISO 5470-1	perdita di peso < 3000 mg	specificata superata	
Adesione in seguito a shock termico	EN 13687-2	≥ 2 N/mm ²	> 2 N/mm ²	
Resistenza all'urto	EN ISO 6272-1	classe di riferimento	Class III : ≥ 20 Nm	
Sostanze pericolose		conformi al punto 5.4		
QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA (IAQ) VOC : EMISSIONI SOSTANZE ORGANICHE VOLATILI				
Conformità	EC 1-R plus GEV-Emissioncode		Cert. GEV 3540/11.01.02	
LEED®				
LEED® Contributo Punti *	Punti LEED®			
MIR Credito 4 Contenuto di Riciclati	fino a 2			
MIR Credito 5 Materiali Regionali	fino a 2			
QI Credito 4.1 Materiali Basso Emissivi	fino a 1			
* LEED® è un sistema di misura delle prestazioni ambientali nel settore edile certificato, che misura il rispetto di standard di sostenibilità da parte dei costruttori e dei fornitori di prodotti edili. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di punti ottenuti. I punteggi sono attribuiti in base al numero di				

Modulo GeoLite® 10 Class. 12/18/2017/05

KERA KOLL
The GreenBuilding Company

AVVERTENZE

- **Prodotto per uso professionale**
- attenersi alle norme e disposizioni nazionali
- operare a temperature comprese tra +5 °C e +40 °C
- non aggiungere leganti e additivi all'impasto
- non applicare su superfici sporche e incombenti
- non applicare su gesso, metallo o legno
- dopo l'applicazione, proteggere dal sole battente e dal vento
- curare la stagionatura umida del prodotto nelle prime 24 ore
- in caso di necessità richiedere la scheda di sicurezza
- per quanto non previsto consultare il Kerakoll Worldwide Global Service 0536.811.516 - globalservice@kerakoll.com

Downloaded at: 11:03 11 June 2009

Foto: redazione di Enzo Angeli - Imagoeconomica; Sergio Marini - L'Espresso



KERA KOLL
The GreenBuilding Company

KERAKOLL S.p.A.
Via dell'Argentario, 9 - 41049 Sassuolo (MO) Italy
Tel. +39 0536 816 511 - Fax +39 0536 816 531
info@kerakoll.com - www.kerakoll.com

9. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- Legge 5-11-1971 n. 1086. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e a struttura metallica
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI – 02/1998 – LINEA GUIDA – Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.
- UNI EN 12504-1:2009 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione
- D.P.R. 6 giugno 2001 n. 380 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A)" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 245 del 20 ottobre 2001 – Supplemento Ordinario n. 239 (Rettifica G.U. n. 47 del 25 febbraio 2002)
- UNI EN 12390-4:2002 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza alla compressione. Specifiche per macchine di prova.
- UNI EN 12504-4:2005 – Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.
- UNI 206-1:2006: Calcestruzzo - Prestazioni, posa in opera e criteri di conformità.
- D.M. 16.02.2007 – “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”.
- D.M. 17.1.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”.
- UNI EN 13791:2008 – “Valutazione della resistenza a compressione in sito delle strutture e nei componenti prefabbricati”.
- D.M. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive.
- UNI EN 12390-1:2012 - Prova sul calcestruzzo indurito - Parte 1: Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme
- UNI EN 12390-2:2009 - Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 2: Confezione e stagionatura dei provini per prove di resistenza
- UNI EN 12390-3: 2009 – Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini
- UNI EN 12390-5:2009 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza a flessione dei provini.
- UNI EN 12390-7:2009 – Prova sul calcestruzzo indurito – Massa volumica del calcestruzzo indurito.
- UNI EN 12390-6:2010 – Prova sul calcestruzzo indurito – Resistenza a trazione indiretta dei provini.
- UNI EN 12504-2:2012 – Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive – Determinazione dell'indice sclerometrico.
- UNI EN 12504-3:2005 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – determinazione della forza di estrazione.
- UNI EN 12504-4:2005 – Prelievo sul calcestruzzo delle strutture – determinazione della velocità di propagazione di impulsi ultrasonici.
- UNI EN 1712:2005 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante ultrasuoni dei giunti saldati - Livelli di accettabilità
- UNI EN ISO 5817:2004 - Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni

- UNI EN 13480-5:2017 - Tubazioni industriali metalliche - Parte 5: Collaudo e prove
- UNI EN ISO 23277:2015 - Controllo non distruttivo delle saldature - Controllo mediante liquidi penetranti - Livelli di accettabilità
- UNI EN ISO 3452-1:2013 - Prove non distruttive - Esame con liquidi penetranti - Parte 1: Principi generali

NORME NAZIONALI

- UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- UNI 11035-1:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 1: Terminologia e misurazione delle caratteristiche
- UNI 11035-2:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 2: Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza meccanica e valori caratteristici per tipi di legname strutturale
- UNI 11035-3:2010 - Legno strutturale - Classificazione a vista dei legnami secondo la resistenza meccanica - Parte 3: Travi Uso Fiume e Uso Trieste
- UNI 11119:2004 - Beni culturali - Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera

NORME EUROPEE

- UNI EN 206:2014 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI EN 338:2016 - Legno strutturale - Classi di resistenza
- UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici
- UNI EN 1990:2006 Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1992-1-2:2005 - Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1995-1-2:2005 - Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio