

Armamento ferroviario senza ballast: stato dell'arte in RFI

Franco IACOBINI, Stefano LISI, Stefano ROSSI

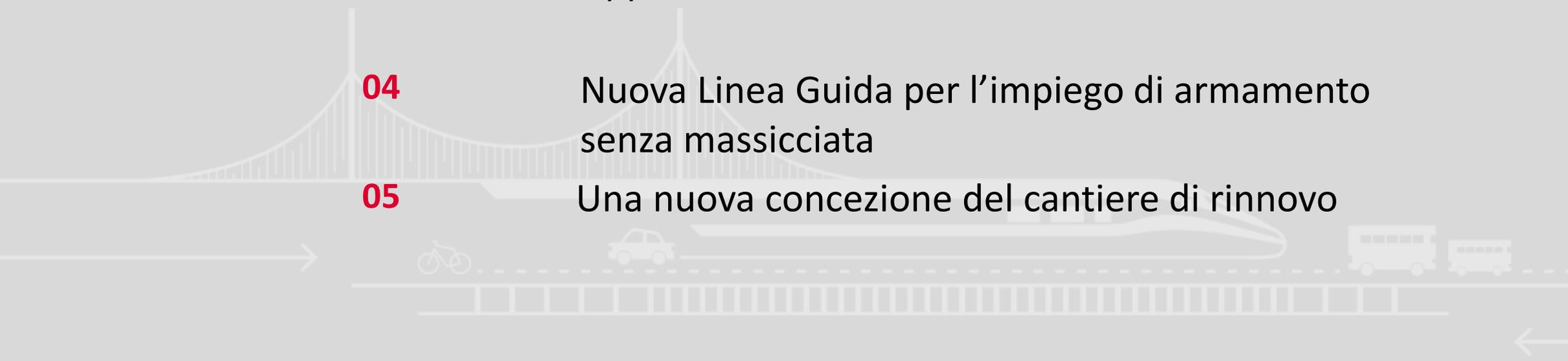
Rete Ferroviaria Italiana – RFI

WEBINAR - 26 Aprile 2023



INDICE

- 01** Armamento senza massicciata in RFI – Linea guida e Manuale di Progettazione d’Armamento
- 02** Contesto normativo
- 03** Applicazioni sulla Rete RFI
- 04** Nuova Linea Guida per l’impiego di armamento senza massicciata
- 05** Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



Armamento senza massicciata:

1. Armamento senza massicciata in RFI:
Linea guida e Manuale di Progettazione d'Armamento



□ Linea Guida RFI per l'Armamento senza massicciata:

➤ Prima emissione gennaio 2006

- Definisce l'ambito di adozione dell'armamento senza ballast
- Definisce le prestazioni del sistema
- Indica le Specifiche Tecniche di riferimento per i componenti
- Stabilisce la procedura di messa in esercizio del sistema
- Campo di impiego:
 - A. Nuovi interventi
 - B. Interventi di ristrutturazione a valenza strategica

□ Linea Guida RFI per l'Armamento senza massicciata:

➤ Nuova emissione gennaio 2021

- Recepisce il quadro normativo aggiornato in particolare le norme serie UNI EN 16432
- Mantiene il campo di impiego previsto dalla precedente revisione
- Aggiorna le Specifiche Tecniche relative ai materiali componenti
- Definisce le prove sul sistema di Armamento senza ballast
- Definisce la procedura di omologazione del sistema
- Prevede la possibilità di installare il sistema, oltre che in sede di costruzione a nuovo, anche in sede di rinnovo dell'armamento su ballast

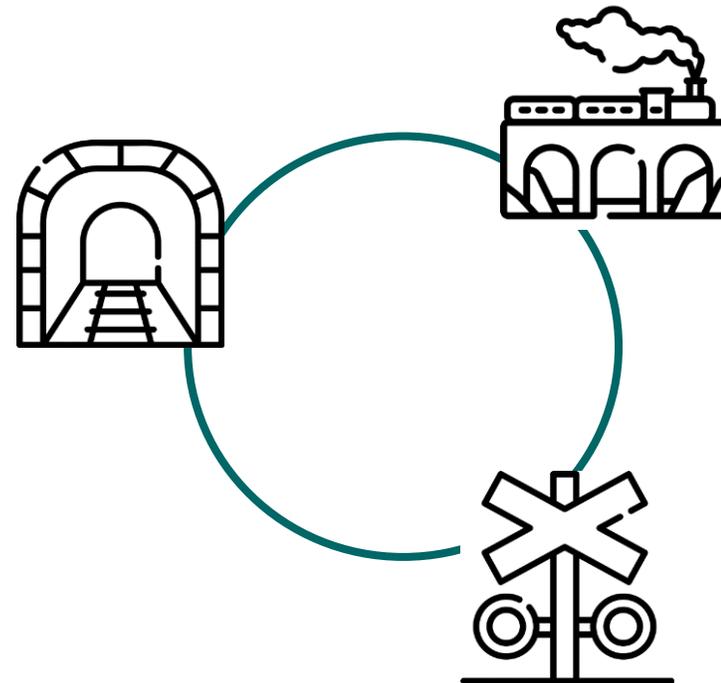
Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

❑ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



Una parte dei contenuti della Linea Guida è stata inserita all'interno del Manuale di Progettazione d'Armamento:

- DOVE realizzare l'armamento senza massicciata
- QUANDO realizzare l'armamento senza massicciata



Armamento senza massicciata:

2. Contesto normativo



Armamento senza massicciata: Contesto normativo

- Norme serie UNI EN 16432
«Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»



Linea Guida per l'impiego di
armamento senza massicciata
RFI DTCSI LG AR 08 001 1 B



- Norma ISO 18379-1
«Ballastless track systems»

- IRS 70727
«Railway application – Track superstructure decision making»

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



Norme serie UNI EN 16432 «Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»

La norma si articola in 3 parti:

- **UNI EN 16432-1: 2017 - Parte 1:** Requisiti generali
- **UNI EN 16432-2: 2017 - Parte 2:** Progettazione del sistema, sottosistemi e componenti
- **UNI EN 16432-3: 2022 - Parte 3:** Accettazione

Da parte di RFI, le direttive in essa contenute sono state recepite ed implementate nella recente revisione della Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata.

A riguardo, i principi della norma sono stati, ove necessario, integrati con ulteriori indicazioni in linea con la normativa nazionale (NTC) e le norme RFI.

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



Norme serie UNI EN 16432 «Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»

➤ UNI EN 16432-1: 2017 - Parte 1: Requisiti generali

La norma definisce i requisiti generali riguardanti la progettazione di sistemi di binari senza massicciata. Non include alcun requisito per l'ispezione, la manutenzione, la riparazione e la sostituzione dei sistemi di binari senza massicciata durante il loro funzionamento.

La norma è applicabile a tutte le applicazioni ferroviarie fino a 250 kN di carico per asse. I requisiti si applicano a:

- binari di linea, scambi e incroci e giunti di dilatazione delle rotaie;
- sottostrutture varie come rilevati e trincee, gallerie, ponti o simili
- transizioni tra diverse sottostrutture;
- transizioni tra diversi sistemi di binari senza massicciata;
- transizioni tra sistemi di binari con massicciata e senza massicciata.

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



Norme serie UNI EN 16432 «Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»

➤ **UNI EN 16432-2: 2017 - Parte 2:** Progettazione del sistema, sottosistemi e componenti

Questa parte della norma specifica la progettazione del sistema di binari senza massicciata e dei relativi sottosistemi. È definita la configurazione dei suoi componenti.

I requisiti di progettazione del sistema e dei sottosistemi sono basati sui requisiti generali della norma EN 16432-1.

Ove applicabile, è necessario fare riferimento ai requisiti dei sottosistemi o dei componenti esistenti di altri standard.

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



Norme serie UNI EN 16432 «Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»

➤ **UNI EN 16432-3: 2022 - Parte 3: Accettazione**

La norma specifica l'attuazione dei progetti di sistemi di binari senza massicciata e i criteri per l'accettazione dei lavori relativi alla loro costruzione.

Non comprende requisiti per l'ispezione, il mantenimento, la riparazione e la sostituzione di sistemi di binari senza massicciata durante la loro vita utile.

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



Norme serie UNI EN 16432 «Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»

➤ **prEN 16432-4 - Parte 4:** Special ballastless track systems for attenuation of vibration

La Commissione Tecnica in ambito CEN sta, ad oggi, lavorando alla prossima emissione della Parte 4 della norma EN 16432.

Questa parte specificherà i metodi di calcolo e di prova da utilizzare per la determinazione dei parametri del binario che influenzano le caratteristiche di rumore e vibrazione dell'armamento ferroviario.

La norma si applicherà a qualsiasi binario senza massicciata per il quale siano specificate prestazioni di riduzione delle vibrazioni e del rumore ambientale rientranti nell'ambito di applicazione della UNI EN 16432-1.

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



Norma ISO 18379-1 «Ballastless track systems»

- **Ambito di applicazione:** La norma ISO (International Organization for Standardization) costituisce riferimento con valenza mondiale dei sistemi di binari senza ballast. RFI, in collaborazione con gli altri esponenti del gruppo CEN, è parte della Commissione Tecnica che lavora alla stesura della norma.

- **Scopo:** La norma specifica i requisiti generali relativi alla progettazione dei sistemi di binari senza ballast relativamente a:
 - configurazione dei sistemi di armamento senza massicciata
 - requisiti funzionali dei sistemi di armamento senza massicciata, dei relativi sottosistemi e dei componenti
 - requisiti di interazione con le sottostrutture e le altre interfacce correlate

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



IRS 70727 «Railway application – Track superstructure decision making»

➤ Scopo: Il documento ha lo scopo di supportare i gestori dell'infrastruttura nel processo decisionale di scelta tra la realizzazione di binari con ballast o di binari senza ballast.

Il documento definisce quindi i criteri di valutazione sulla opportunità o meno di adottare sistemi di armamento senza massicciata in alternativa ad un armamento di tipo tradizionale.

Detti criteri devono tenere conto di tutti i **vincoli** esistenti (operativi, ambientali, economici, tecnologici, ecc..), nonché delle varie soluzioni progettuali disponibili.

Armamento senza massicciata: Contesto normativo



IRS 70727 «Railway application – Track superstructure decision making»

Durante un processo di valutazione per la selezione del sistema di armamento più indicato per l'applicazione in questione, i vincoli da prendere in considerazione sono:

- Vincoli operativi : traffico previsto (tipo di traffico, frequenza e velocità), piani di manutenzione, ecc.



- Aspetti territoriali ambientali: orografia, geologia, clima ambiente, rumore e vibrazioni, carbon footprint, ecc.



Armamento senza massicciata: Contesto normativo



IRS 70727 «Railway application – Track superstructure decision making»

Durante un processo di valutazione per la selezione del sistema di armamento più indicato per l'applicazione in questione, i vincoli da prendere in considerazione sono:

- Vincoli tecnici : requisiti del binario quali la progettazione, manutenzione ed il rinnovo, interazione treno-binario, caratteristiche della sottostruttura, ecc.
- Aspetti economici: Investimenti, costo della manutenzione, costo per il rinnovo dell'opera, ecc.



Armamento senza massicciata:

3. Le applicazione in RFI



Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI

| Anno di costruzione | Linea | Sito | Fornitore | Tipologia | Velocità (km/h) | Lunghezza (km) |
|---------------------|-------------------|------------------------------|-----------|--|-----------------|----------------|
| 1984 | Bergamo - Brescia | Rilevato | IPA | Piastre prefabbricate | 110 | 0,06 |
| 1986 | Gemona - Carnia | Gallerie, Viadotti | IPA | Piastre prefabbricate | 150 | 14 |
| 1988 | Carnia - Pontebba | Rilevato, Gallerie, Viadotti | IPA | Piastre prefabbricate | 160 | 43 |
| 1988 | Catania - Messina | Tunnel | IPA | Piastre prefabbricate | 130 | 5 |
| 1988 | Roma - Chiusi | Rilevato | VIANINI | Piastre prefabbricate | 100 | 0,05 |
| 1988 | Roma - Chiusi | Rilevato | PIESSE | Piastre prefabbricate | 100 | 0,05 |
| 1988 | Roma - Fiumicino | Viadotto | IPA | Piastre prefabbricate | 60 | 5 |
| 1991 | Roma - Firenze | Galleria Viadotto | IPA | Piastre prefabbricate | 250 | 5 |
| 1993 | Roma - Chiusi | Rilevato | SIAR | Traverse in calcestruzzo su fondazione in calcestruzzo | 110 | 0,05 |

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI

| Anno di costruzione | Linea | Sito | Fornitore | Tipologia | Velocità (km/h) | Lunghezza (km) |
|---------------------|--------------------------------|----------|---------------|--|-----------------|----------------|
| 1993 | Verona - Brennero | Galleria | IPA | Piastre prefabbricate | 180 | 26 |
| 1994 | Torino - Savona | Rilevato | IMPREVIB | Piastra armata su elementi resilienti | 150 | 0,1 |
| 1997 | Milano passante | Galleria | COOPSETTE | Piastre armate massive su fondazione armata in calcestruzzo con elementi intermedi resilienti | 60 | 14 |
| 2004 | Foggia - Bari | Rilevato | MAX BOEGEL | Piastre prefabbricate, Piastre massive su fondazione armata in calcestruzzo con elementi resilienti intermedi | 200 | 0,175 0,060 |
| 2012 | Bologna stazione alta velocità | Galleria | MAX BOEGEL | Piastre massive su fondazione armata in calcestruzzo con elementi resilienti intermedi | 155 | 2,4 |

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI

| Anno di costruzione | Linea | Sito | Fornitore | Tipologia | Velocità (km/h) | Lunghezza (km) |
|---------------------|-----------------------|----------|-----------------|---|-----------------|----------------|
| 2022 | Avezzano – Roccasecca | Galleria | OVERAIL | Piastre prefabbricate | 90 | 1,209 |
| 2023 | Pescara - Termoli | Galleria | LVT VIGIER RAIL | Blocchetti in calcestruzzo armato in scarpe di gomma e su elementi resilienti su fondazione in calcestruzzo | 90 | 0,290 |

Armamento senza massiciata: Le applicazioni in RFI



Roma Fiumicino
Stazione dell'aeroporto

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Roma Fiumicino
Viadotto di approccio alla stazione

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Carnia – Pontebba

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Carnia – Pontebba

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Foggia – Bari

Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Stazione AV di Bologna



Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Pescara – Termoli



Armamento senza massicciata: Le applicazioni in RFI



Avezzano – Roccasecca



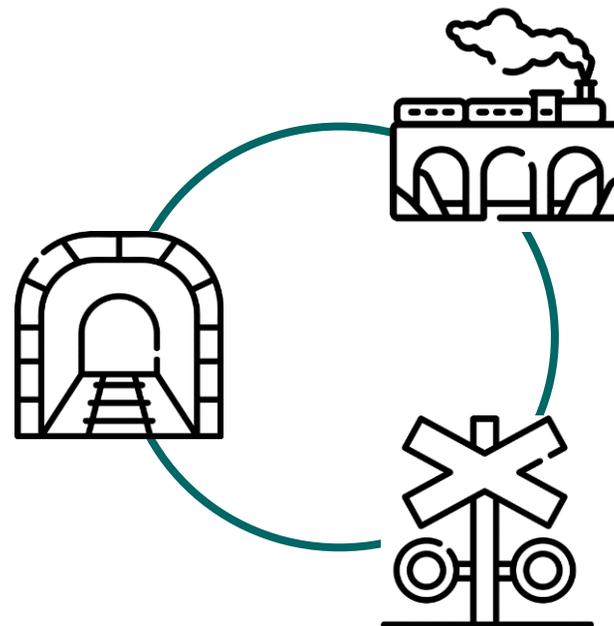
Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

❑ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



DOVE realizzare l'armamento senza massicciata?

- Galleria
- Viadotto
- Rilevato
- Soluzioni puntuali



Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

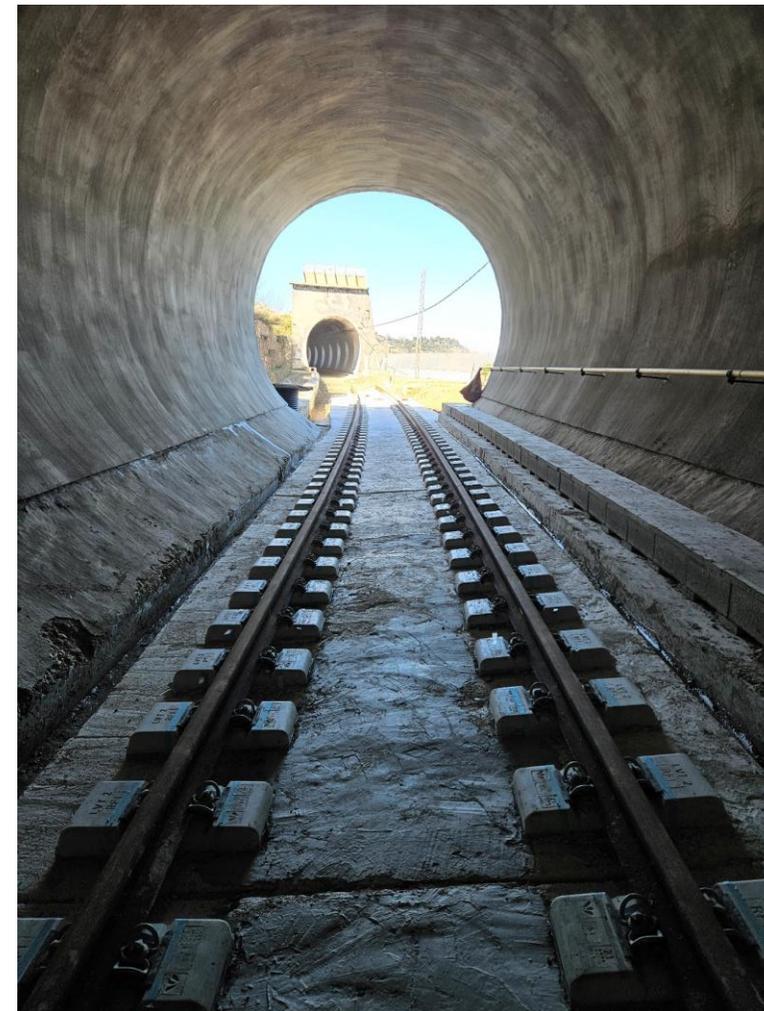
❑ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



DOVE realizzare l'armamento senza massicciata?

Galleria:

- lunghezza superiore ai 5 km
- strutturalmente stabili
- Impermeabilizzate, rivestimenti integri
- Idoneo riempimento dell'arco rovescio



Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

❑ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



DOVE realizzare l'armamento senza massicciata?

Viadotto:

- struttura isostatica
- impalcati di luce dilatabile non maggiore di 30 m
- non in muratura



Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

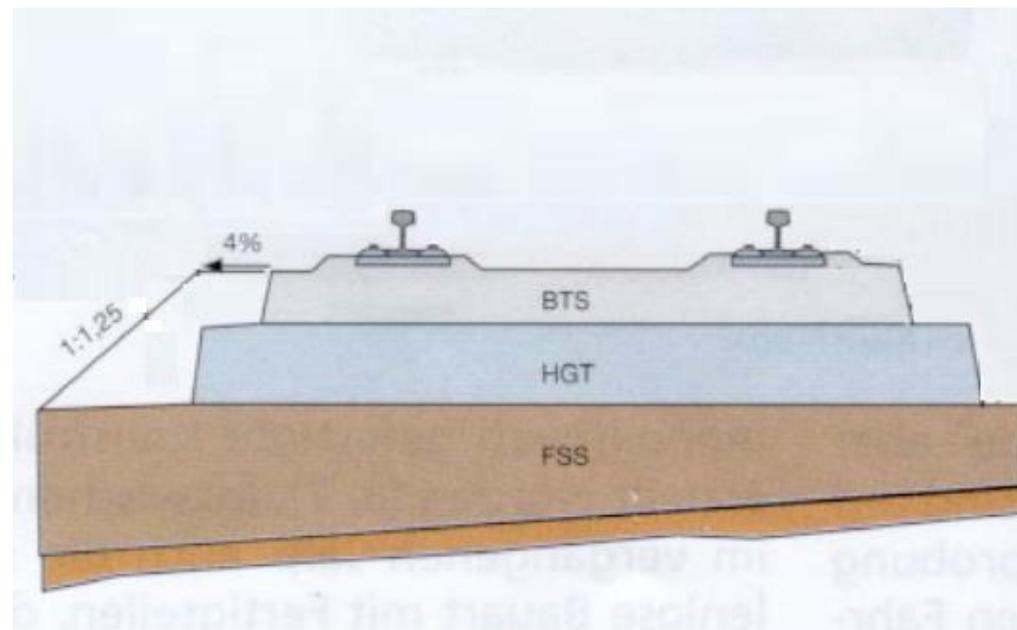
❑ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



DOVE realizzare l'armamento senza massicciata?

Rilevato :

- Applicazione limitata ad estese brevissime incluse fra gallerie contigue realizzate con uguale tipo di armamento
- Stabilità geometrica
- Cedimenti secondari residui esauriti



Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

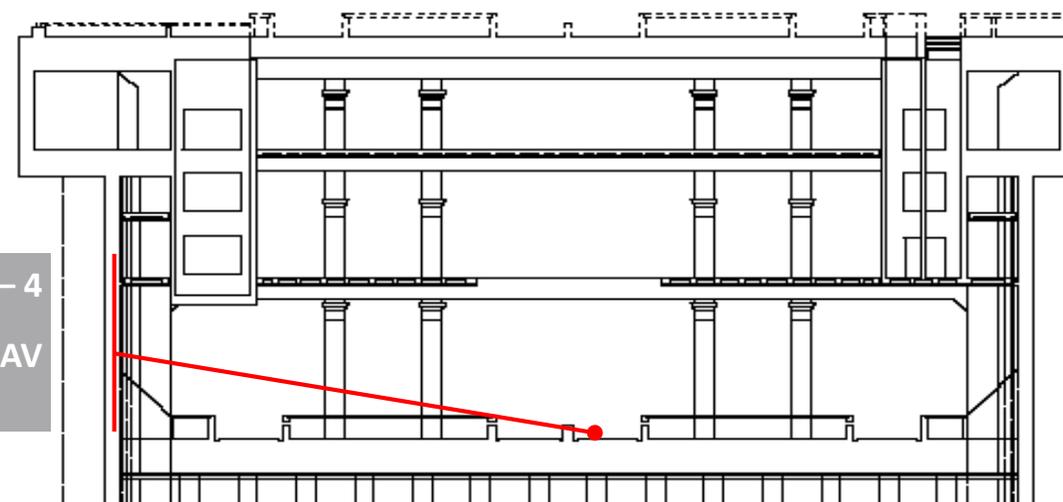
❑ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



DOVE realizzare l'armamento senza massicciata?

Soluzioni puntuali :

- Riduzione delle vibrazioni (sistemi a massa – molla)
- Attraversamenti con vincoli per la quota del p.f.



Stazione sotterranea AV di bologna

Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

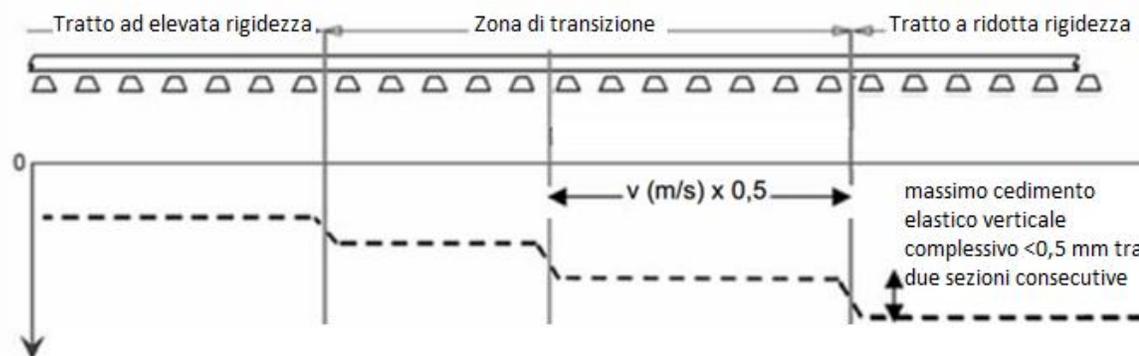
☐ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



ZONE DI TRANSIZIONE

- fra tratti realizzati con armamento senza massicciata e tratti con armamento tradizionale
- fra armamenti senza massicciata di tipo diverso

- la deformabilità verticale del binario nei tratti contigui deve essere il più possibile uniforme
- Si deve agire per tratti successivi di lunghezza pari ad almeno $V \text{ [m/s]} \times 0,5 \text{ [s]}$
- Variazione massima del cedimento elastico verticale tra un tratto e l'altro $< 0,5 \text{ mm}$



Armamento senza massicciata: Standard di applicazione in RFI

□ Manuale di Progettazione d'Armamento RFI DTCSI M AR 01 001 1 B – PARTE V:



QUANDO realizzare l'armamento senza massicciata?

- **nuovi interventi:** l'implementazione nel progetto dell'armamento senza massicciata implica un impatto sostenibile sui tempi e sui costi di realizzazione
- **interventi di ristrutturazione a valenza strategica:** ad esempio, adeguamento a sagoma di gallerie molto lunghe

Armamento senza massicciata:

4. Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Nuove indicazioni per la progettazione e messa in opera di sistemi di armamento senza massicciata:

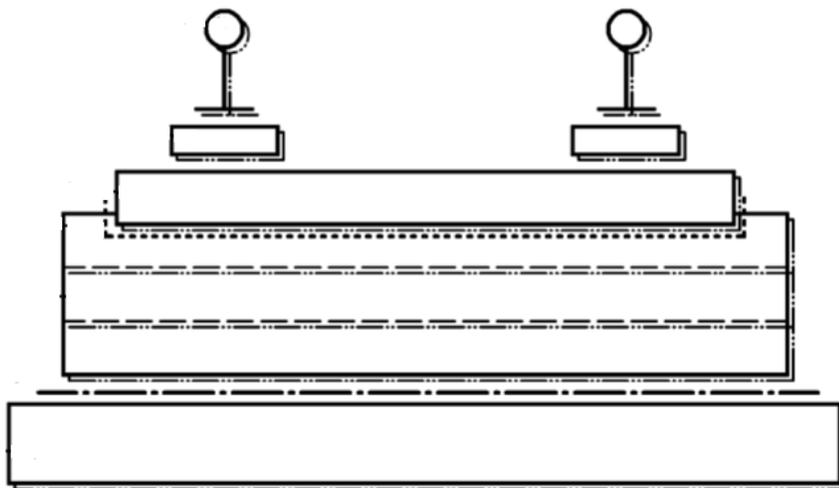
- Sono recepite le norme serie UNI EN 16432 «Applicazioni ferroviarie - Sistemi di binari senza massicciata»
- Sono definiti i parametri di progetto per il sistema di armamento
- Vengono fornite indicazioni per la definizione del programma di prove di laboratorio sul sistema di armamento
- È definita la procedura di omologazione del sistema di armamento

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ UNI EN 16432-2:



Il sistema di armamento senza massicciata è costituito da una pluralità di componenti.

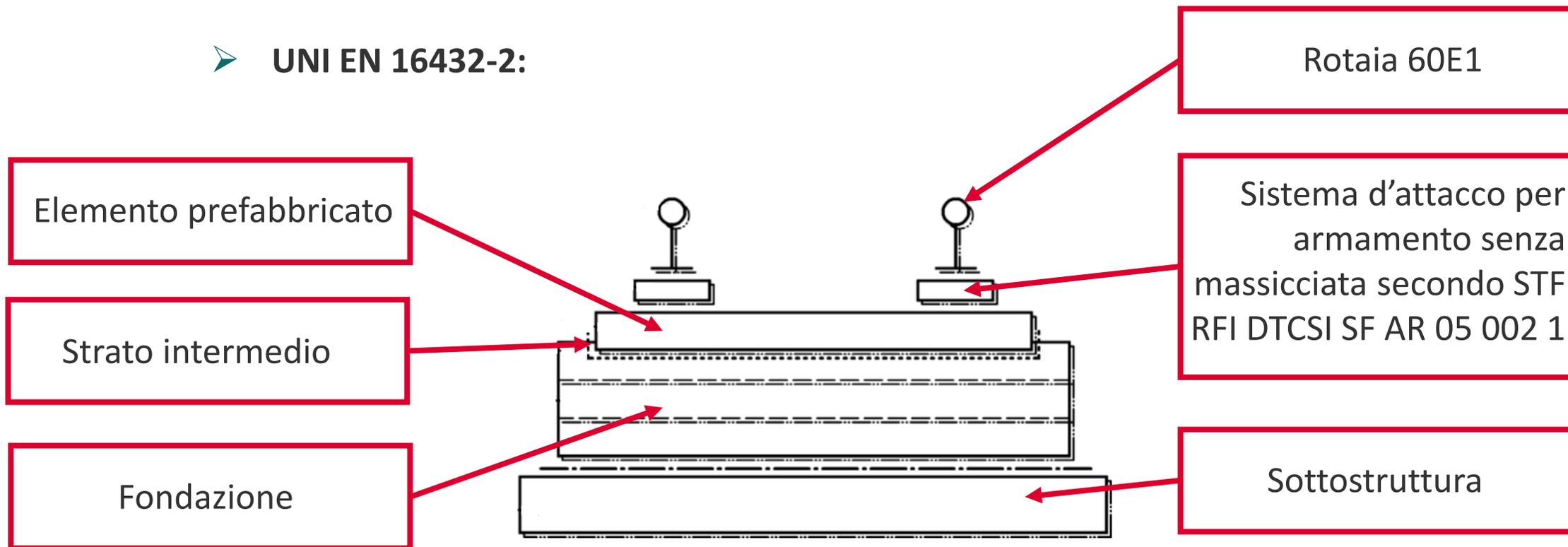
La sequenza dei componenti, e la loro presenza o assenza, dipende dalla tipologia di armamento senza massicciata adottata.

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ **UNI EN 16432-2:**

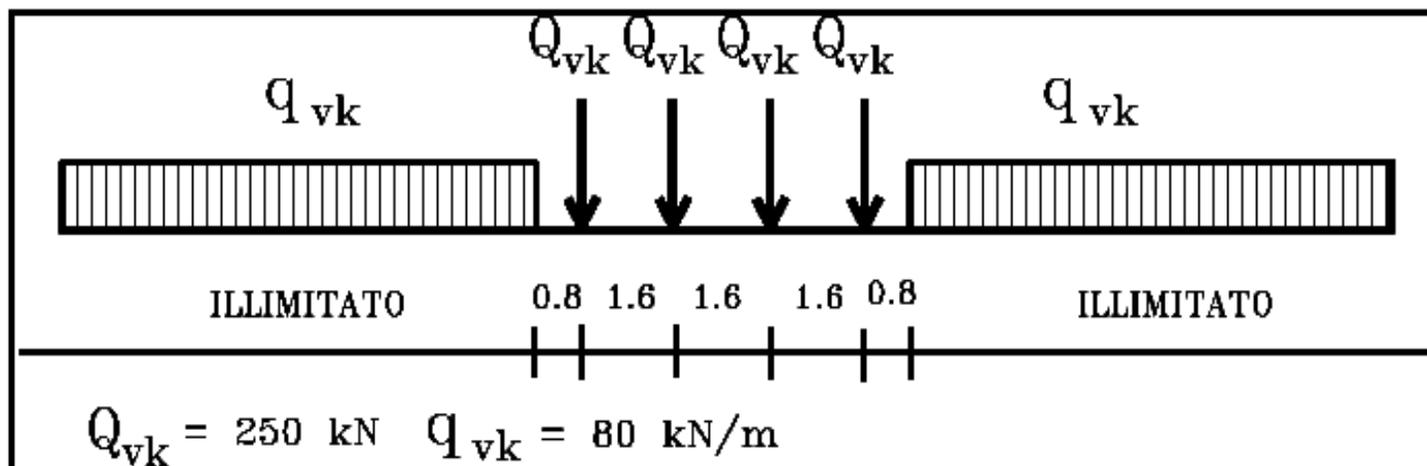


Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

- Carichi VERTICALI di progetto: modello di carico teorico LM71 (NTC 2018)



I carichi sono amplificati da:

- $\alpha = 1.1$ (NTC 2018)
- $k_d = 1.5$ (UNI EN 16432-1)

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Carichi TRASVERSALI di progetto:

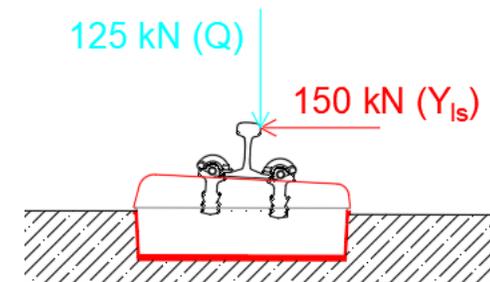
In combinazione con i carichi verticali ($Q = 250 \text{ kN}$):

$$Y_1 = k_1 \times (10 + 2 \times Q/3) \approx \mathbf{100 \text{ kN}}$$

$$Y_{1s} = 1.2 \times Q = \mathbf{150 \text{ kN}}$$

Forza laterale quasi – statica
(formula di Prud'Homme - EN 14363)

Carico laterale eccezionale (UNI EN 16432-1)
(applicato in corrispondenza di una singola ruota)



I carichi trasversali non devono essere moltiplicati per i coefficienti α e k_d

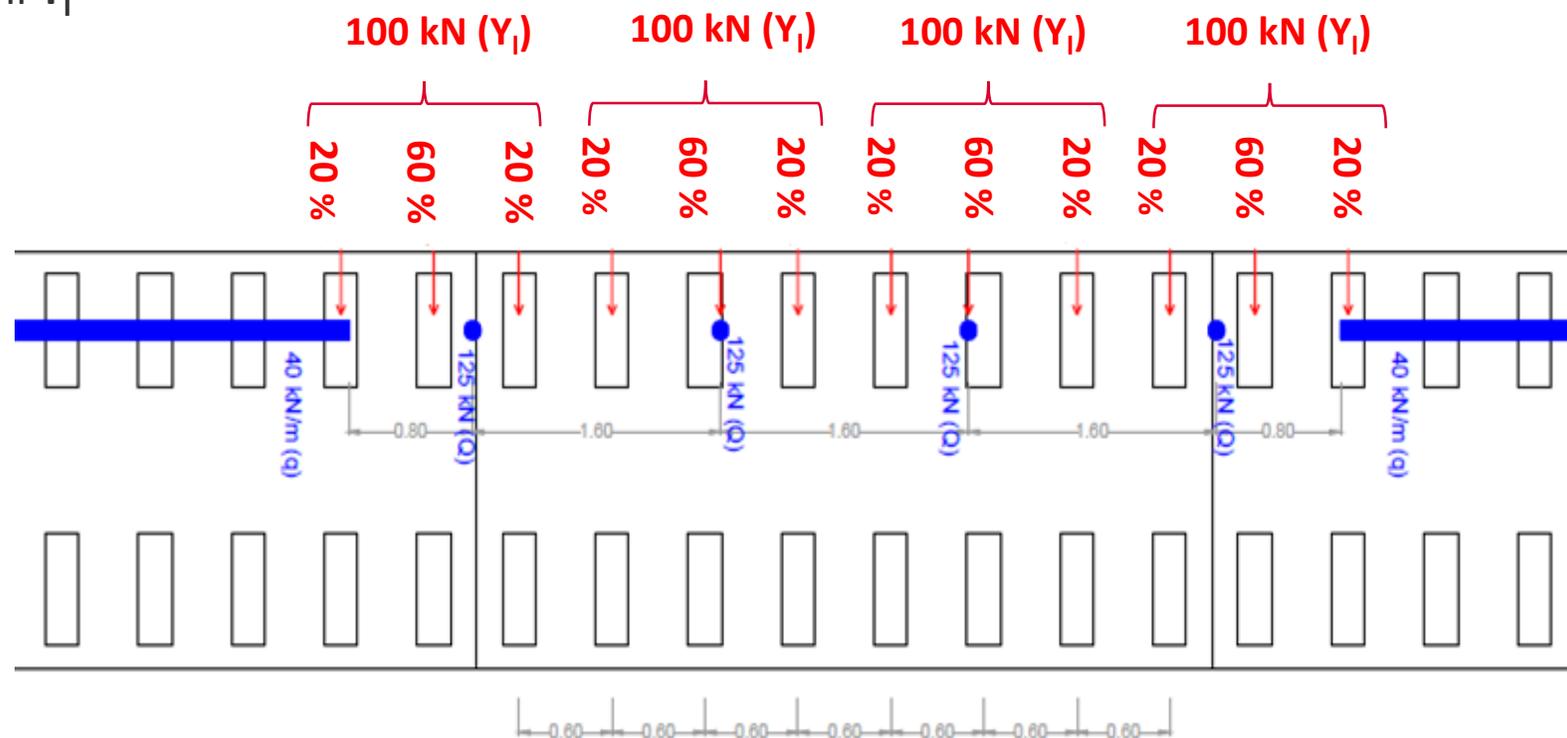
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Carichi TRASVERSALI di progetto:

Combinazione dei carichi Y_1



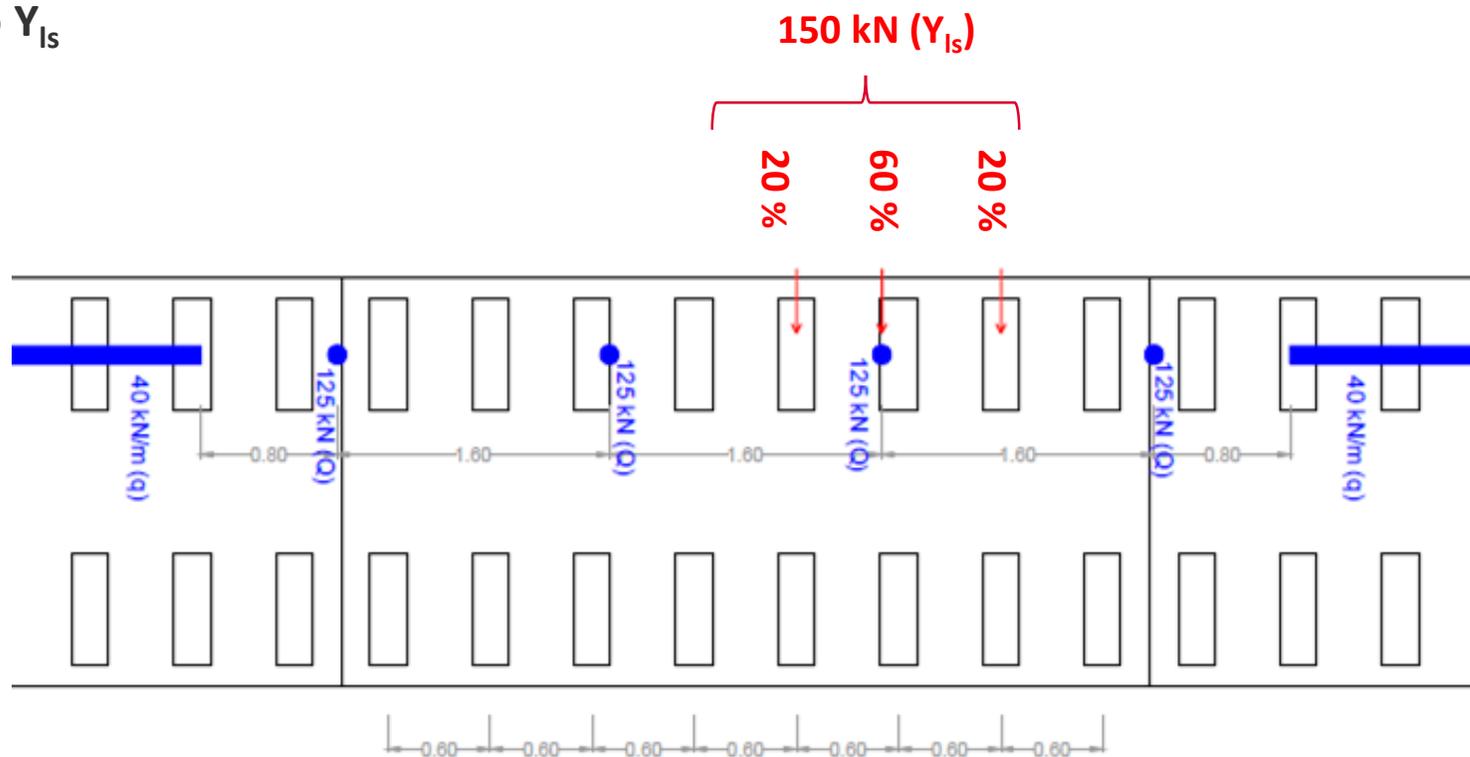
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Carichi TRASVERSALI di progetto:

Combinazione del carico Y_{Is}



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Carichi LONGITUDINALI di progetto:

In combinazione con i carichi statici verticali, per ogni rotaia devono essere considerati i carichi longitudinali generati dalle forze di avviamento e frenatura corrispondenti ad una accelerazione massima di 2.5 m/s^2 .

I carichi longitudinali non devono essere moltiplicati per i coefficienti α e k_d

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Con elementi prefabbricati

i sistemi da adottare devono preferibilmente prevedere l'uso di **piastre prefabbricate**, posate su una fondazione tramite un eventuale strato intermedio



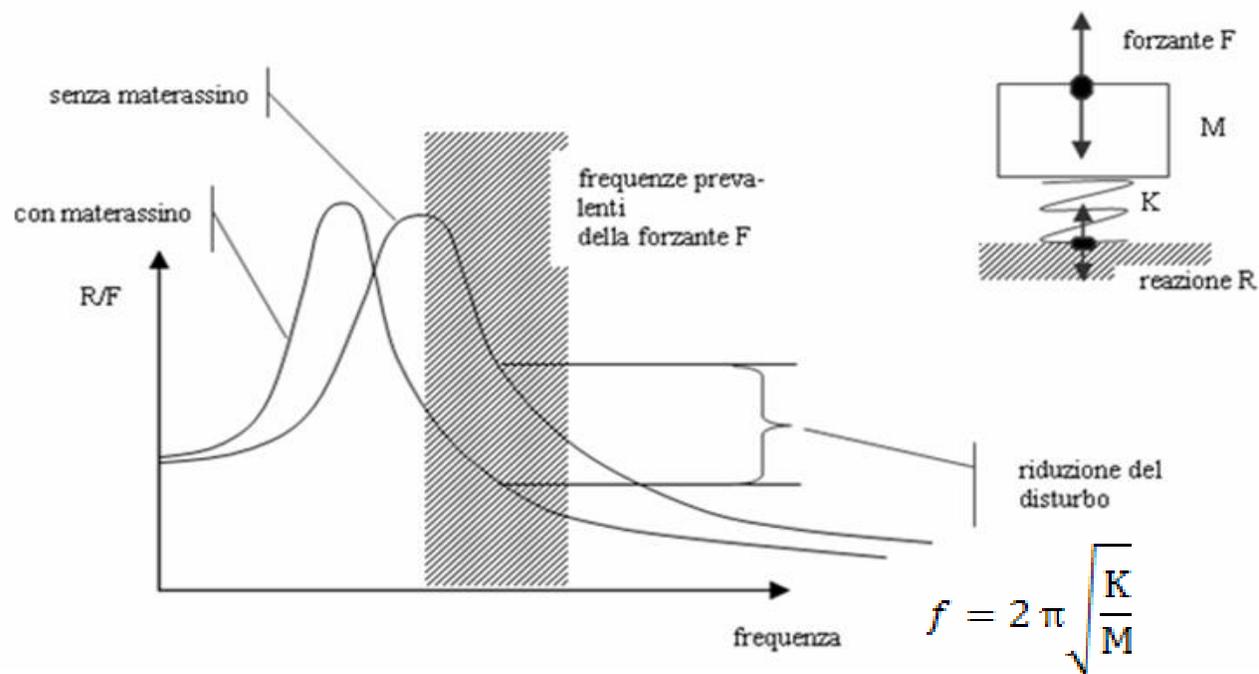
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Sistemi a massa-molla

Gli elementi prefabbricati sono più spessi e massicci e sono supportati da uno strato di elastomero; il filtraggio è ottenuto per mezzo della riduzione della frequenza propria in direzione verticale del sistema



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Sistemi con appoggio continuo della rotaia:

In situazioni in cui sia necessario ottenere un elevato filtraggio delle vibrazioni, l'armamento senza massicciata può essere provvisto anche di appoggio continuo della rotaia.



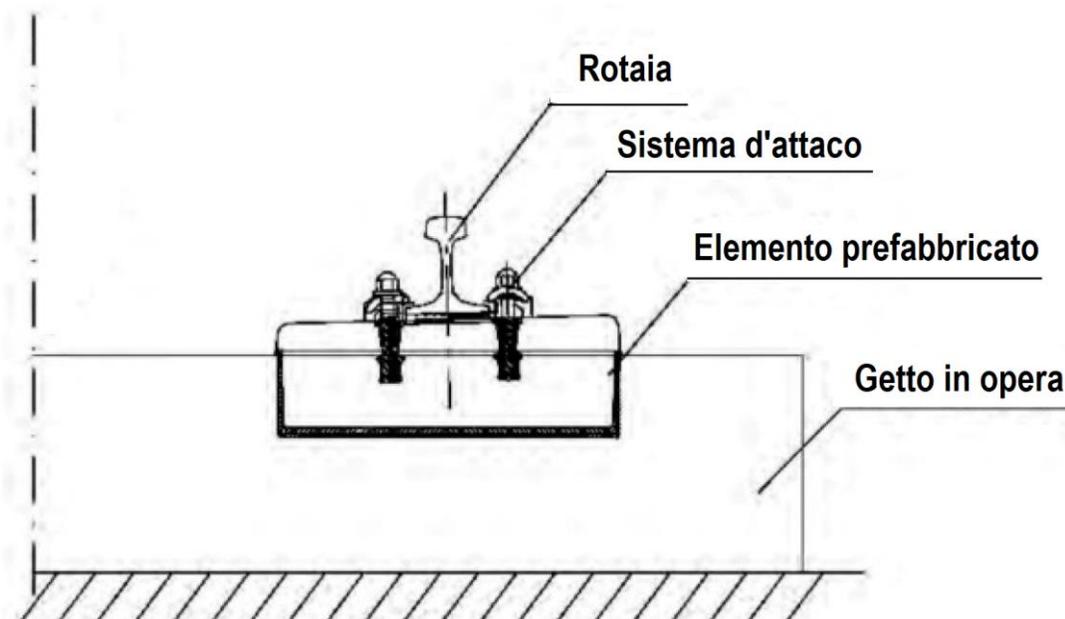
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



COME realizzare l'armamento senza massicciata?

➤ Altre tipologie:

Tipologie di armamento senza massicciata, diverse da quella a piastre prefabbricate, sono ammesse in casi per cui si renda necessario ricorrere a soluzioni particolari per cui sarà richiesta una progettazione funzionale fortemente focalizzata allo scopo



Esempio di sistema di armamento senza massicciata realizzato con blocchi prefabbricati LVT – VIGIER RAIL

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

- **Iter di omologazione :**
 - Consegna della documentazione tecnica di riferimento per la fabbricazione e messa in opera del sistema di armamento
 - Esecuzione delle prove di laboratorio
 - Realizzazione, al di fuori degli impianti ferroviari, di una installazione di prova che permetta di dimostrare la corretta operatività della posa in opera del sistema
 - Omologazione per applicazione generica; a seguire omologazione per ciascuna applicazione specifica

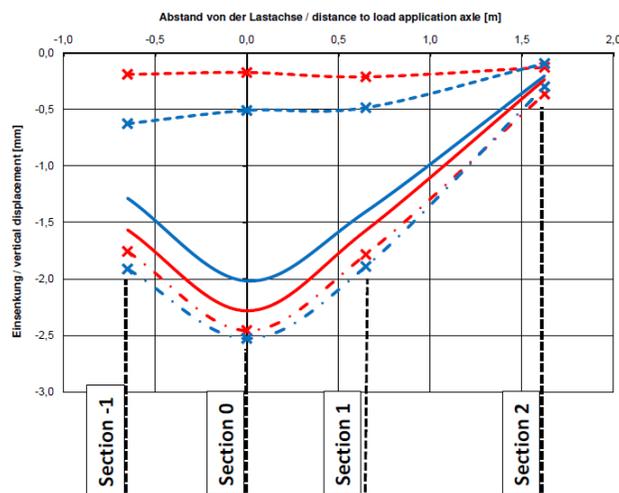
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Sono indicate prove specifiche per la **verifica della stabilità**, per diverse tipologie di **scenari**:



- sistema posato su supporti provvisori e transito di rotabili di cantiere
- sistema posato su supporti provvisori e condizioni di esercizio con rallentamento
- sistema su supporti provvisori e getto dello strato intermedio in condizioni di esercizio con rallentamento
- sistema in condizioni di posa definitiva

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio:

Sistema posato su supporti provvisori e transito di rotabili di cantiere

| Test | Carichi di prova | Caratteristiche investigate |
|--|---|---|
| Prova quasi-statica con carico verticale (UNI 11389-3 §6) | $Q_{V,max}$ = massimo carico assiale verticale dei mezzi di cantiere <ul style="list-style-type: none"> $R_{V,max} = \alpha_V \times Q_{V,max}$ (α_V coefficiente di ripartizione secondo UNI 11389-3) | Verifica di stabilità del sistema ai carichi verticali, trasversali e longitudinali Misura delle seguenti grandezze: <ul style="list-style-type: none"> carico applicato al prototipo cedimenti nelle sezioni indagate Esame visivo per verifica di assenza di danneggiamenti |
| Prova quasi-statica con carico trasversale (UNI 11389-3 §10) | $Q_{V,max}$ = massimo carico assiale verticale dei mezzi di cantiere <ul style="list-style-type: none"> $R_{V,max} = \alpha_V \times Q_{V,max}$ $R_{T,max} = \alpha_T \times \max\left[Q_{V,max} \times \frac{H}{1500}; m \times \frac{V^2}{R}; 0,30 \frac{1}{2} Q_{V,max}\right]$ (α_V e α_T coefficienti di ripartizione secondo UNI 11389-3) | |
| Prova quasi-statica con carico longitudinale, in presenza di carichi verticali (UNI 11389-3 §11 Fase B) | $Q_{V,max}$ = massimo carico assiale verticale dei mezzi di cantiere $Q_{L,max} \geq 0,2 Q_{V,max}$ (UNI 11389-1 Appendice A §A.4) <ul style="list-style-type: none"> $R_{V,max} = n_{av} \times (L_p/L_v) \times Q_{V,max}$ $R_{L,max} = n_{av} \times (L_p/L_v) \times Q_{L,max}$ (L_p = lunghezza prototipo, L_v = lunghezza veicolo) | |

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Sistema posato su supporti provvisori e condizioni di esercizio con rallentamento

| Test | Carichi di prova | Caratteristiche investigate |
|--|--|--|
| Prova quasi-statica con carico verticale (UNI 11389-3 §6) | $Q_{V,max} = 250 \text{ kN/asse}$ <ul style="list-style-type: none"> $R_{V,max} = \alpha_V \times k_d \times Q_{V,max}$ (α_V coefficiente di ripartizione secondo UNI 11389-3) | Verifica di stabilità del sistema ai carichi verticali, trasversali e longitudinali Misura delle seguenti grandezze: <ul style="list-style-type: none"> carico applicato al prototipo cedimenti nelle sezioni indagate Esame visivo per verifica di assenza di danneggiamenti |
| Prova quasi-statica con carico trasversale (UNI 11389-3 §10) | $Q_{V,max} = 250 \text{ kN/asse}$ <ul style="list-style-type: none"> $R_{V,max} = \alpha_V \times k_d \times Q_{V,max}$ $R_{T,max} = \alpha_T \times k_d \times \max[Q_{V,max} \times \frac{H}{1500}; m \times \frac{v^2}{R}; 0,30 \frac{1}{2} Q_{V,max}]$ (α_V e α_T coefficienti di ripartizione secondo UNI 11389-3) | |
| Prova quasi-statica con carico longitudinale, in presenza di carichi verticali (UNI 11389-3 §11 Fase B) | $Q_{V,max} = 250 \text{ kN/asse}$ $Q_{L,max} \geq 0,2 Q_{V,max}$ (UNI 11389-1 Appendice A §A.4) <ul style="list-style-type: none"> $R_{V,max} = n_{av} \times (L_p/L_v) \times Q_{V,max}$ $R_{L,max} = n_{av} \times (L_p/L_v) \times Q_{L,max}$ (L_p = lunghezza prototipo, L_v = lunghezza cnvoglio) | |
| Prova dinamica con carico verticale e trasversale | <ul style="list-style-type: none"> carico di prova verticale sinusoidale oscillante da 30 kN a 275 kN carico di prova trasversale sinusoidale oscillante da 10 kN a 70 kN frequenza $\leq 10 \text{ Hz}$, carichi sincroni numero cicli di carico: da determinare in funzione delle modalità costruttive del sistema (<i>esempio: per 32 ore di esercizio ferroviario provvisorio, con ipotesi di circolazione di 6 treni/ora, il numero di cicli è ≈ 200</i>) | |

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massiccata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Sistema su supporti provvisori e getto in opera dello strato intermedio in condizioni di esercizio con rallentamento

| Test | Carichi di prova | Caratteristiche investigate |
|-------------------------------------|--|--|
| Prova dinamica con carico verticale | <ul style="list-style-type: none"> carico di prova verticale sinusoidale oscillante da 30 kN a 275 kN frequenza ≤ 10 Hz numero cicli di carico: da determinare in funzione delle modalità costruttive del sistema | <p>Verifica di stabilità del sistema ai carichi verticali</p> <p>Misura delle seguenti grandezze:</p> <ul style="list-style-type: none"> carico applicato al prototipo cedimenti nelle sezioni indagate <p>Verifica delle caratteristiche a lungo termine del getto in opera sottoposto a cicli di carico dinamico nella fase di maturazione, da confrontare con getto non sottoposto a sollecitazioni, mediante prelievo di carote da sottoporre a prove di:</p> <ul style="list-style-type: none"> resistenza a compressione (UNI EN 12390-3) su campioni prelevati in diverse fasi di maturazione del getto (48 h, 72 h, 7 d, 14 d, 28 d) resistenza alla penetrazione di acqua, cloruri, solfati (UNI EN 12390-8) su campioni prelevati a 28 giorni di maturazione resistenza al gelo disgelo (UNI 7087) su campioni prelevati a 28 giorni di maturazione <p>Esame visivo per verifica di assenza di danneggiamenti</p> |

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Sistema in condizioni di posa definitiva

| Test | Carichi di prova | Caratteristiche investigate |
|--|--|--|
| Prova dinamica con carico verticale e trasversale | <ul style="list-style-type: none"> carico di prova verticale sinusoidale oscillante da 30 kN a 410 kN carico di prova trasversale sinusoidale oscillante da 10 kN a 100 kN frequenza ≤ 10 Hz, carichi sincroni numero cicli di carico: $5 \cdot 10^6$ <p>(carichi applicati in mezzeria e al bordo della piastra)</p> | <p>Verifica di stabilità del sistema ai carichi verticali, trasversali</p> <p>Misura delle seguenti grandezze:</p> <ul style="list-style-type: none"> carico applicato al prototipo cedimenti nelle sezioni indagate <p>Esame visivo per verifica di assenza di danneggiamenti</p> |
| Prova quasi statica con carico longitudinale in assenza di carichi verticali (UNI 11389-3 §11 Fase A) | <p>$Q_{L,attacco}$ = resistenza allo scorrimento del singolo attacco</p> <ul style="list-style-type: none"> $R_{L,max} = 2 \times (L_p/p) \times Q_{L,attacco}$ <p>(L_p = lunghezza prototipo, p = spartito)</p> | <p>Verifica di stabilità del sistema ai carichi longitudinali</p> <p>Misura delle seguenti grandezze:</p> <ul style="list-style-type: none"> carico applicato al prototipo cedimenti nelle sezioni indagate <p>Esame visivo per verifica di assenza di danneggiamenti</p> |

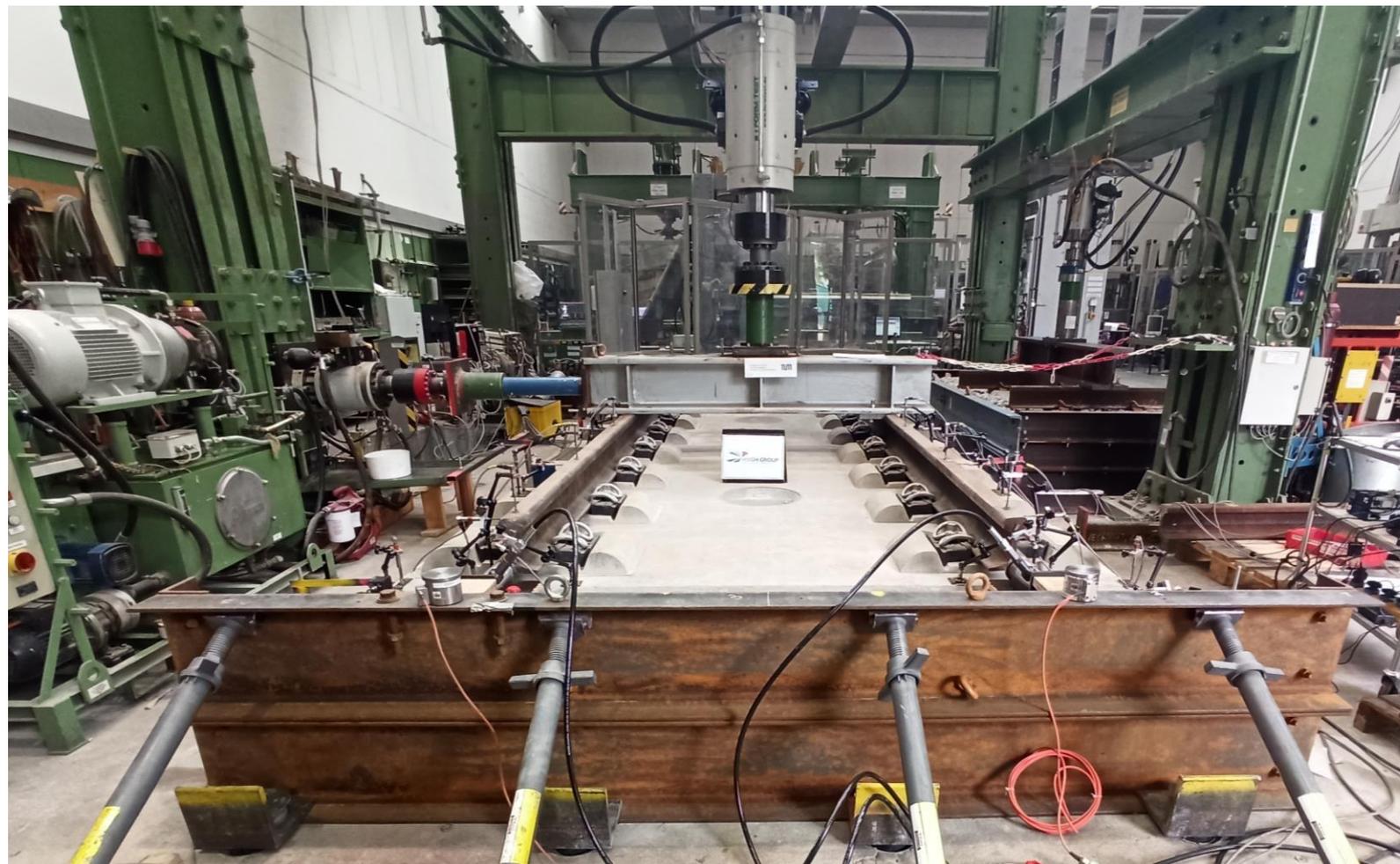
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Setup prove su piastre prefabbricate (ARIANNA – Wegh Group) presso il laboratorio TUM



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Sistema posato su supporti provvisori e condizioni di esercizio con rallentamento:

Prova dinamica effettuate su piastre prefabbricate supportate da elementi elastomerici (IPA-Wegh Group) presso il laboratorio P&P

Carichi:

Verticale tra **30 kN e 275 kN**

Trasversale tra **10 kN e 70 kN**

frequenza **2 Hz**



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

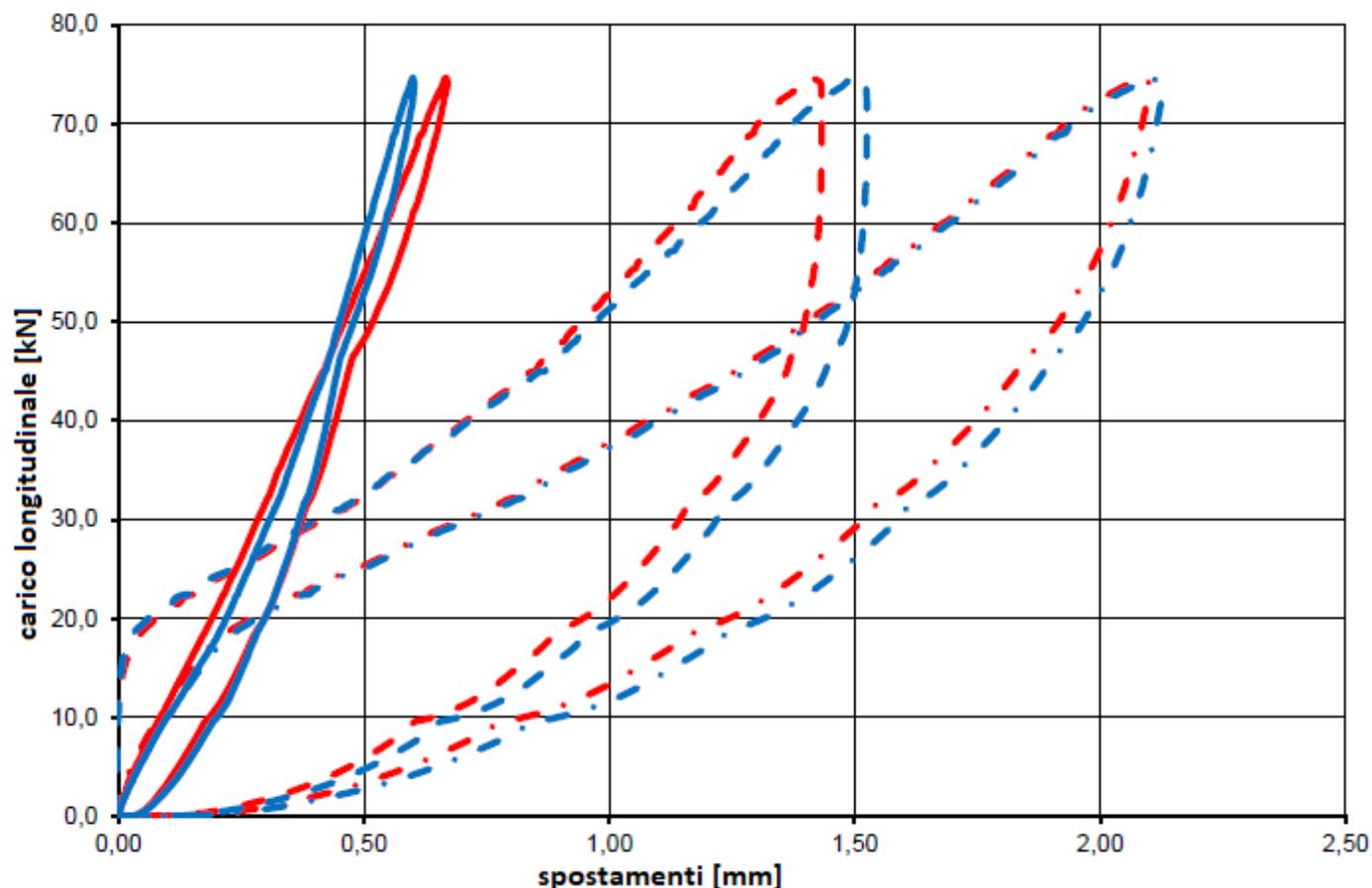
sistema su supporti provvisori e getto dello strato intermedio in condizioni di esercizio con rallentamento

Prova quai-statica con carico longitudinale effettuate su piastre prefabbricate presso il laboratorio TUM

Carichi:

Longitudinale **72 kN**

- - - Rotaia - fondazione dx
- - - - - Piastra - fondazione dx
- Rotaia - Piastra dx
- - - Rotaia - fondazione sx
- - - - - Piastra - fondazione sx
- Rotaia - Piastra sx



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Sono indicate ulteriori prove specifiche:

- verifica sigillatura delle testate
- vuoti all'interfaccia strato intermedio – elemento prefabbricato
- isolamento elettrico
- effetto dei carichi ripetuti sull'interfaccia del sistema di attacco

Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Ulteriori prove specifiche

| Test | Condizioni di prova | Caratteristiche investigate |
|--|--|---|
| Prova di sigillatura delle testate | Prova di penetrazione al blu di metilene secondo RFI TCAR SF AR 03 002 §IV.2, da eseguire su porzioni di piastra prefabbricata | Tenuta alla penetrazione di acqua |
| Vuoti all'interfaccia malta-piastra | Iniezione completa della malta in condizioni di piastra posata in rettilineo con H=0 cm e in curva con H=16 cm | Verifica della percentuale di vuoti tra le superfici di contatto rispetto al limite definito dal progetto |
| Prova di isolamento elettrico | Esecuzione della prova secondo UNI EN 13146-5 | Isolamento elettrico $\geq 10 \text{ k}\Omega$ |
| Effetto dei carichi ripetuti sull'interfaccia del sistema di attacco | Test secondo UNI EN 13146-4, UNI EN 13481-5 da eseguire su porzioni di piastra prefabbricata | Assenza di danneggiamenti sull'interfaccia del sistema di attacco |

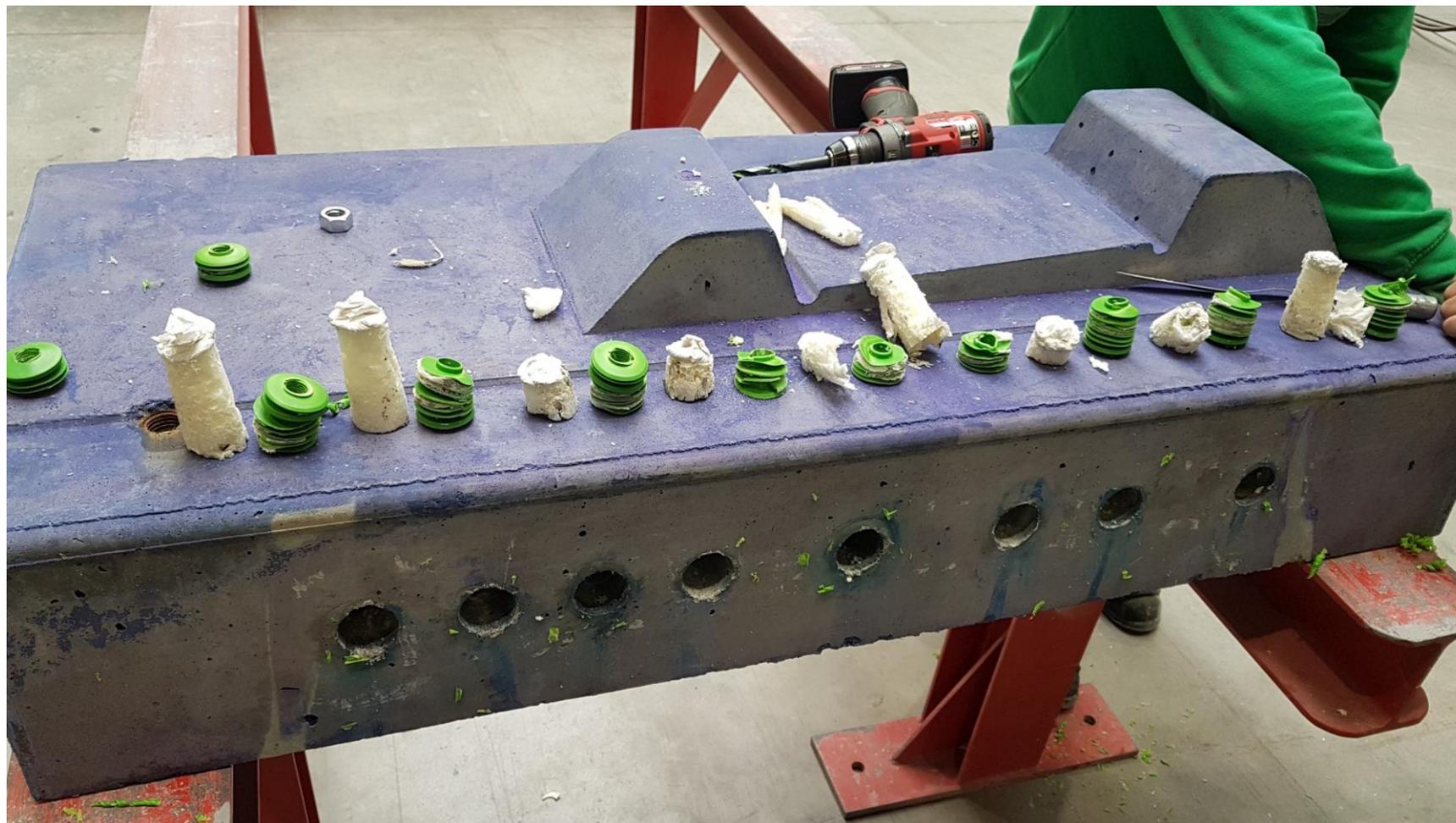
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massiccata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Esecuzione prova di sigillatura testate su concio di piastra prefabbricata



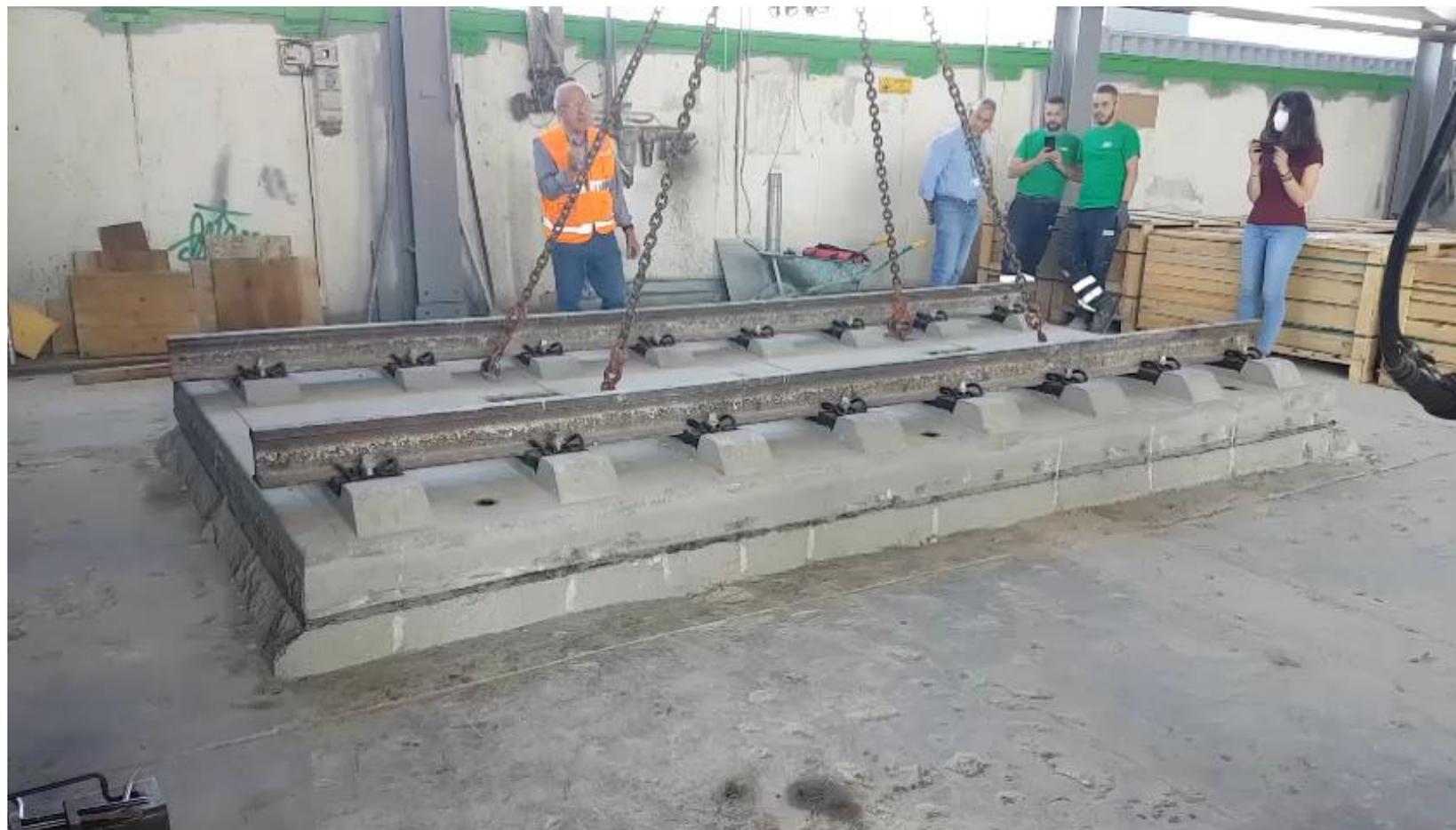
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Esecuzione prova di distacco su piastra prefabbricata (FAST-OVERAIL)



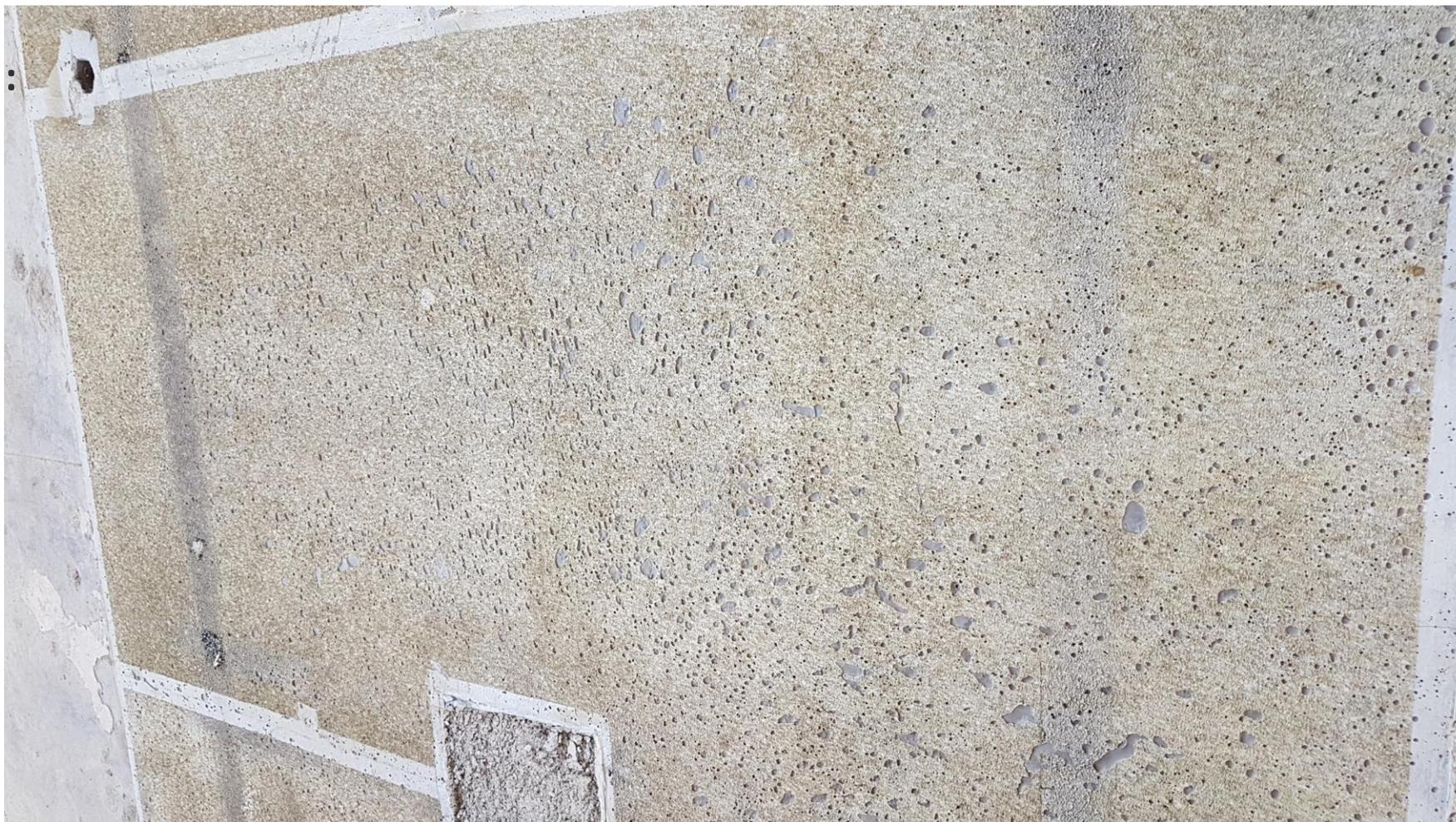
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massiccata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Verifica dei vuoti di interfaccia tra le superfici di contatto piastra-fondazione



Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Esecuzione prova di isolamento elettrico su concio di piastra prefabbricata (FAST-OVERAIL) presso laboratorio TUM



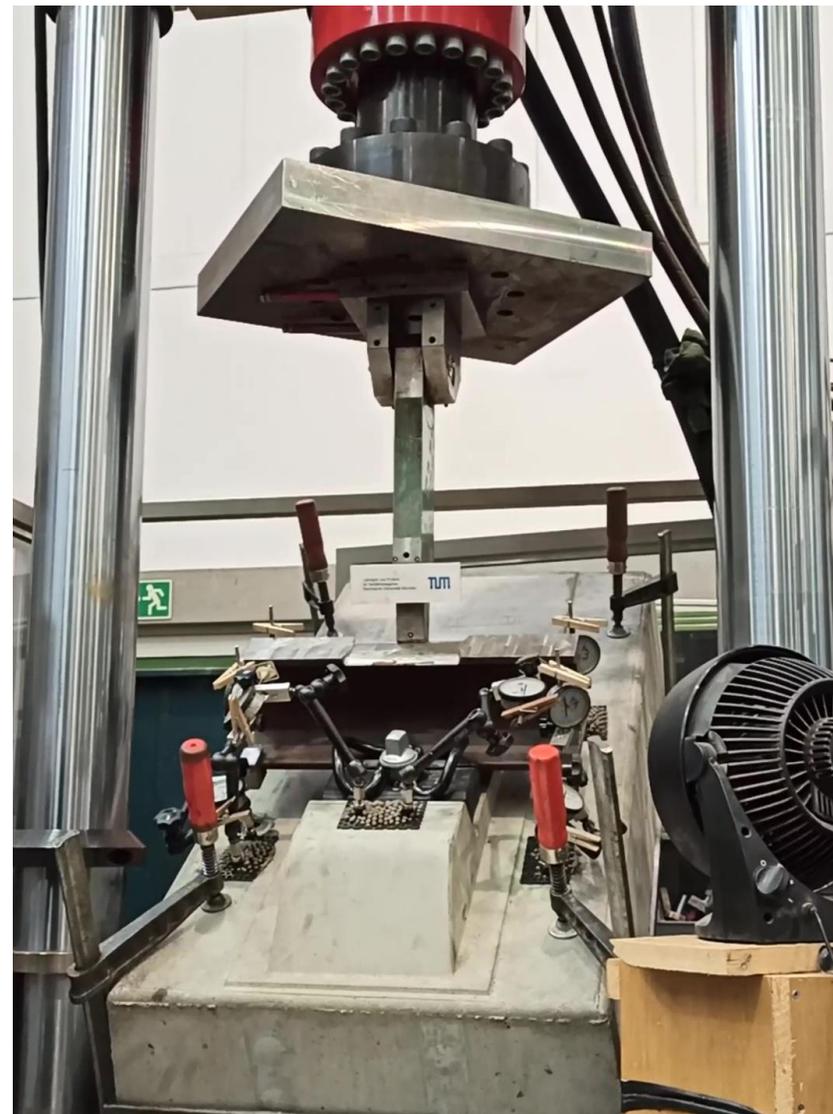
Linea Guida per l'impiego di armamento senza massicciata



Procedura di OMOLOGAZIONE

➤ Prove di laboratorio :

Esecuzione prova per la valutazione dell'effetto dei carichi ripetuti sull'interfaccia del sistema di attacco (FAST-OVERAIL) presso laboratorio TUM



Armamento senza massicciata:

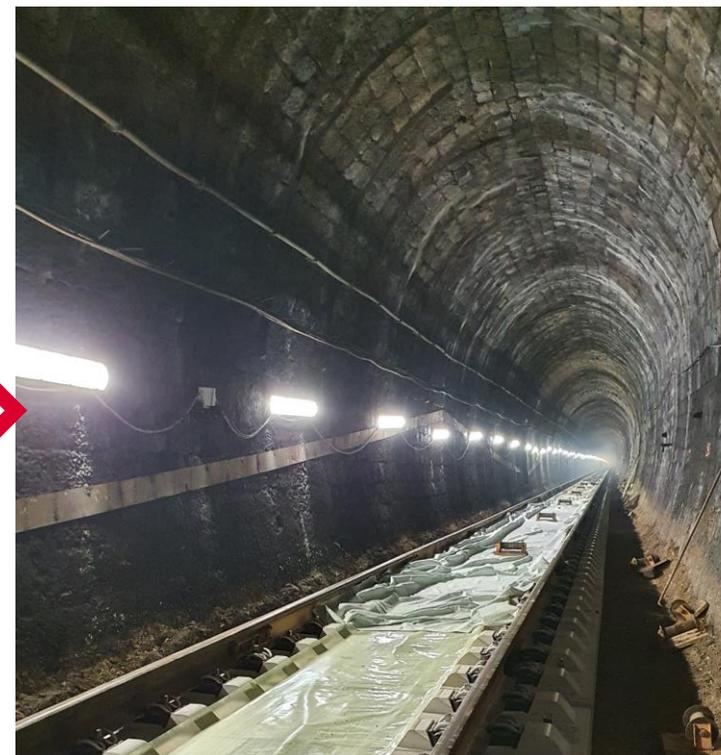
5. Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



RFI sta implementando nuove tecniche costruttive che permettano la messa in opera di armamento senza massicciata nella fase di rinnovo di un binario su ballast



Galleria Vallefredda linea
Avezzano – Roccasecca
(FAST – OVERAIL/SALCEF)

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



Ipotesi per due possibili modalità di interruzione:

➤ **Caso 1:**

Le operazioni si dovranno sviluppare nell'ambito di due tipologie di interruzione.

La prima, di tipo totale, della durata minima necessaria alla completa asportazione del vecchio armamento e al getto del sottofondo in cls preparazione del piano di posa degli elementi prefabbricati.

La seconda, di tipo ordinario, durante la quale è sviluppata la posa dell'armamento senza massicciata per la cui realizzazione è atteso un avanzamento giornaliero del cantiere di 100 m (l'avanzamento minimo garantito dipende dal sistema di armamento).

Tra la prima fase e la seconda è ammessa la posa provvisoria dell'armamento con rallentamento.

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



Ipotesi per due possibili modalità di interruzione:

➤ **Caso 2:**

Le operazioni si dovranno sviluppare come una successione discontinua di interruzioni totali (es. da 48 ore) per realizzare la completa asportazione del vecchio armamento, il getto del sottofondo in cls per la preparazione del piano di posa degli elementi prefabbricati, nonché l'avanzamento della posa dell'armamento senza massicciata.

È atteso un avanzamento del cantiere di 250 m/interruzione (l'avanzamento minimo garantito per singola interruzione dipende dal sistema di armamento).

È ammessa la posa provvisoria dell'armamento con rallentamento.

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Aspetti principali:

- Indagini preliminari dello stato di fatto e progetto dell'intervento
- Lavorazione del binario in fasi di lavoro discontinue
- Condizioni di posa provvisoria dell'armamento
- Circolazione ferroviaria con limitate e discontinue interruzioni
- Circolazione ferroviaria con rallentamento



Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Aspetti principali:

- Esempio di esecuzione delle fasi di lavoro

1



Rimozione ballast con scavo alla quota di progetto e sistemazione del piano di posa degli elementi prefabbricati

2



Scarico delle piastre prefabbricate e successiva regolazione plano-altimetrica delle piastre

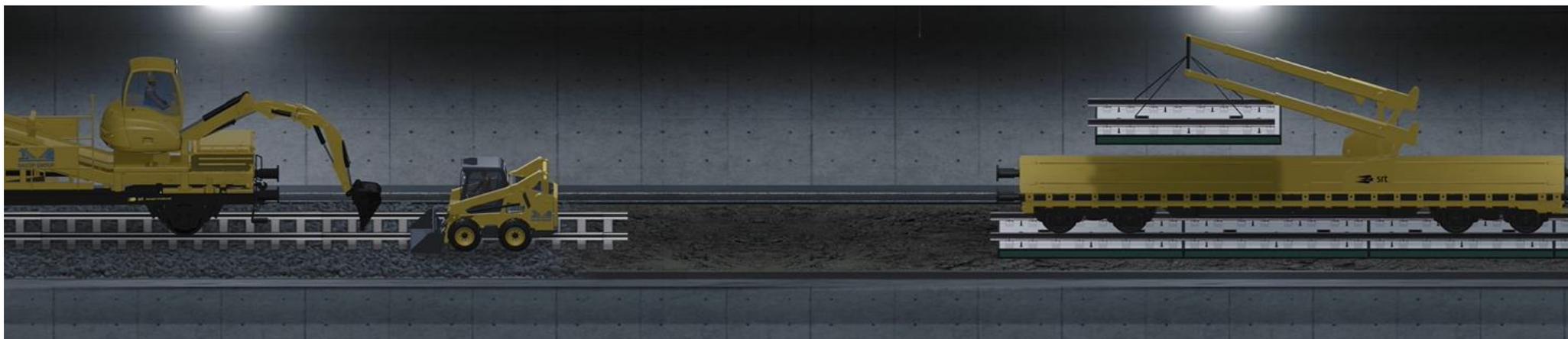
Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Aspetti principali:

- Esempio di esecuzione delle fasi di lavoro

3



Avanzamento continuo del treno di posa;

Deve essere effettuato il controllo delle caratteristiche geometriche del binario e del tracciato per la riattivazione della circolazione a velocità di rallentamento e prima della fase di getto dello strato intermedio

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Aspetti principali:

- Esempio di esecuzione delle fasi di lavoro

4



Preparazione e getto malta dello strato intermedio

5



Controllo caratteristiche geometriche del binario e del tracciato per riattivazione della circolazione a velocità di linea

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: galleria Vallefredda (FAST – OVERAIL/SALCEF)

Peculiarità dell'intervento:

- Linea Avezzano – Roccasecca
- 1209 m singolo binario
- Interruzione totale della linea
- Tratto di prova con lavorazione in modalità di rinnovo



Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: galleria Vallefredda (FAST – OVERAIL/SALCEF)



Preparazione piano di posa
dell'armamento

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: galleria Vallefredda (FAST – OVERAIL/SALCEF)



Posa e regolazione plano-
altimetrica delle piastre
prefabbricate

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: galleria Vallefredda (FAST – OVERAIL/SALCEF)

Casseratura e getto dello strato intermedio:

Strato intermedio a seguito dello scassero:



Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: manutenzione DD viadotto Le Ville (IPA – Wegh Group)

Peculiarità dell'intervento:



- Linea Roma – Firenze
- 270 m intervento sul binario dispari
- Esecuzione propedeutica di test di laboratorio ad-hoc
- Lavorazioni durante fasi di interruzione ordinaria notturna della linea
- Operazioni di ricondizionamento delle piastre prefabbricate preesistenti per eliminazione malta di allettamento
- Condizioni di posa provvisoria dell'armamento su elementi elastomerici e circolazione ferroviaria con rallentamento a 115 km/h
- Circolazione ferroviaria con rallentamento a 115 km/h durante la fase di maturazione della malta costituente lo strato intermedio

Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: manutenzione DD viadotto Le Ville (IPA – Wegh Group)

Focus: comportamento del sistema su supporti provvisori (tratto a sinistra)
vs. sistema ante operam (tratto a destra)



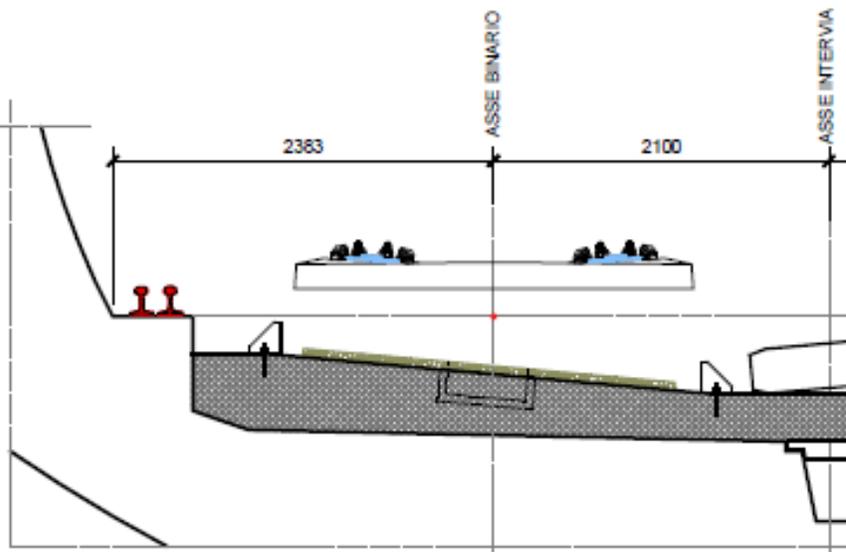
Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: manutenzione DD viadotto Le Ville (IPA – Wegh Group)

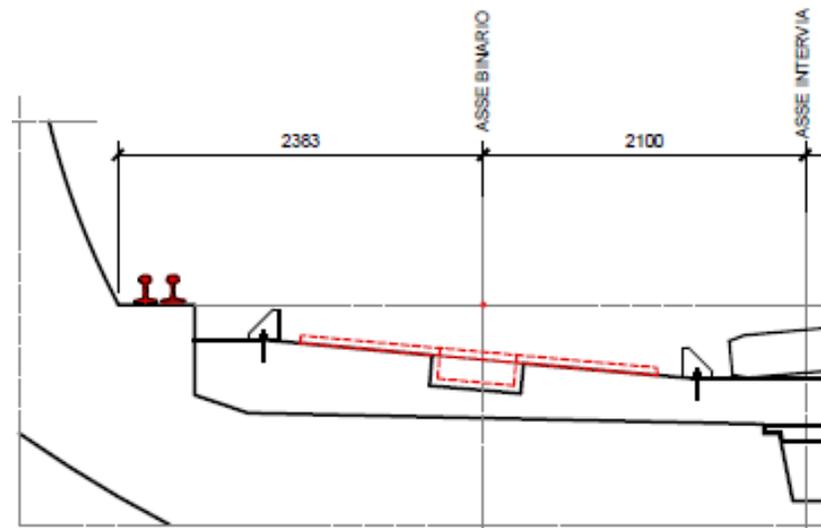
➤ Fasi di lavoro:

1



Taglio e rimozione, inserimento dispositivi di sollevamento e rimozione 3 piastre consecutive

2



Scarifica e rimozione malta esistente e pulizia estradosso fondazione

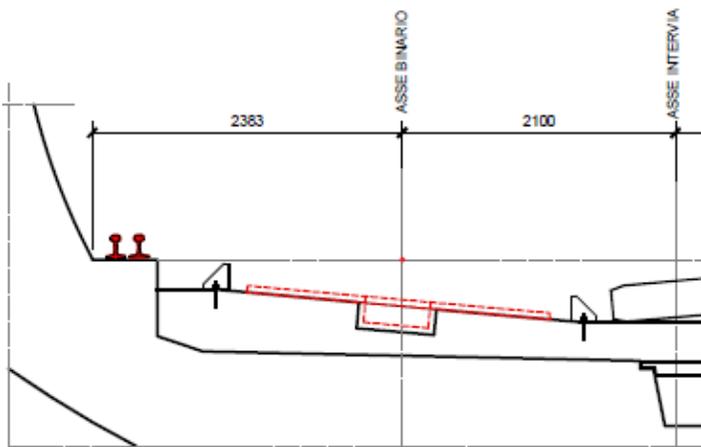
Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



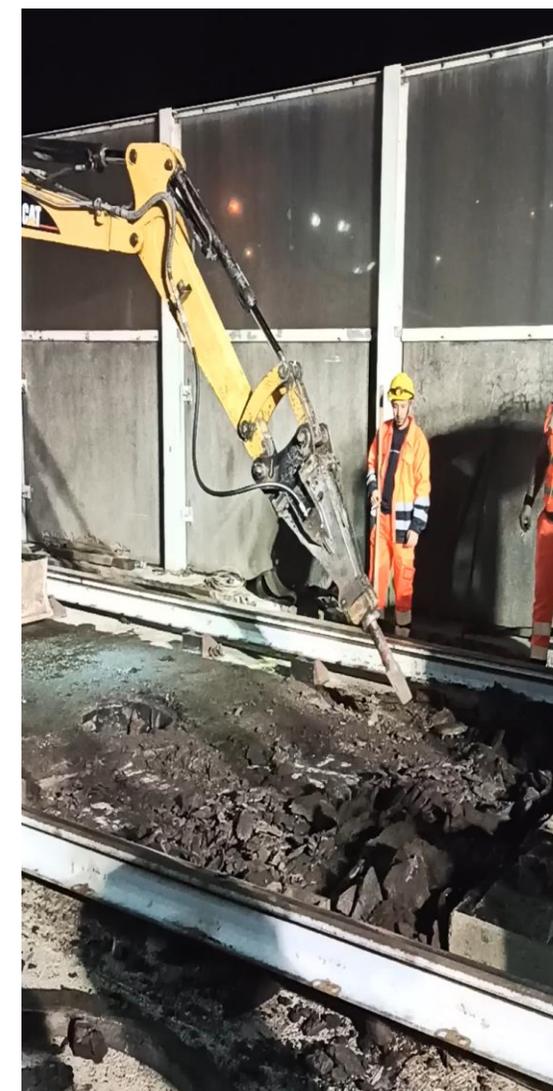
□ Caso applicativo: manutenzione DD viadotto Le Ville (IPA – Wegh Group)

➤ Fasi di lavoro:

2



Scarifica e rimozione malta esistente e pulizia estradosso fondazione



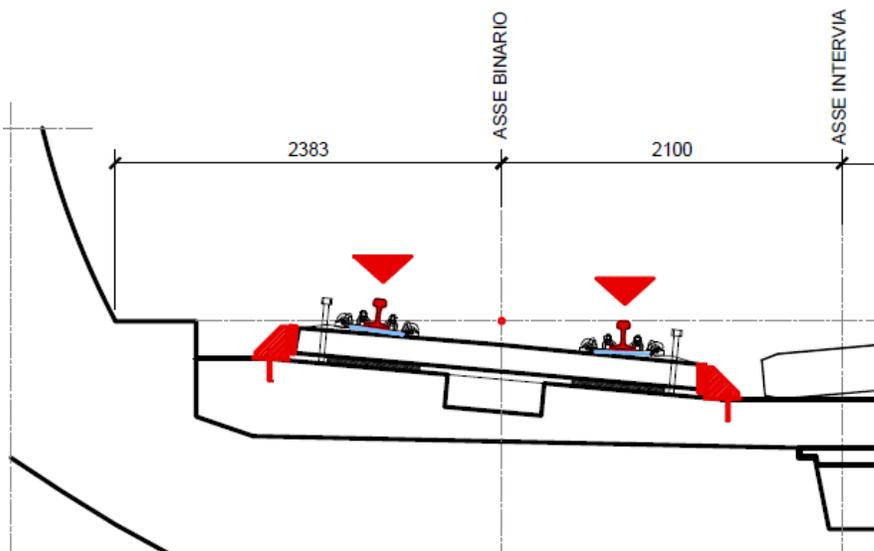
Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: manutenzione DD viadotto Le Ville (IPA – Wegh Group)

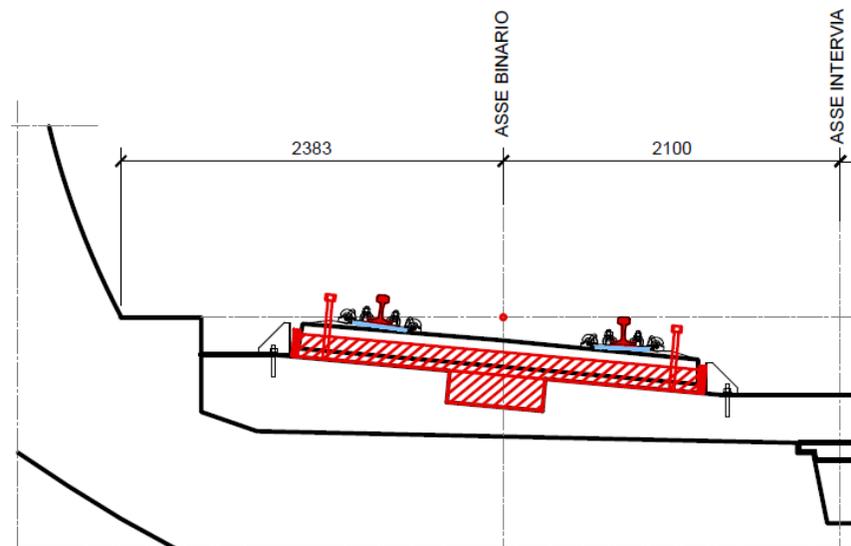
➤ Fasi di lavoro:

3



Posa di 3 piastre rigenerate su supporti provvisori elastomerici e fissaggio con ritegni orizzontali. Circolazione con rallentamento a 115 km/h

4



Rimozione degli appoggi provvisori, regolazione plano-altimetrica del binario e getto in opera dello strato intermedio. Circolazione con rallentamento a 115 km/h

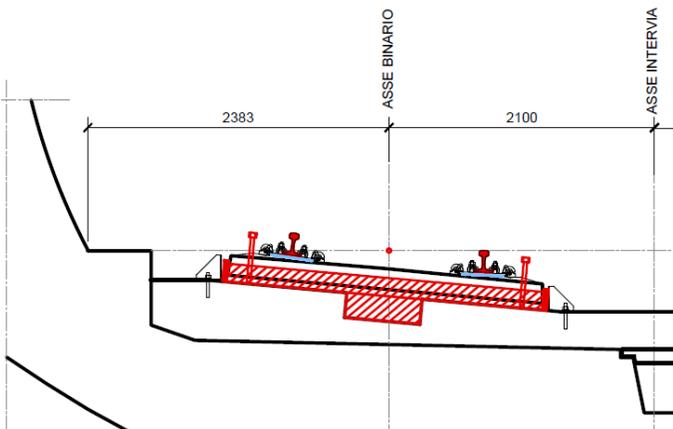
Una nuova concezione del cantiere di rinnovo



□ Caso applicativo: manutenzione DD viadotto Le Ville (IPA – Wegh Group)

➤ Fasi di lavoro:

4



Rimozione degli appoggi provvisori, regolazione plano-altimetrica del binario e getto in opera dello strato intermedio. Circolazione con rallentamento a 115 km/h



Grazie per l'attenzione

f.iacobini@rfi.it

RFI - Vice Direzione Generale Sviluppo e Standard - Direzione Tecnica
- Standard Infrastruttura

s.lisi@rfi.it

RFI - Vice Direzione Generale Sviluppo e Standard - Direzione Tecnica
- Standard Infrastruttura - Armamento

st.rossi@rfi.it

RFI - Vice Direzione Generale Sviluppo e Standard - Direzione Tecnica
- Standard Infrastruttura – Tecnologie di armamento

