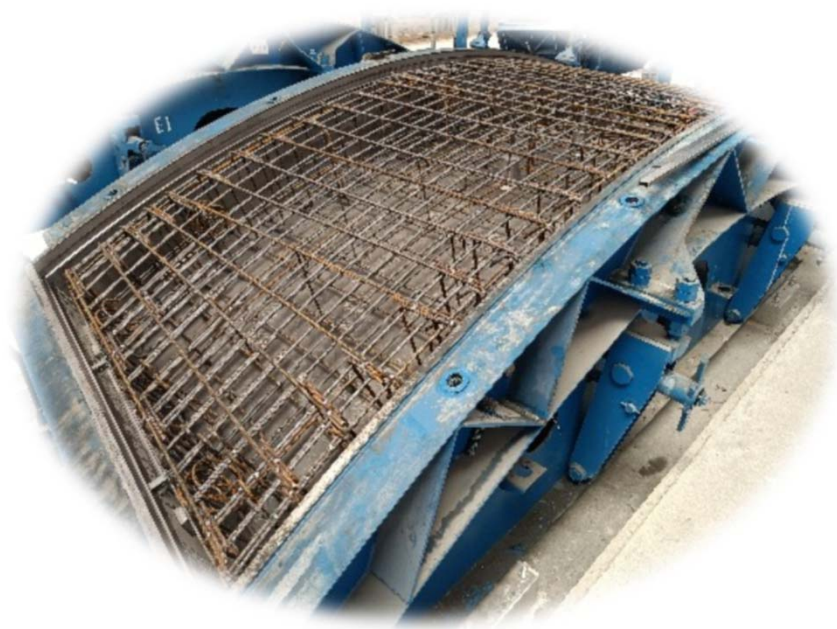


# RIVESTIMENTI IN ANELLI DI CONCI PREFABBRICATI DI GALLERIE REALIZZATE CON TBM INDUSTRIALIZZAZIONE E SOSTENIBILITÀ



## Elenco degli argomenti



- A ✓ Inquadramento
- B ✓ Le componenti della gabbia
- C ✓ Il calcolo
- D ✓ La saldatura automatica
- E ✓ I vantaggi
- F ✓ Esperienze nel mondo

## Inquadramento... perché questo intervento

L'aggettivo **MECCANIZZATO** che usiamo per descrivere sinteticamente lo scavo di gallerie per mezzo di TBM merita una riflessione per considerarlo come un obiettivo ...diremmo **OLISTICO**. La direzione è già quella, inevitabilmente...

- Molti sono gli esempi in cui componenti base lavorano in modo automatizzato
- Si moltiplicano le operazioni anche complesse che tendono all'automazione, lasciando all'operatore il compito d'intervenire quando si esce dalla «normalità».
- Nei cantieri si inizia a parlare apertamente d'intelligenza artificiale con studi ed applicazioni sperimentali... per prevedere in modo automatico il comportamento allo scavo e quindi tarare il set di parametri che lo regolano

## Inquadramento... perché questo intervento

E I CONCI...???

Anche i conchi beneficiano in molti passaggi elementari del fattore automazione.. anzi VIENE PRETESO PER GARANTIRE LA QUALITA', oltre a performance maggiori nel processo produttivo :

- L'impianto di betonaggio
- I sistemi di tracciamento del singolo elemento
- Le misure dimensionali
- La movimentazione
- La robotizzazione
- Gli impianti di produzione necessariamente sempre più performanti

E LA GABBIA D'ARMATURA?



## Inquadramento... perché questo intervento

Ma la gabbia d'armatura non è una gabbia.. sono più gabbie...

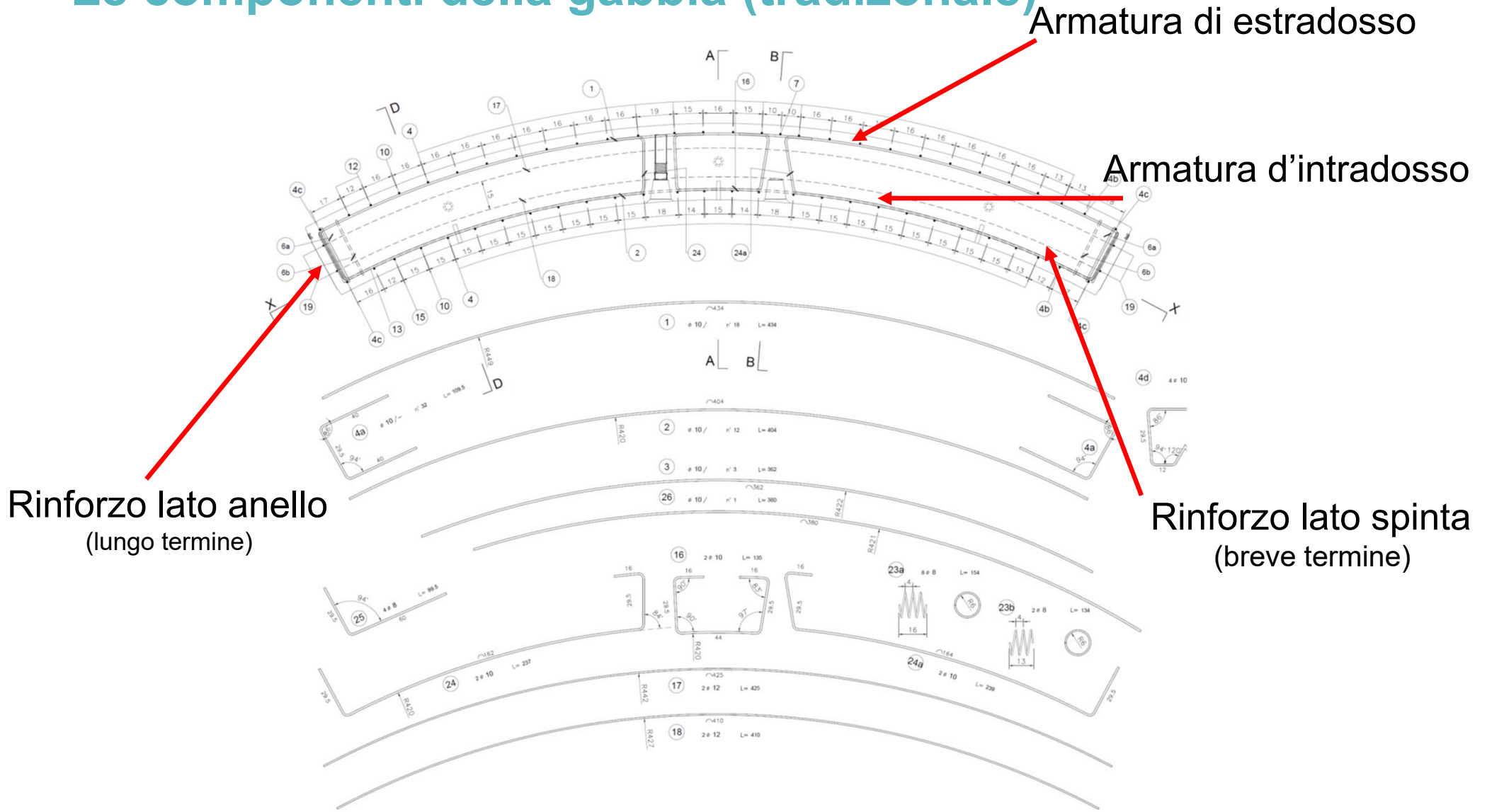
Per ogni concio dell'anello, una gabbia! Ormai, lo sappiamo, i nostri scavi meccanizzati vedono l'impiego di anelli universali quasi al 100%

-> abbiamo elementi a prima vista uguali, in realtà poco diversi (si parla di centimetri...), che – specialmente nel contesto attuale con il picco di infrastrutture con scavo in TBM da dover affrontare e realizzare in tempi assai contenuti - devono essere costruiti in numerose decine di migliaia di esemplari, con un impatto decisivo sull'intero processo produttivo.

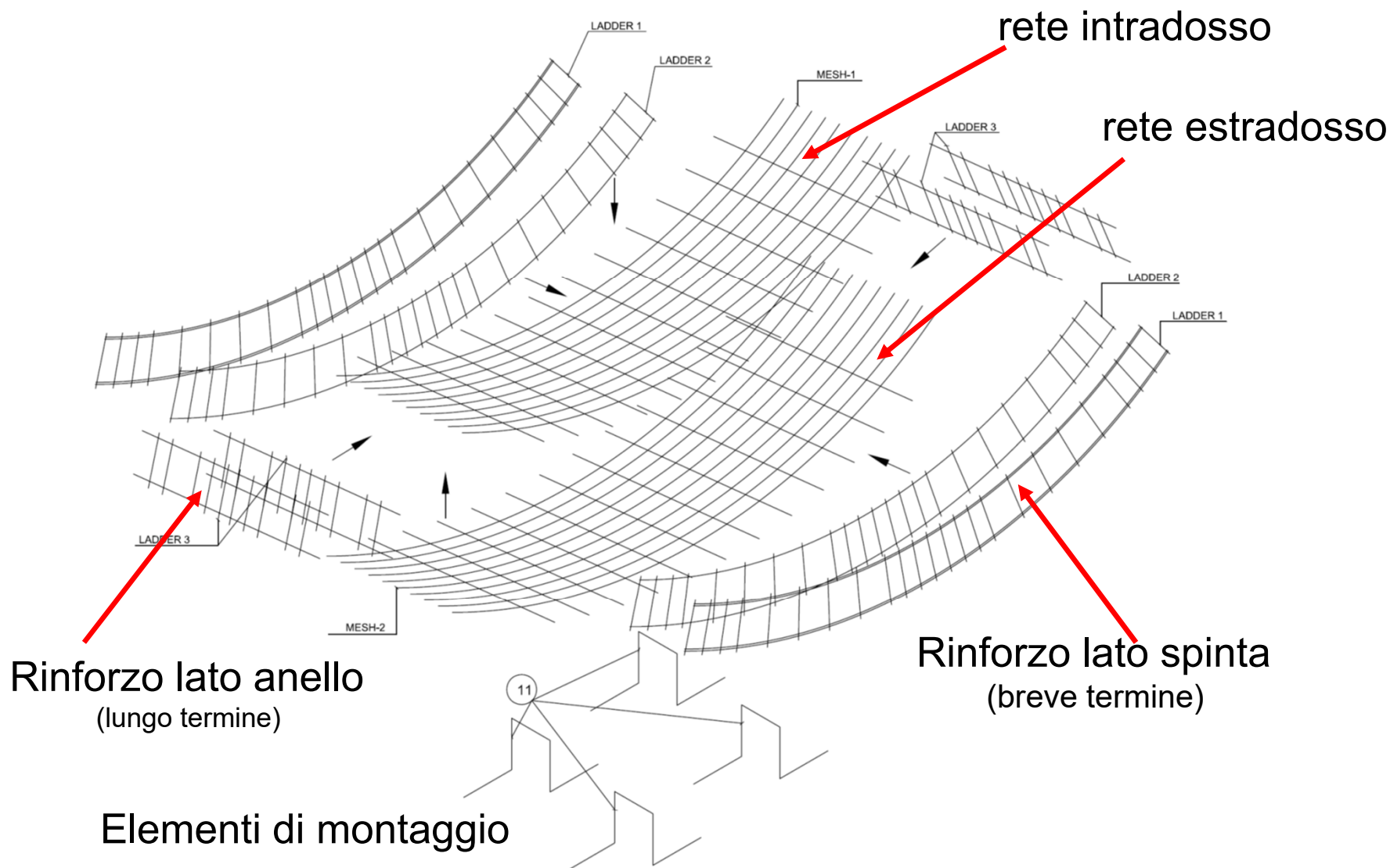
Quale ambito e congiuntura meglio di questa potrebbe essere favorevole all'automazione? Abbiamo :

- L'OPPORTUNITA'
- LA TECNOLOGIA
- LA VOLONTA' E L'ESPERIENZA ESTERA DELLE NOSTRE IMPRESE
- ... cosa ci manca....?

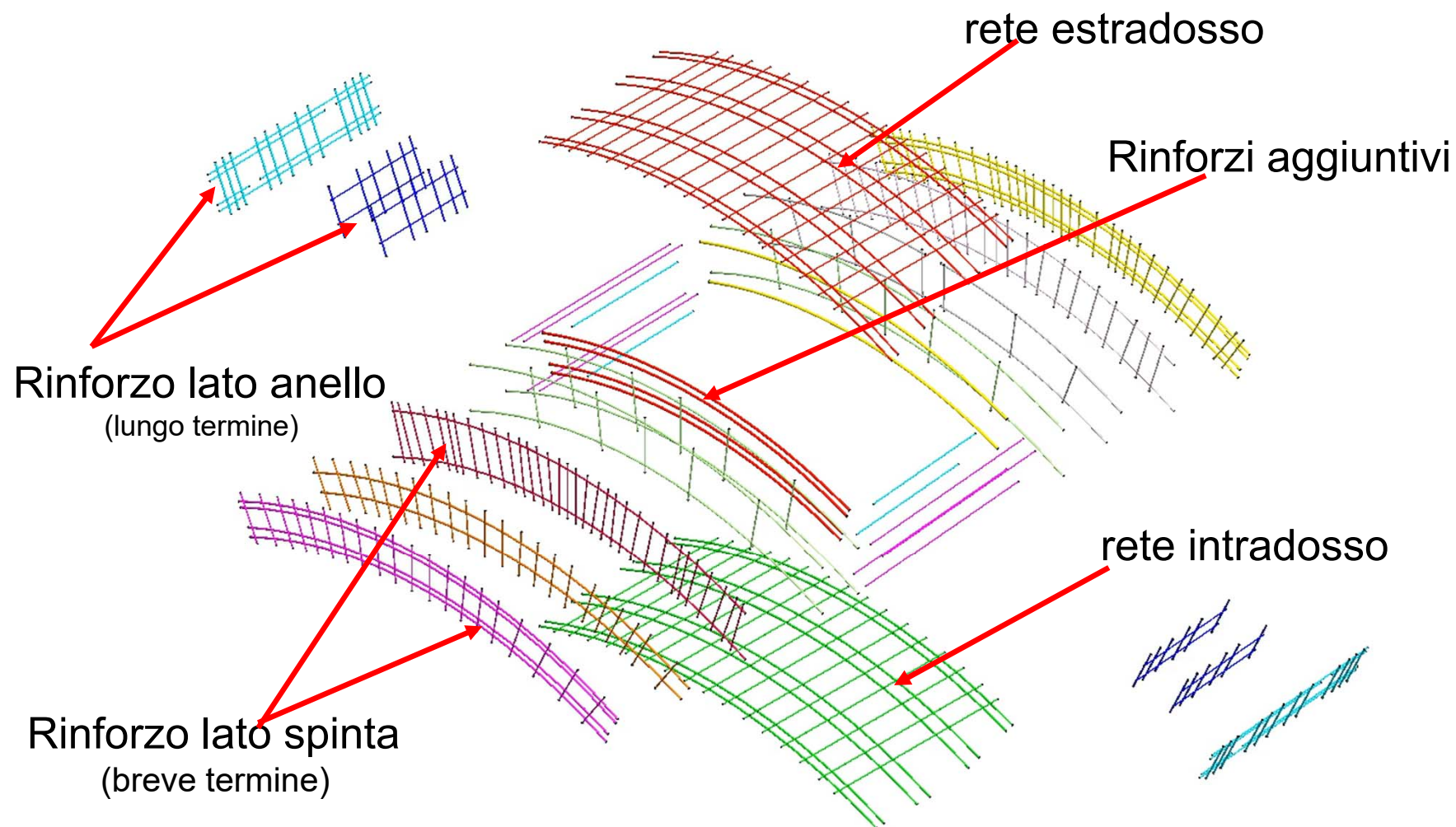
# Le componenti della gabbia (tradizionale)



## Le componenti della gabbia (ellettrosaldata)



## Le componenti della gabbia





## Il calcolo

Nella progettazione degli anelli in conci prefabbricati l'attenzione è rivolta subito ad alcuni elementi chiave per quanto attiene la resistenza strutturale:

1. Spessore in relazione al diametro della galleria
2. Superficie di contatto sul giunto concio-concio (fase di lungo termine)
3. Superficie disponibile all'appoggio dei martinetti TBM (fase di scavo)

Senza soffermarsi sui motivi inerenti la centralità di questi elementi possiamo dire, certo un po' semplificando, che quando questi sono corretti l'anello è «individuato»... e sostanzialmente le successive necessarie verifiche daranno riscontro positivo.

In tutto ciò l'armatura, che è ovviamente elemento fondamentale dell'«oggetto concio», non entra ancora in gioco.

## Il calcolo

In fase di esercizio i conci di un anello, mai o quasi mai, sono fortemente presso-inflessi; spesso già le verifiche SLE a prima fessurazione sono soddisfatte.



se così non fosse il giunto concio-concetto non potrebbe essere verificato per pressione di contatto (causa mancanza di superficie reagente per eccesso di eccentricità)



le barre curve delle reti d'intradosso ed estradosso sono poco o per nulla tese

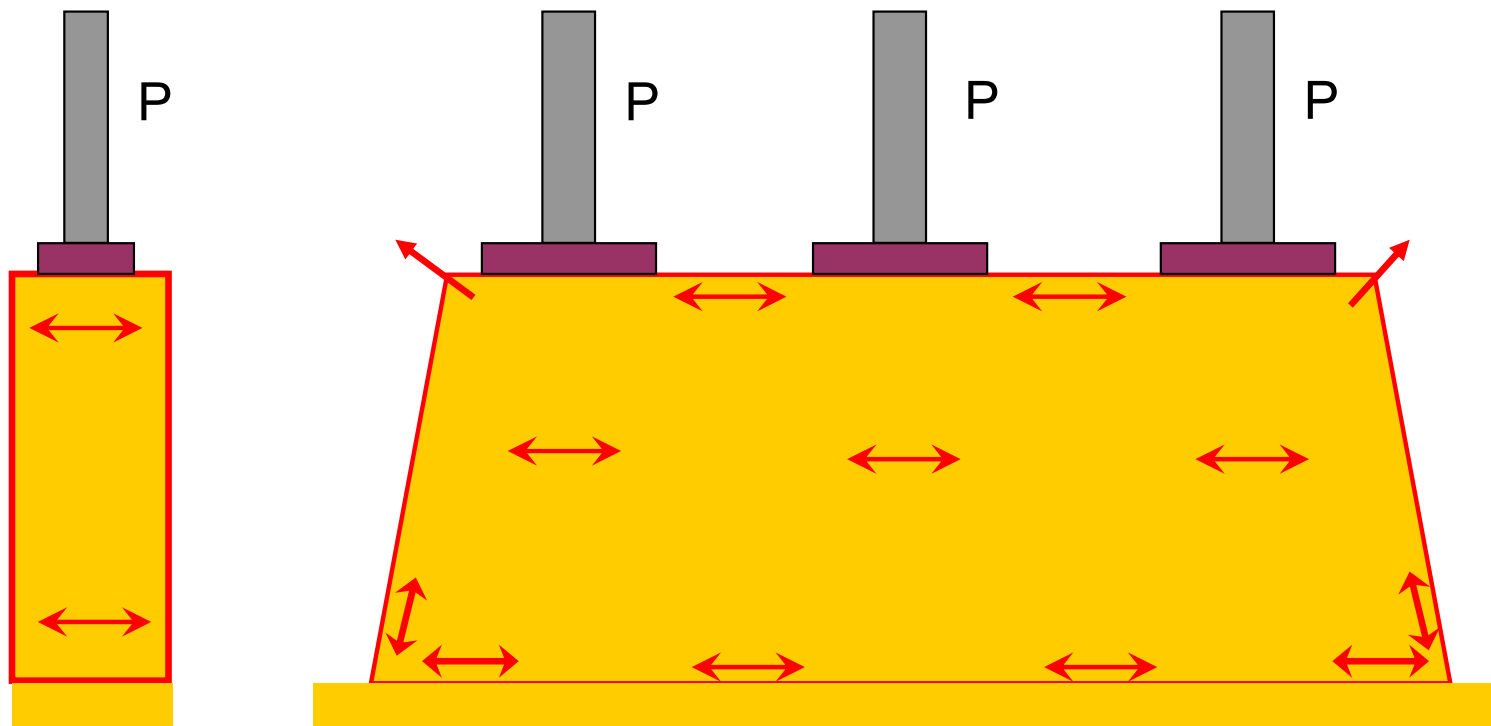


Le barre longitudinali delle reti sono semplici ripartitori e solo in parte contribuiscono alla resistenza dei giunti radiali (LT)

## Il calcolo

Dunque quale è la funzione delle armature?

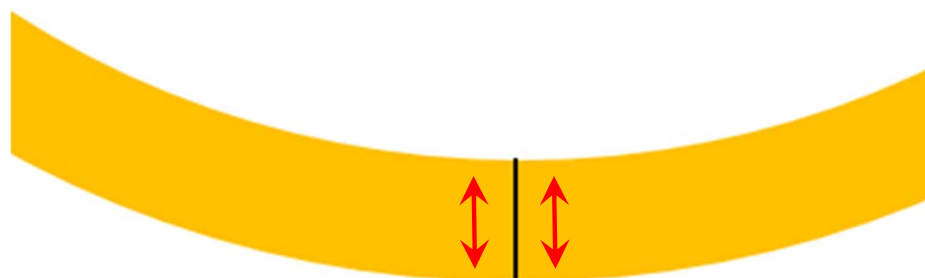
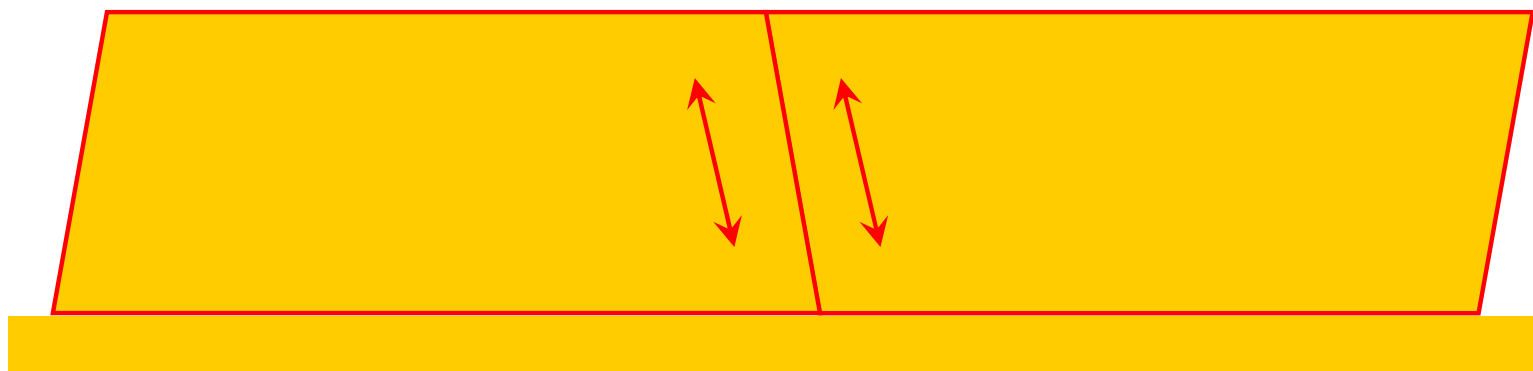
Semplificando, una inquadratura immediata lo si deduce da queste immagini dove si evidenziano le zone del conco soggette a trazione....



FASE DI SPINTA TBM

## Il calcolo

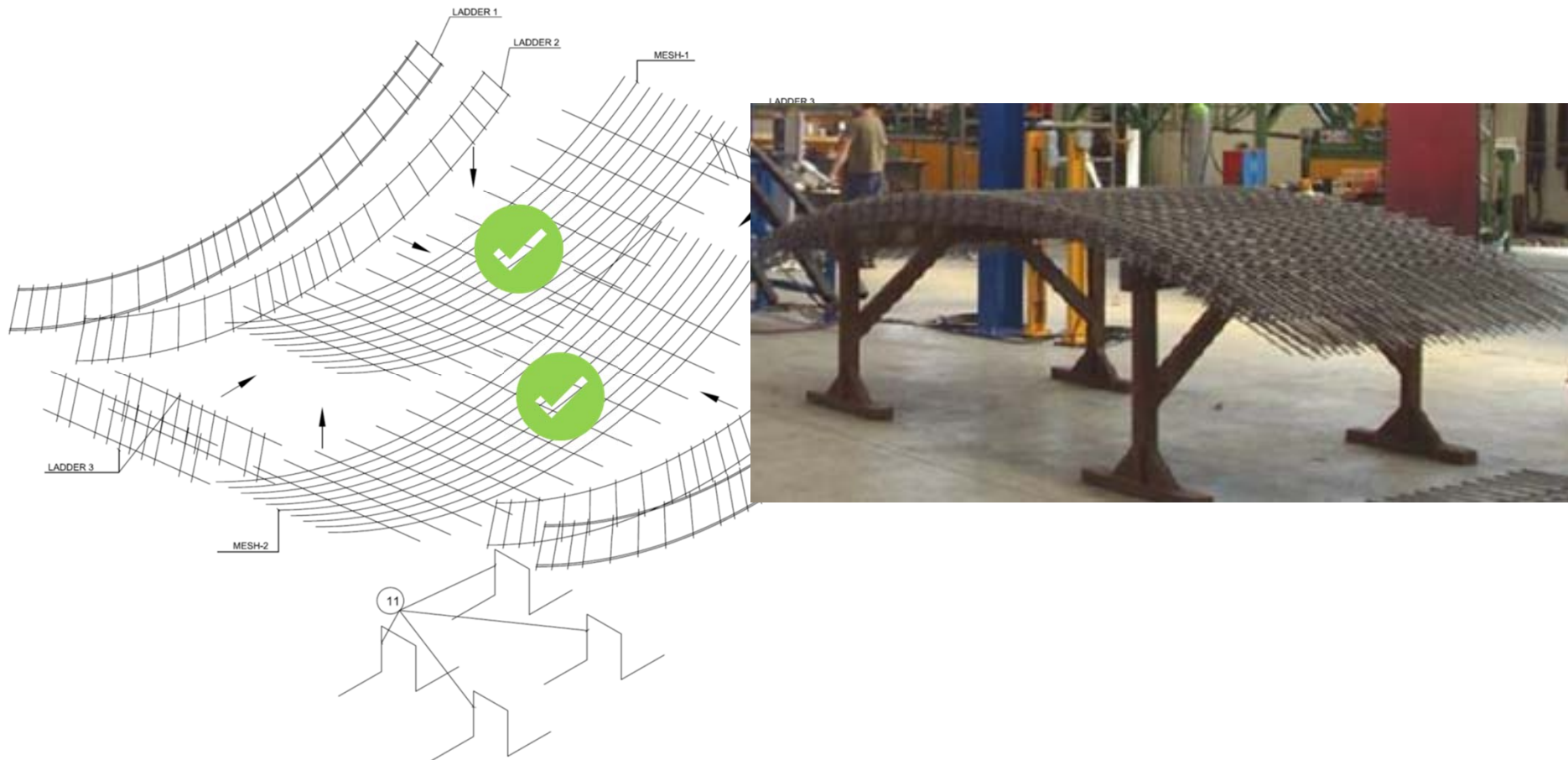
Dunque quale è la funzione delle armature?



FASE DI ESERCIZIO

## Il calcolo

Se così è.... possiamo affermare che avere le reti superiore ed inferiore costituita da ferri saldati e non assemblati in opera è un fatto puramente costruttivo che non entra in nessun calcolo



## Il calcolo

Le uniche saldature strutturali sono dunque quelle legate alle chiusure sui 4 lati per le quali si può efficacemente impiegare la norma ISO 17660 definendo lo *shear factor class* SF e definendo la quantità di barre necessarie di conseguenza

Shear factor class	Shear factor $S_f$
SF30	$\geq 30\%$
SF40	$\geq 40\%$
SF50	$\geq 50\%$
SF60	$\geq 60\%$
SF70	$\geq 70\%$
SF80	$\geq 80\%$

): Classi di resistenza delle giunzioni a croce secondo la norma ISO 17660.

L'armatura a gabbie elettrosaldate prevede giunzioni saldate a croce. Secondo la norma **ISO 17660**, la capacità resistente di giunzioni saldate a croce avviene tramite il cosiddetto fattore di taglio SF; quest'ultimo esprime la resistenza della giunzione come percentuale della resistenza a trazione della barra ancorata. Tipicamente si potrà usare una classe SF70 o SF80

## Il calcolo

Da un punto di vista strutturale, proporre più area di ferro perché la saldatura regga di conseguenza va a beneficio del fattore fessurazione e può essere ben accetto..

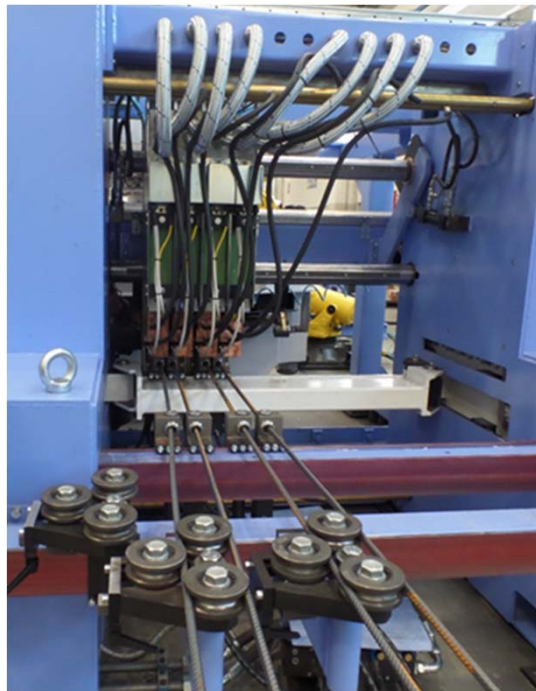
Localmente più ferro resistente ma saldato, il conteggio finale dei chilogrammi di ferro sarà sempre a vantaggio della soluzione saldata



## La saldatura automatica

Sul processo di saldatura a livello di tecnologia, efficienza e qualità del risultato non ci soffermiamo essendo stato oggetto di altre presentazioni anche nelle edizioni precedenti

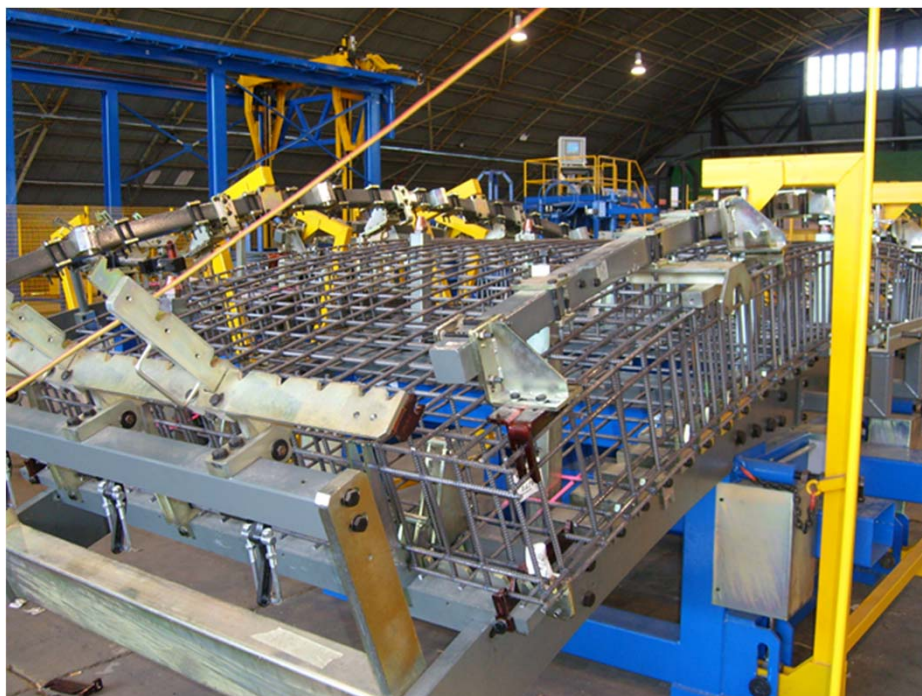
SOLO QUALCHE IMMAGINE PER RICHIAMARE QUESTI ELEMENTI





## La saldatura automatica

SOLO QUALCHE IMMAGINE PER RICHIAMARE QUESTI ELEMENTI



macchinari AWM con cui l'Impresa Pizzarotti ha approcciato il dialogo per approfondire il processo realizzativo e la relativa automazione



## I vantaggi

Anche rispetto ai vantaggi possiamo richiamarli ma sono concetti che già costruttori e progettisti hanno più volte evidenziato

- Gli elementi di rinforzo strutturale possono venire posizionati in modo più **coerente con le necessità strutturali**, perché l'assenza di sovrapposizioni libera spazio per il corretto posizionamento dei soli ferri che servono.
- Non trattandosi di lavoro manuale, che impiega tempo, si può optare per **diametri inferiori** con un numero di barre maggiori che si **distribuiscono meglio nell'elemento**.
- L'industrializzazione del processo consente di raggiungere una **qualità molto elevata nella produzione dei singoli elementi**
- Non da ultimo, una **considerevole** –tanto più in questo momento storico di assoluta carenza di manodopera - **ottimizzazione della manodopera necessaria, oltre che della quantità di ferro da lavorare**

## E allora... Perché no?

Questa sarebbe la domanda da porsi per potersi convincere che

**«sì, questa è una pratica da introdurre in modo sistematico»**

Dubbi sul calcolo delle saldatura? Sono processi normati con prassi consolidate... (ad esempio punto 8.6 dell'eurocodice 2 e ISO17660)

Dubbi sui processi di saldatura? Possiamo testare a campione come desideriamo....

Dubbi sulla correttezza geometrica delle gabbie? Con il livello di automazione di cui possiamo disporre...

Dubbi sull'assemblaggio della gabbia finale? E cosa dovremmo dire dell'assemblaggio pezzo per pezzo...

## Esperienze nel mondo

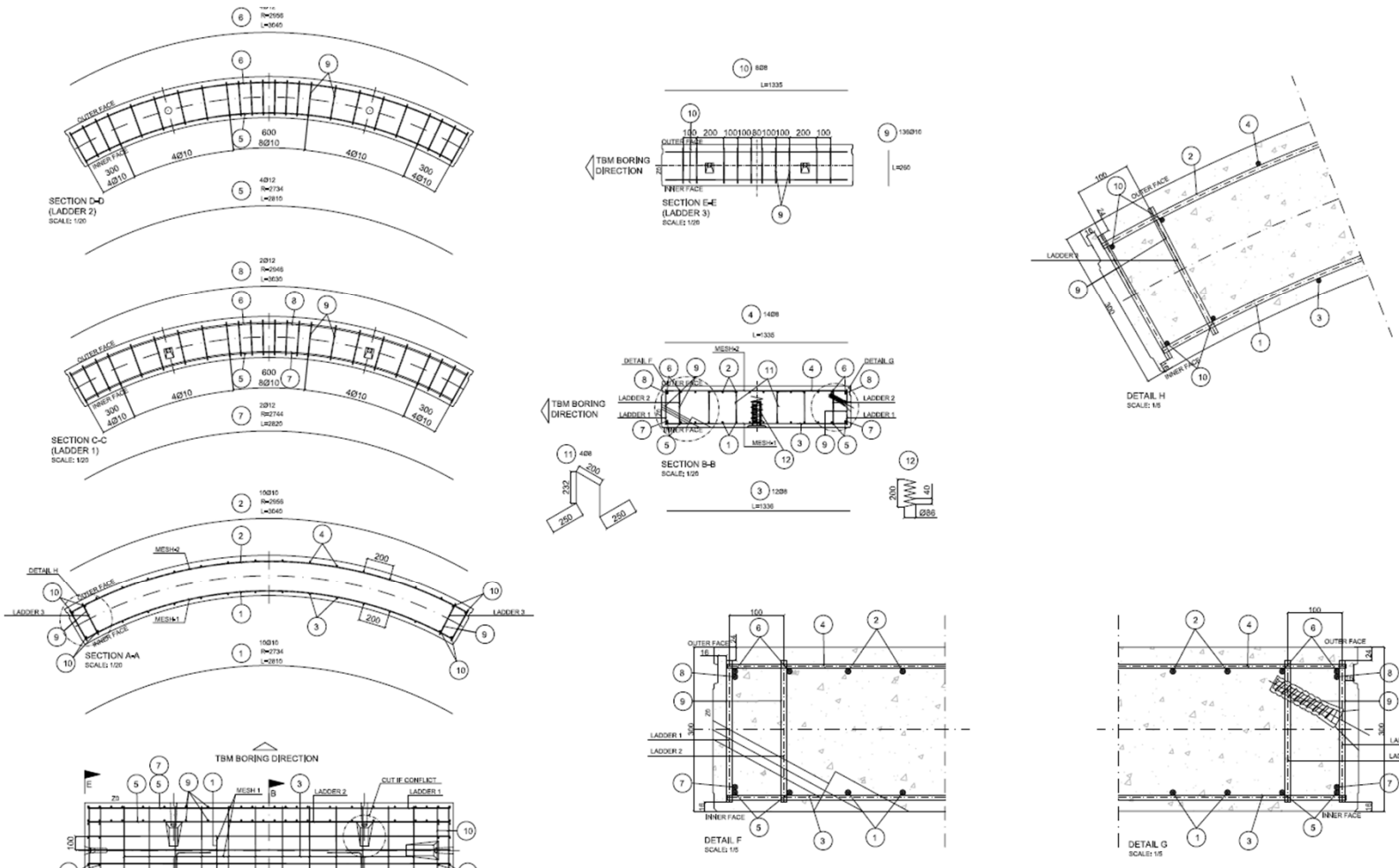
Ma già nel 1997-1998, colleghi russi sgranavano gli occhi quando ci proponevano di saldare alcuni ferri per evitare la congestione delle armature e noi dicevamo che non era prassi...

Ci portarono a vedere delle saldature a croce dove l'unione era «li da vedere» e la barra «tirata» era completamente snervata

Non conoscevano lo scavo meccanizzato, l'anello universale ed i conci... ma sulle saldature 0-1 e palla al centro!...

MA VENIAMO AD ALCUNE ESPERIENZE NOSTRE PIU' RECENTI

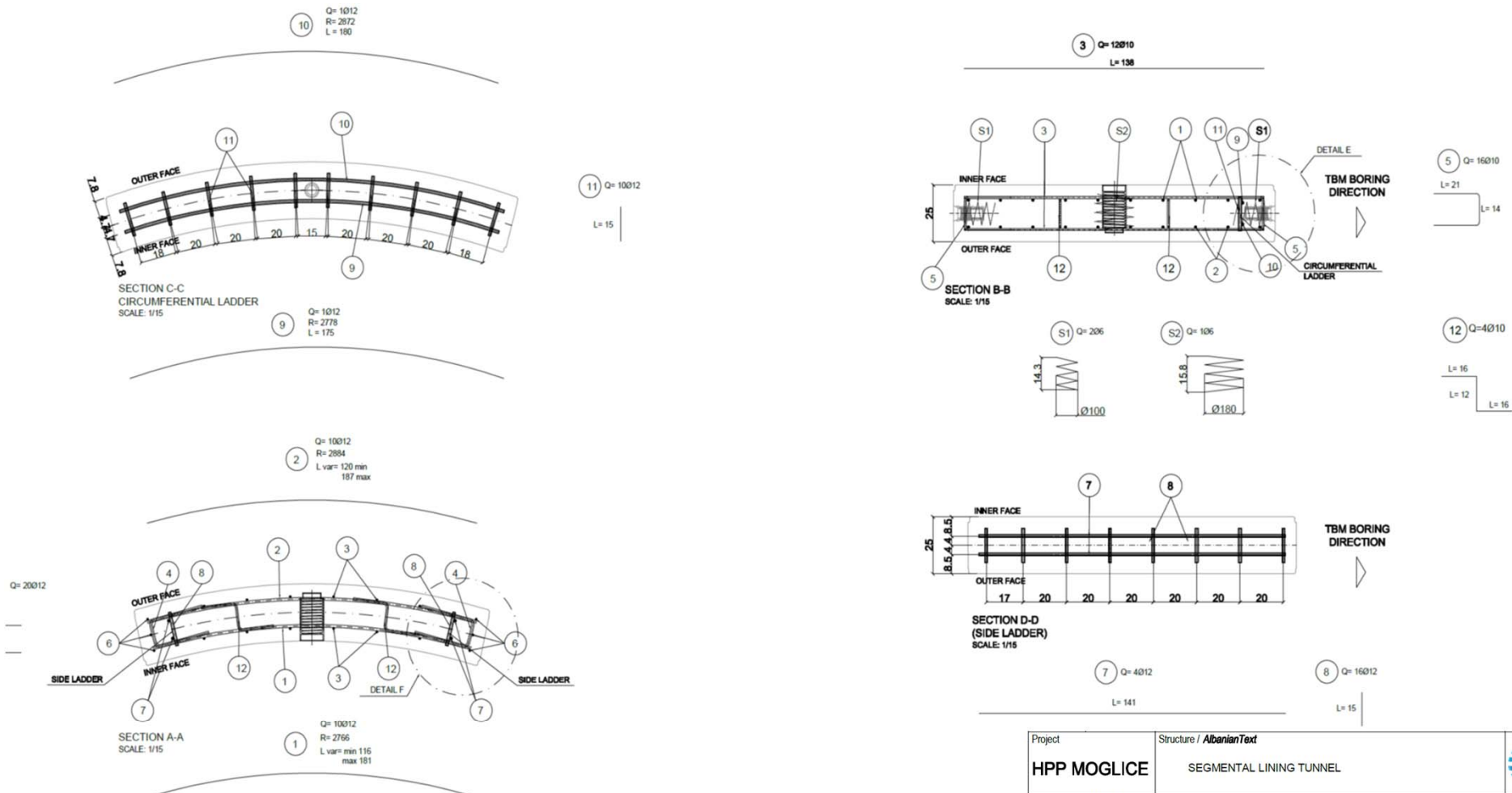
# Alcune nostre esperienze nel mondo



Mosca - 2012

Project Title:  
LYUBLISNKO-DMITROVSKAYA METRO LINE  
SELIGERSKAYA-MAR'INA-ROSCHA ROUTE  
MOSCOW

# Alcune nostre esperienze nel mondo

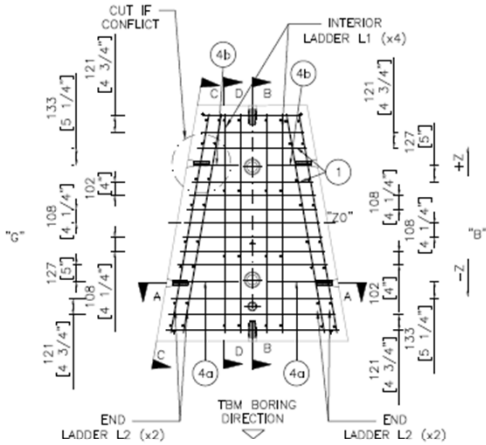


Albania - 2014

Project	Structure / <i>AlbanianText</i>	
<b>HPP MOGLICE</b>	SEGMENTAL LINING TUNNEL	
Work group and title of document		Date: 2015/05/01
SEGMENT A-STEEL BAR REINFORCEMENT		Prepared by: F. TAGLIALATELA
		Checked by: NICOLA DELLA VALLE
		Approved by: Fikret TULUMTAŞ
		Scale: A1 1: 1/15-1/5

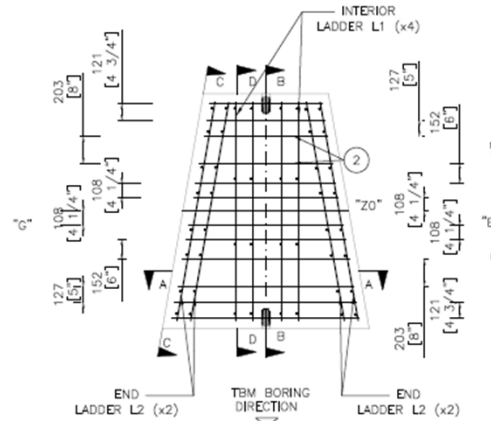


# Alcune nostre esperienze nel mondo



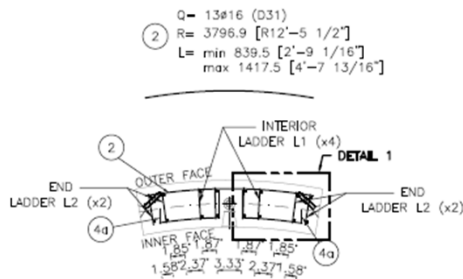
**SEGMENT A INNER FACE  
REINFORCEMENT (PROJECTION VIEW)**

SCALE: 1/20



**SEGMENT A OUTER FACE  
REINFORCEMENT (PROJECTION VIEW)**

SCALE: 1/20



② Q = 13#16 (D31)  
R = 3796.9 [R12'-5 1/2"]  
L = min 839.5 [2'-9 1/16"]  
max 1417.5 [4'-7 13/16"]

④a Q = 2#16 (D31)  
L = 762 [2'-6"]

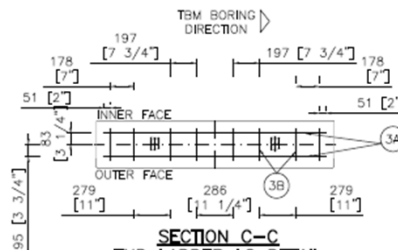
L = 203.2 [8"] L = 101.6 [4"]

R = 3576.7  
[R11'-8 13/16"]  
L = 457.2 [1'-6"]

④b Q = 2#16 (D31)  
L = 584.2 [1'-11"]

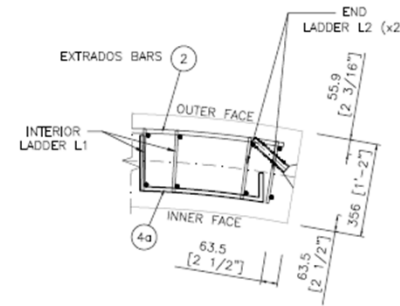
L = 203.2 [8"] L = 101.6 [4"]

R = 3576.7  
[R11'-8 13/16"]  
L = 279.4 [11"]



**SECTION C-C  
END LADDER L2 DETAIL**

SCALE: 1/20



**DETAIL 1**

DISTRICT OF COLUMBIA  
WATER AND SEWER AUTHORITY

DC CLEAN RIVERS PROJECT  
ANACOSTIA RIVER PROJECTS - DIVISION J  
NORTHEAST BOUNDARY TUNNEL

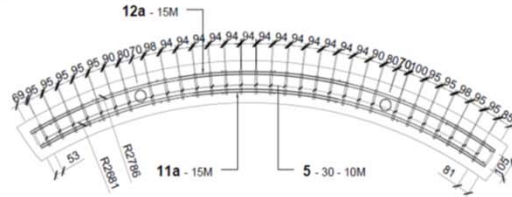
**REINFORCEMENT  
SEGMENT A**

Washington DC - 2017

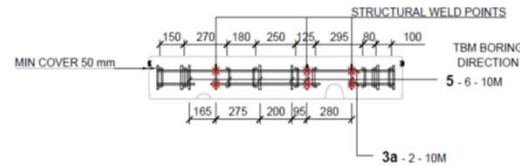
SCALE	AS SHOWN	DRAWN	MLC
INTERCEPTOR		CHECKED	MPE
SYSTEM		SUBMITTED	NDV
SURVEYED			
DATE	3/14/2018	RECOMMENDED	
CADD FILE			

# Alcune nostre esperienze nel mondo

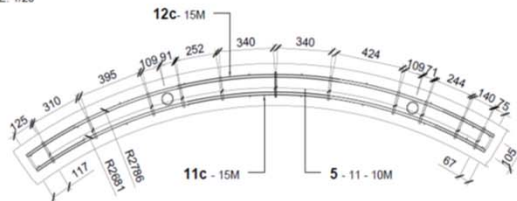
**SECTION B-B**  
**LEADING EDGE LADDER B1**  
SCALE: 1/20



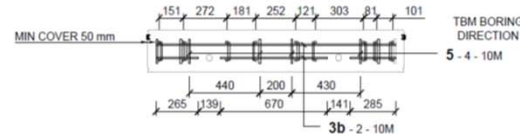
**SECTION E-E**  
**RADIALJOINT LADDER BR2-A**  
SCALE: 1/20



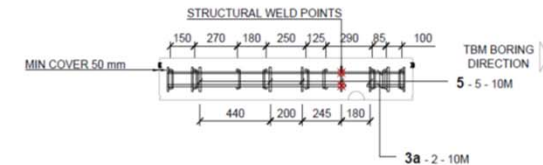
**SECTION C-C**  
**TRAILING EDGE LADDER B2**  
SCALE: 1/20



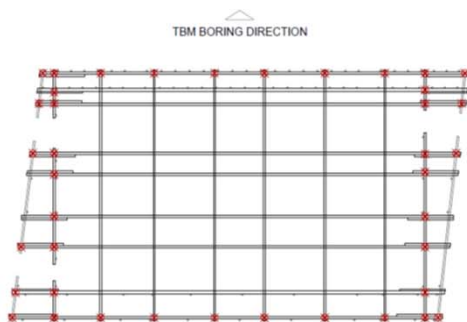
**SECTION F-F**  
**RADIALJOINT LADDER BR1**  
SCALE: 1/20



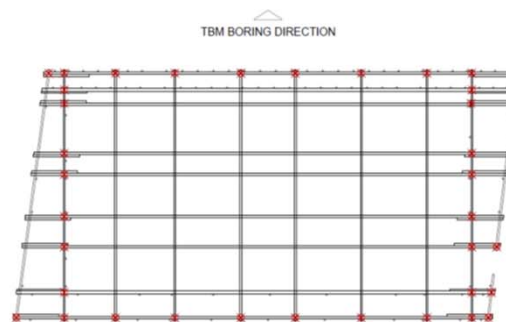
**SECTION G-G**  
**RADIALJOINT LADDER BR2-B**  
SCALE: 1/20



**INNER FACE STEEL CAGE - STRUCTURAL WELD POINTS**  
SCALE: 1/20



**OUTER FACE STEEL CAGE - STRUCTURAL WELD POINTS**  
SCALE: 1/20

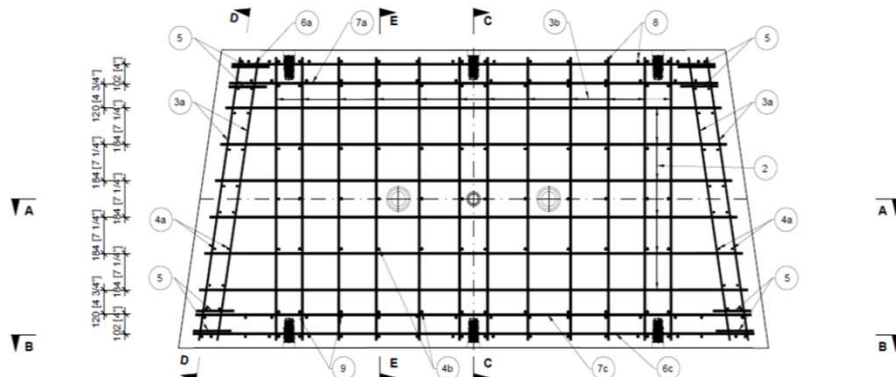


Vancouver- 2020

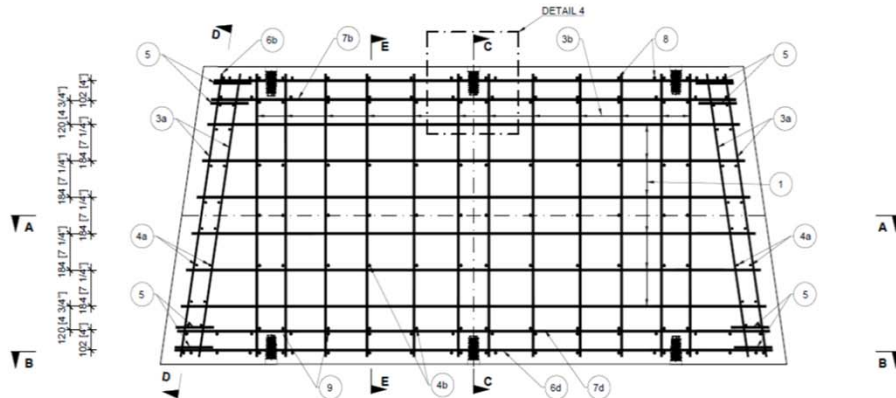
		Project Title:		Drawing Title:	
		BROADWAY SUBWAY PROJECT		SEGMENTAL LINING 1.6 m HEAVY REINFORCEMENT SEGMENT B	
Contractor's Ref No.:		Designed:		Approved:	
		SBP		NDV	
Scale:		Drawn:		Date:	
1/20		MPG		06/10/2022	
		Drawing No.:		Rev.	
		TC2024-D06		6	
				Sheet	
				2-6	



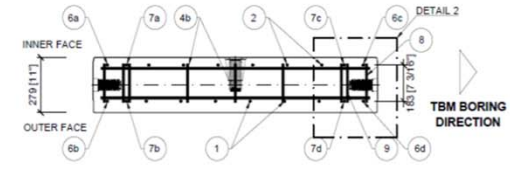
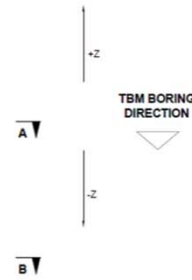
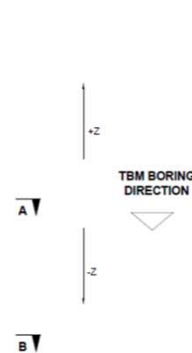
# Alcune nostre esperienze nel mondo



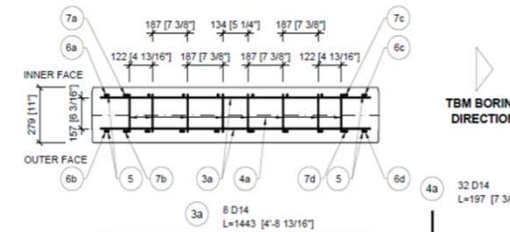
**SEGMENT B REINFORCED CONCRETE  
INNER FACE PROJECTED VIEW**  
SCALE: 1/15



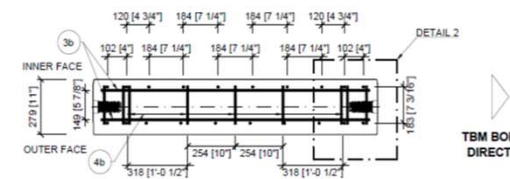
**SEGMENT B REINFORCED CONCRETE  
OUTER FACE PROJECTED VIEW**



**SECTION C-C**  
SCALE: 1/15



**SECTION D-D**  
SCALE: 1/15



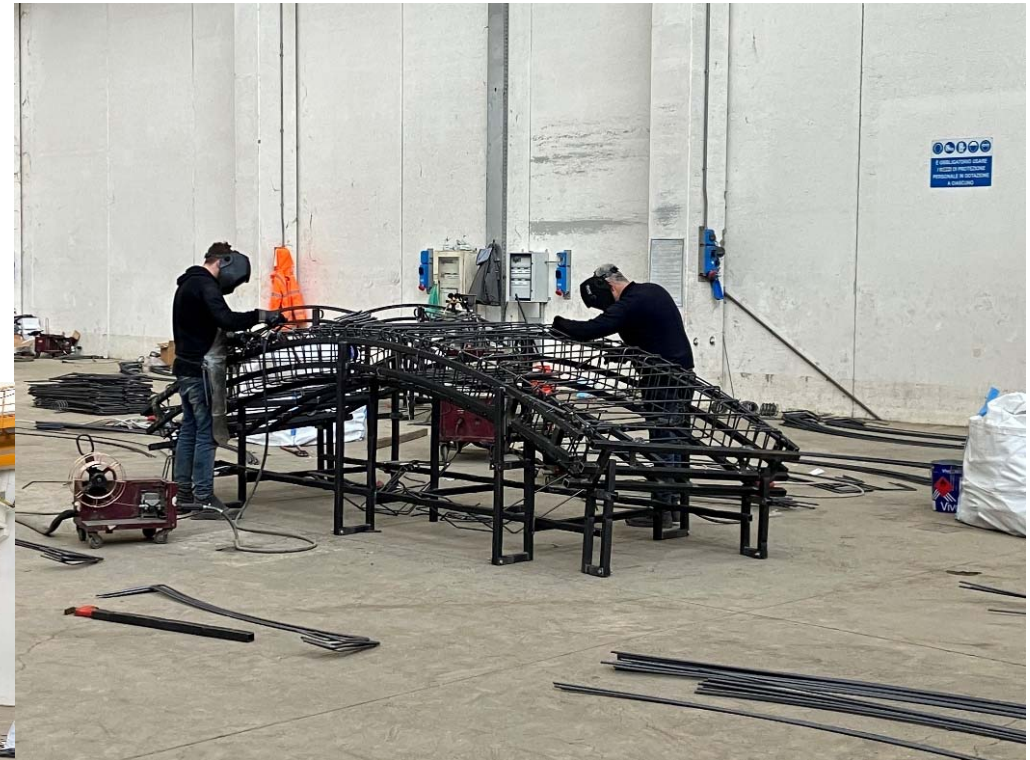
Rev.	Date	By	Description	MPE Checked	NDV Approved
0	18/12/20	SBP	FIRST RELEASE		
Project Title:			Drawing Title:		
SHIP CANAL WATER QUALITY PROJECT SEATTLE, WA			SEGMENTAL LINING RING GEOMETRY FOR STANDARD RINGS INTERNAL Ø 5740 mm (18'-10") LENGTH 1524 mm [5'-0"] REINFORCED CONCRETE SEGMENT A		
Contractor's Ref No.:					
Designed	Checked	Approved	Drawing No.:	Rev.	Sheet
SBP	MPE	NDV	TC2010-D32	0	1-1
Scale	Drawn	Date			
1:15-1:5	VGP	18/12/2020			

Seattle- 2020

## Concludo

Facendo osservare che questo non si può certo definire...

..... MECCANIZZATO.....



...e quando nello stesso polo produttivo occorre lavorare diverse tipologie di anello contemporaneamente..?



Grazie per l'attenzione