



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI
GENOVA**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile e Ambientale

PROBLEMATICHE NORMATIVE SULLA PROGETTAZIONE DI DIGHE A PARETE

Laureando: STV (GN) GIOVANNI LADISA

RELATORE: Prof. Giovanni BESIO

CORRELATORE: Prof. Laura LANDO' REBAUDENGO

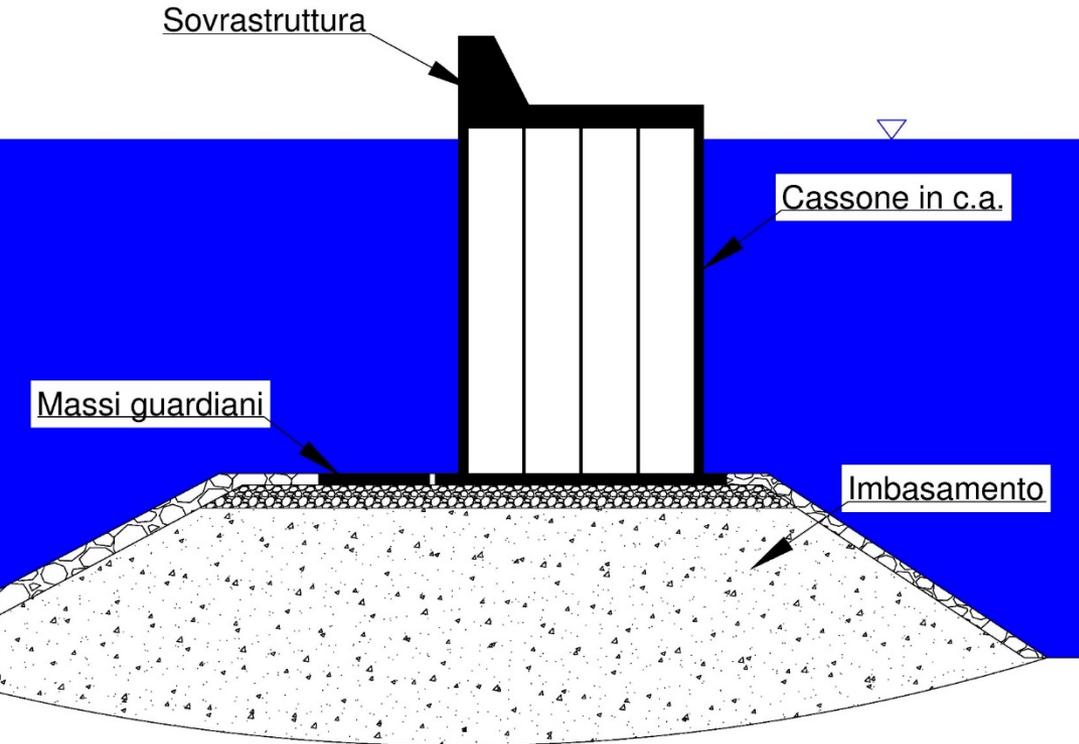


Oggetto della tesi

- Dighe a parete verticale
- Norme Tecniche
- Verifica a scorrimento di una diga esistente
- La futura diga foranea di Genova
- Osservazioni conclusive



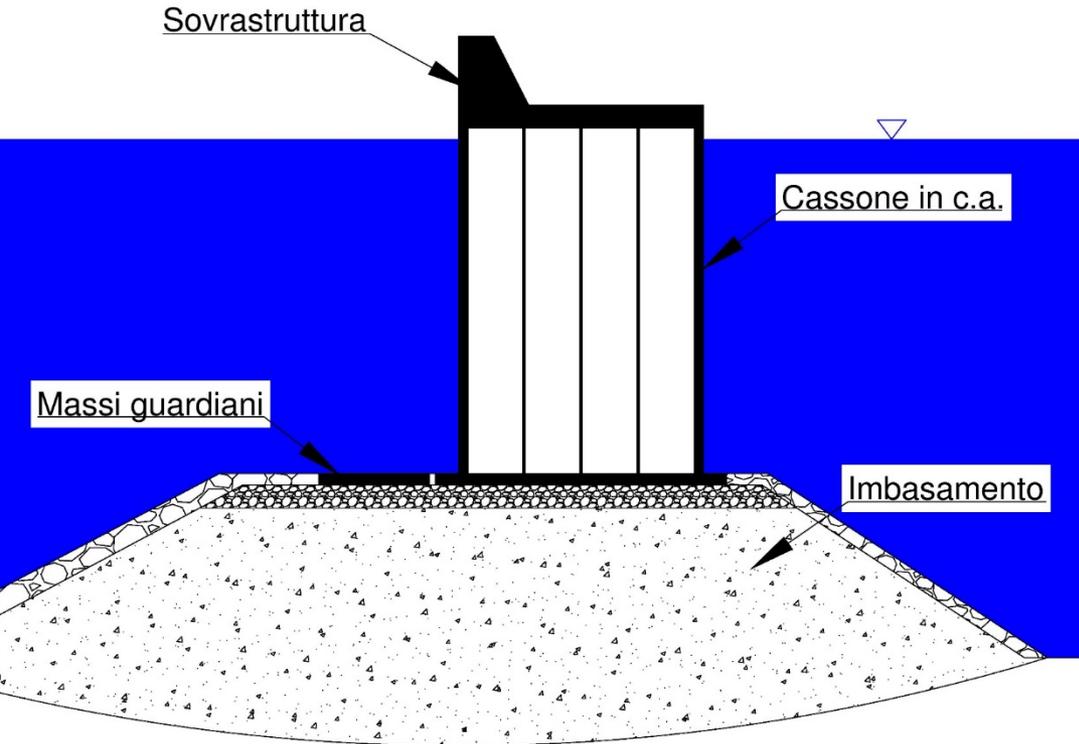
DIGHE A PARETE



CASSONE

- La larghezza va determinata imponendo la condizione di stabilità all'azione dell'onda
- Altezza fuori acqua è di circa 1 metro
- La lunghezza è di solito pari o superiore al doppio dell'altezza
- Trasportato in galleggiamento
- Viene affondato per riempimento

DIGHE A PARETE



IMBASAMENTO

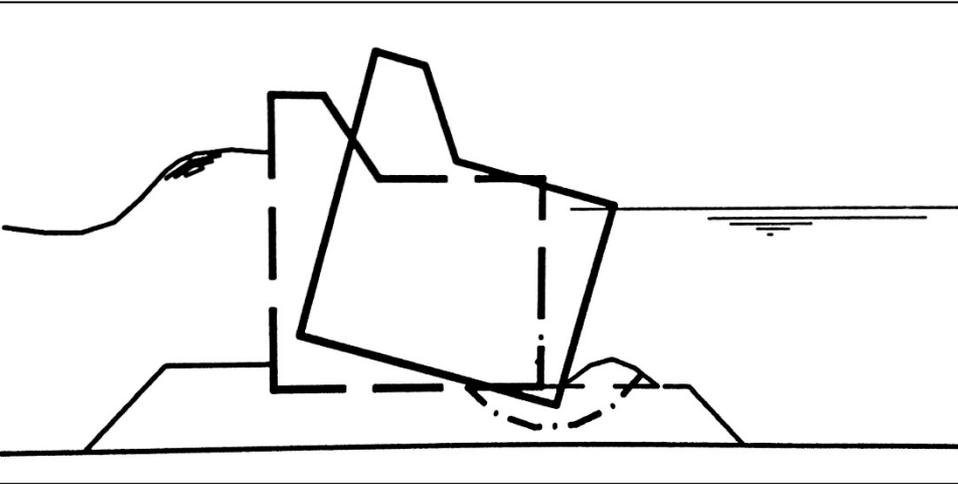
- Costituito da materiale di cava
- Garantisce un piano di posa regolare
- Distribuisce le pressioni esercitate dal fusto della diga

MASSI

- Proteggono dall'azione erosiva del mare

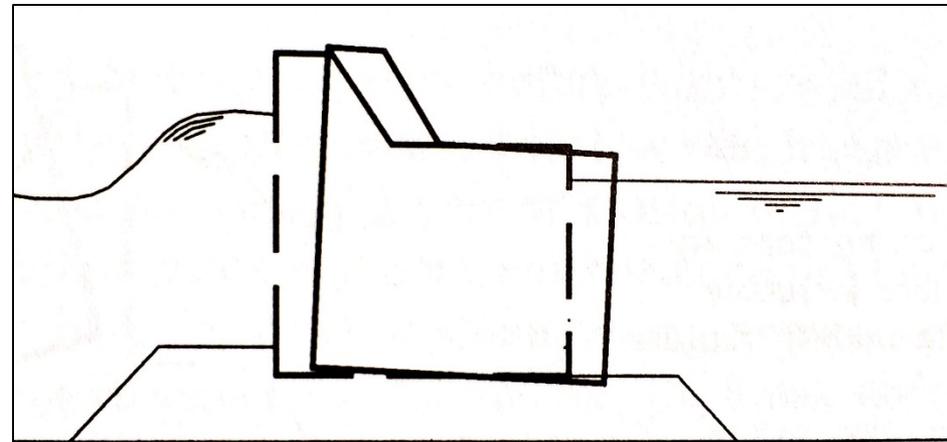
DIGHE A PARETE

Verifiche di stabilità



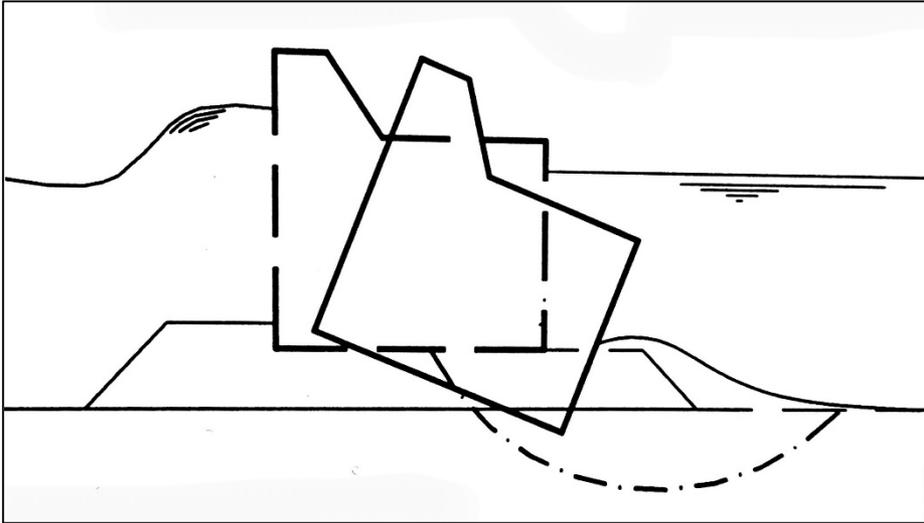
Ribaltamento – Cedimento
dell'imbasamento

Scorrimento relativo tra cassone
e imbasamento



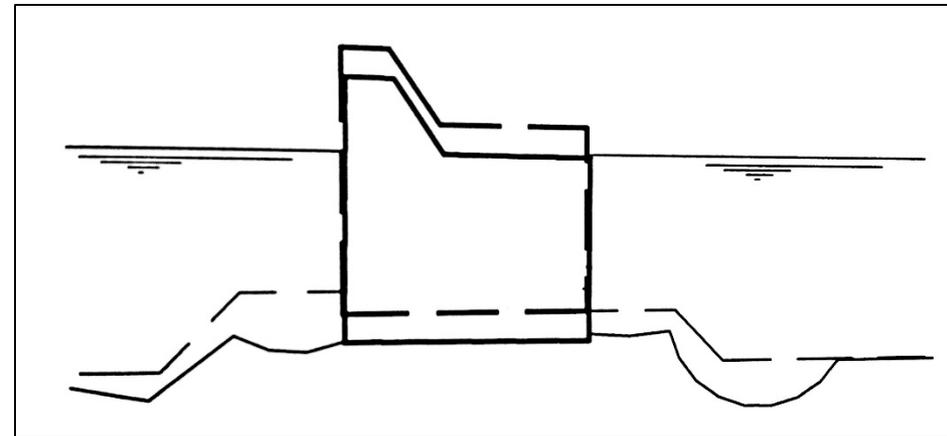
DIGHE A PARETE

Verifiche di stabilità



Cedimento del terreno sottostante la diga e scorrimento lungo superfici di scorrimento

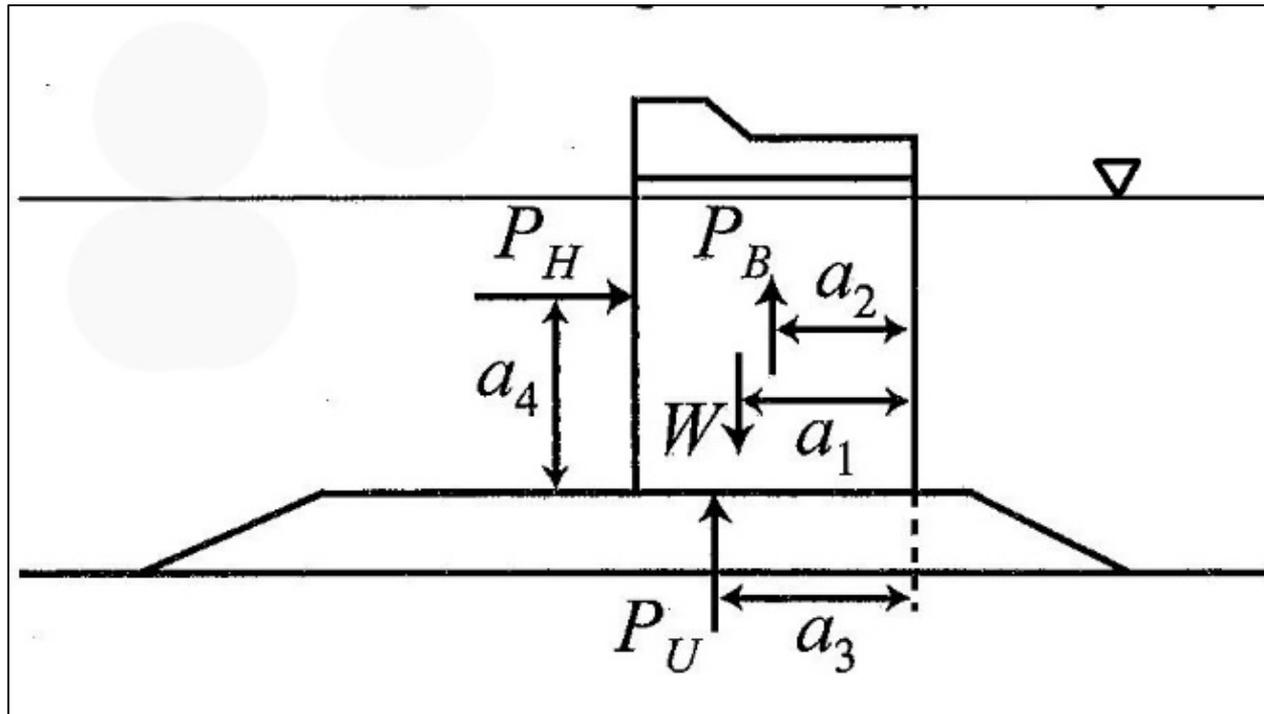
Schiacciamento dell'imbasamento



AZIONI AGENTI

Azioni Permanenti

- P_B è la spinta di Archimede
- W è il peso del cassone



Azioni Variabili

- P_u è la sottospinta
- P_H è la forza orizzontale del moto ondoso

APPROCCI DI VERIFICA

PER LA VERIFICA DELLE COSTRUZIONI MARITTIME LA TENDENZA E' DI REDIGERE NORMATIVE BASATE SU METODI SEMIPROBABILISTICI E DI AGGIORNARE QUINDI LE ORMAI SUPERATE ISTRUZIONI FONDATE SU CONCETTI DETERMINISTICI

APPROCCI DI VERIFICA

DETERMINISTICI o di LIVELLO 0

- $\frac{R}{S} > C_s$
- C_s comprensivo di tutte le incertezze
- R, S valori nominali

PROBABILISTICI o di LIVELLO 1

- $E_d \leq R_d$
- $E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]; R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$
- R_k, S_k valori caratteristici
- Coefficienti parziali dipendono dalle incertezze delle singole variabili

QUADRO NORMATIVO ITALIANO

Riferimento per il progetto e la verifica di opere civili



NORMATIVA TECNICA DELLE COSTRUZIONI DEL 2008

- Approccio semiprobabilistico ai coefficienti parziali
- **NON TRATTA NELLO SPECIFICO DI OPERE MARITTIME**



CI SI TROVA A DOVER ADEGUARE ALLE COSTRUZIONI MARITTIME PROCEDURE VALIDE PER ALTRE TIPOLOGIE DI OPERE CIVILI COME I MURI DI SOSTEGNO

QUADRO NORMATIVO ITALIANO

Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime del '96

- Approccio deterministico ai coefficienti globali
- Forniscono relazione per la determinazione delle azioni esercitate dal moto ondoso

RIFERIMENTI NORMATIVI INTERNAZIONALI

INTERNATIONAL NAVIGATION ASSOCIATION (PIANC 2001)



Breakwater with Vertical and Inclined Concrete Walls

- Approccio semiprobabilistico ai coefficienti parziali
- I coefficienti parziali sono associati ad una assegnata «*Probabilità di failure*»
- Forniscono le relazioni per la determinazione delle azioni esercitate dal moto ondoso (Modello di Goda)

RIFERIMENTI NORMATIVI INTERNAZIONALI

TECHNICAL STANDARDS AND COMMENTARIES FOR PORT AND FACILITIES IN JAPAN (2009)



Le norme giapponesi trattano nel dettaglio TUTTE le opere e infrastrutture portuali

- Approccio semiprobabilistico ai coefficienti parziali
- I coefficienti parziali sono associati ad una probabilità di *failure* pari a $8,7 \cdot 10^{-3}$
- Forniscono le relazioni per la determinazione delle azioni esercitate dal moto ondoso (Modello di Goda)

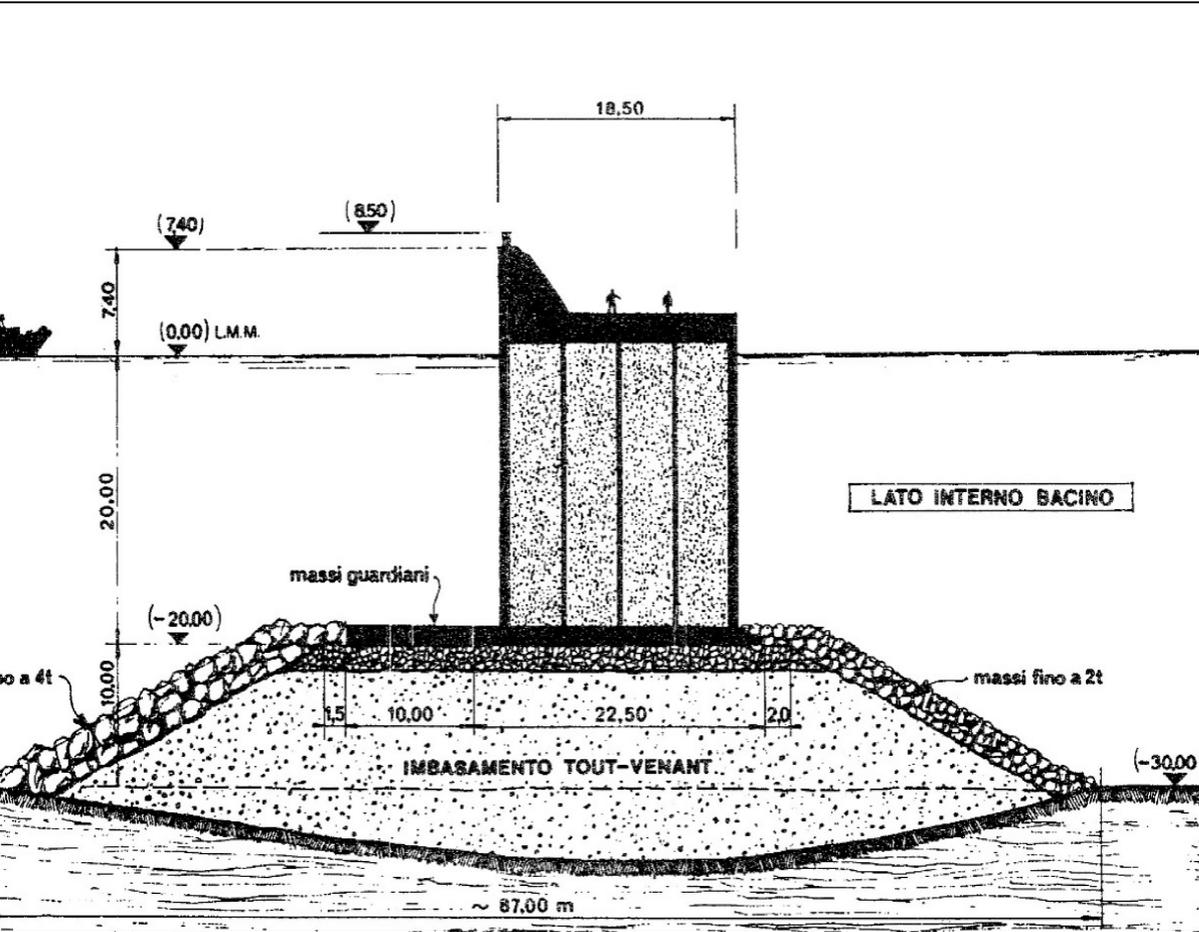
CASO DI STUDIO: DIGA DI VOLTRI

DIMENSIONI:

- Profondità di installazione: 30 m
- Altezza imbasamento: 10 m
- Larghezza del cassone B: 18,5 m

CARATTERISTICHE ONDA DI PROGETTO

- Altezza d'onda caratteristica: 6,4 m
- Periodo: 12,6 s
- Lunghezza: 193,6 m



AZIONI CONSIDERATE

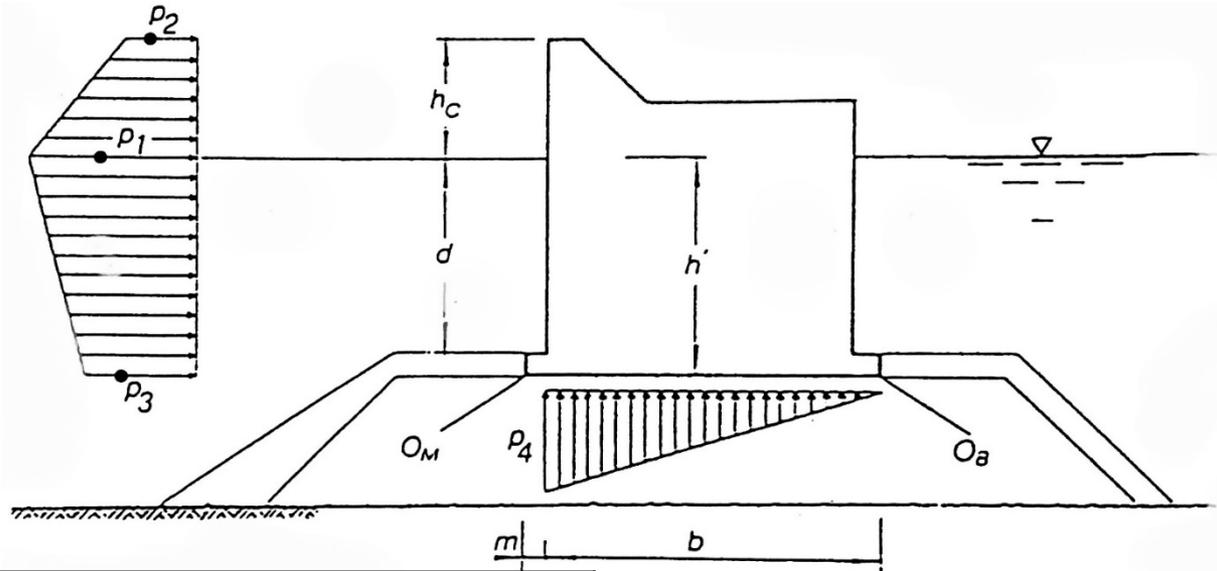
Modello di Goda

$$p_1 = 0.5(1 + \cos\beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2\beta)\gamma H$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1$$

$$p_2 = p_1 \frac{\eta^* - h_c}{\eta^*}$$

$$p_4 = 0.5(1 + \cos\beta)\alpha_1\alpha_3\gamma H$$



$$\eta^* = 0.75(1 + \cos\beta)H$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left(1 - \frac{1}{\cos hkh} \right)^2$$

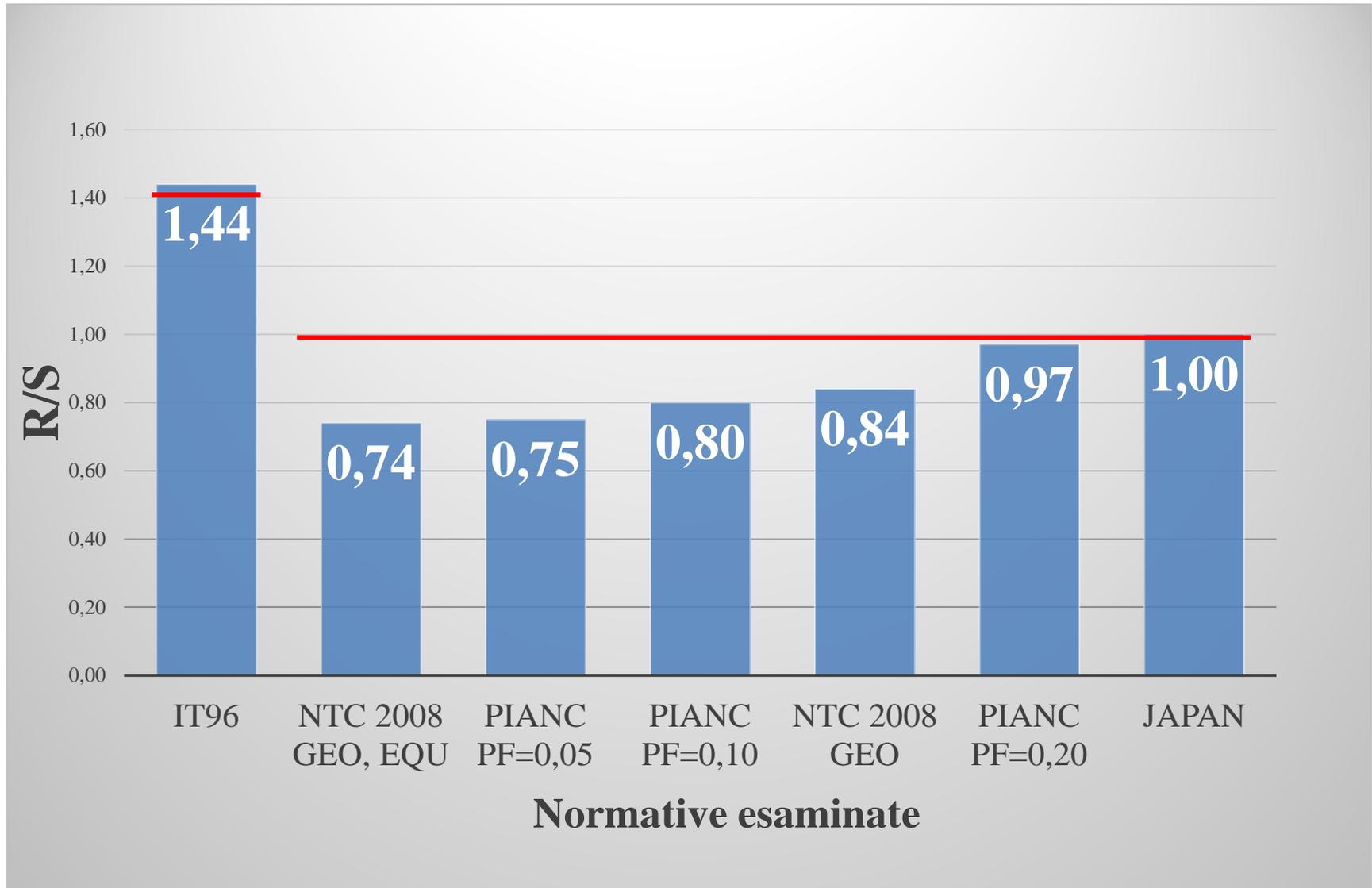
$$\alpha_1 = 0.6 + 0.5 \left(\frac{2kh}{\sin h 2kh} \right)^2$$

$$H = \min\{1.8H_s; H_f\}$$

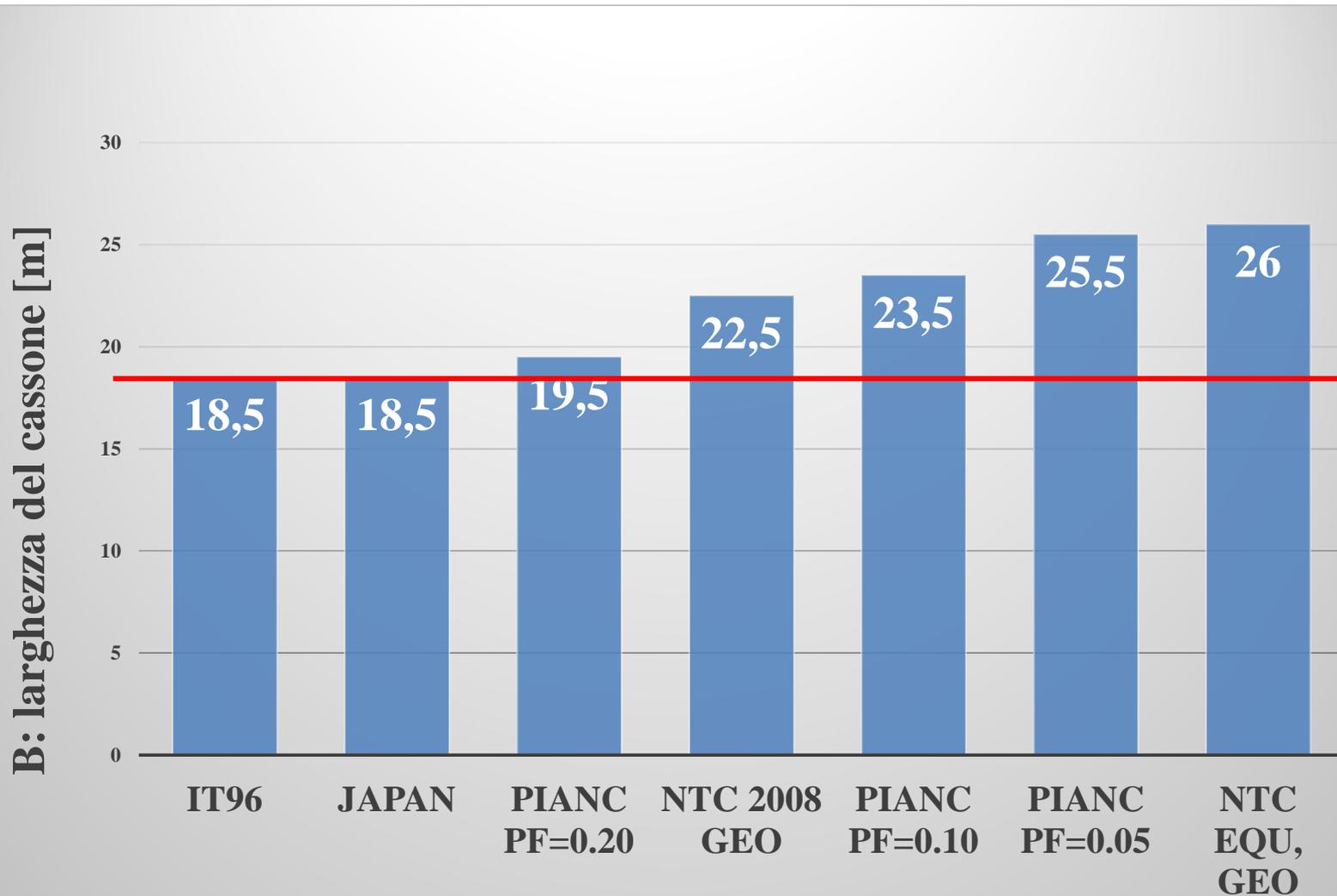
$$\alpha_2 = \min \left\{ \frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H}{d} \right)^2; \frac{2d}{H} \right\}$$

$$H_f = 0.18 \frac{gT^2}{2\pi} \left\{ 1 - e^{-\left[\frac{3\pi^2 h_b}{gT^2} (1 + 15(\tan\vartheta)^{4/3}) \right]} \right\}$$

Verifica a scorrimento dell'opera esistente



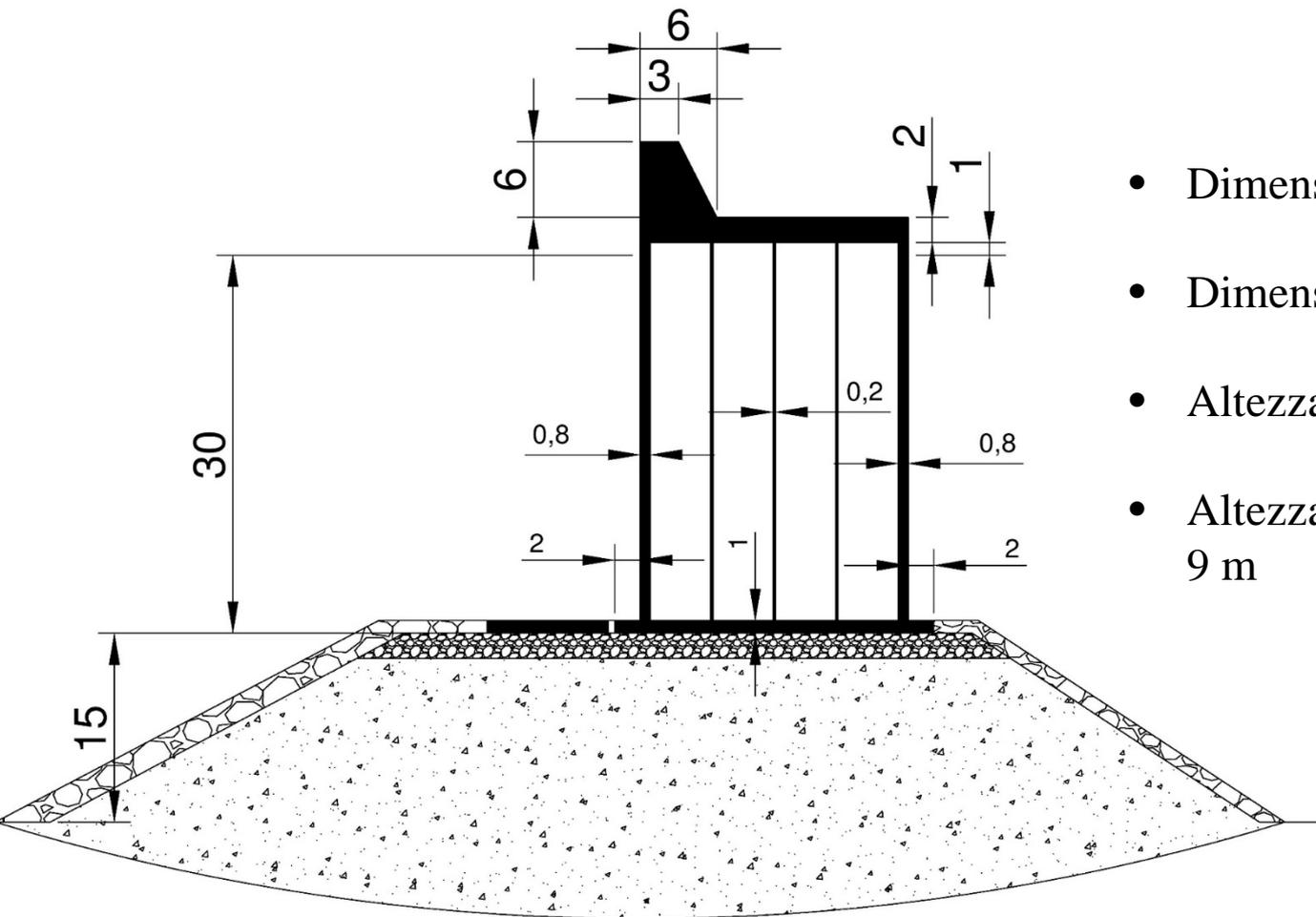
Condizioni progettuali per l'opera esistente



La futura diga di GENOVA



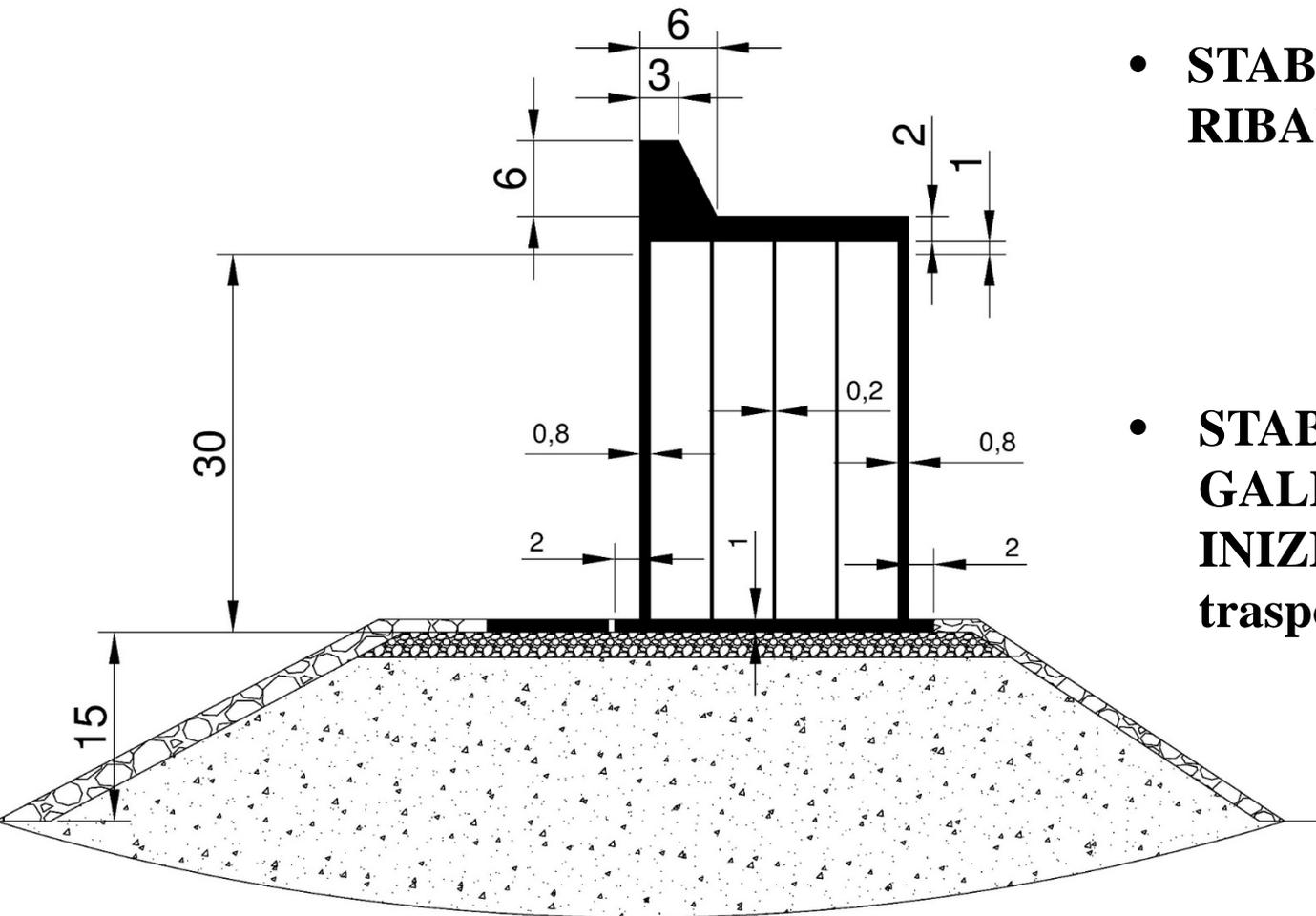
La futura diga di GENOVA



- Dimensioni dei setti interni: 0,2 m
- Dimensioni setti esterni: 0,8 m
- Altezza del muro paraonde: 6 m
- Altezza dell'intera sovrastruttura: 9 m

La futura diga di GENOVA

PROBLEMATICHE RELATIVE ALLA PROGETTAZIONE SU ALTE PROFONDITA

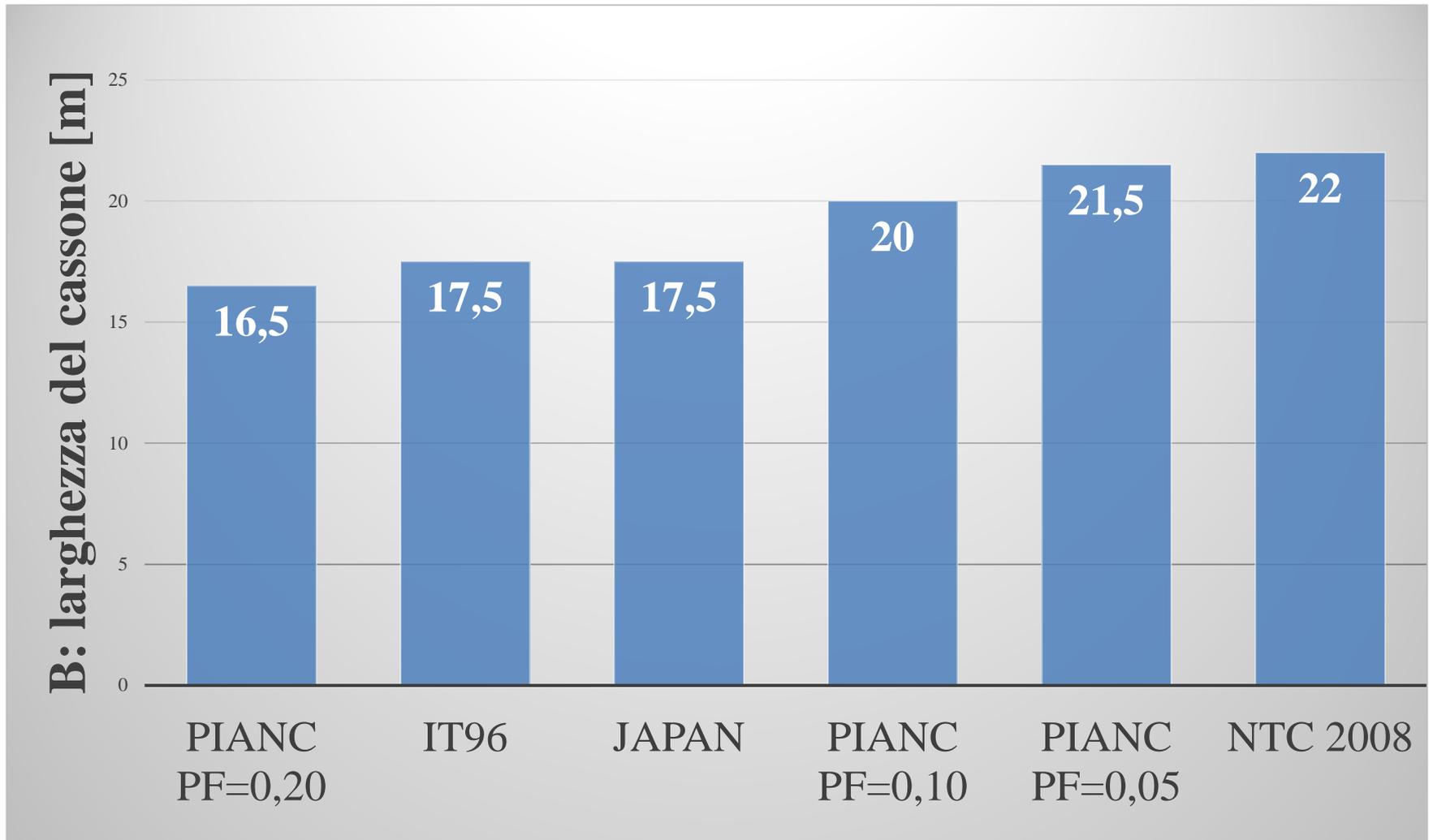


- **STABILITA' AL RIBALTAMENTO**

- **STABILITA' AL GALLEGGIAMENTO INIZIALE** per la fase di trasporto

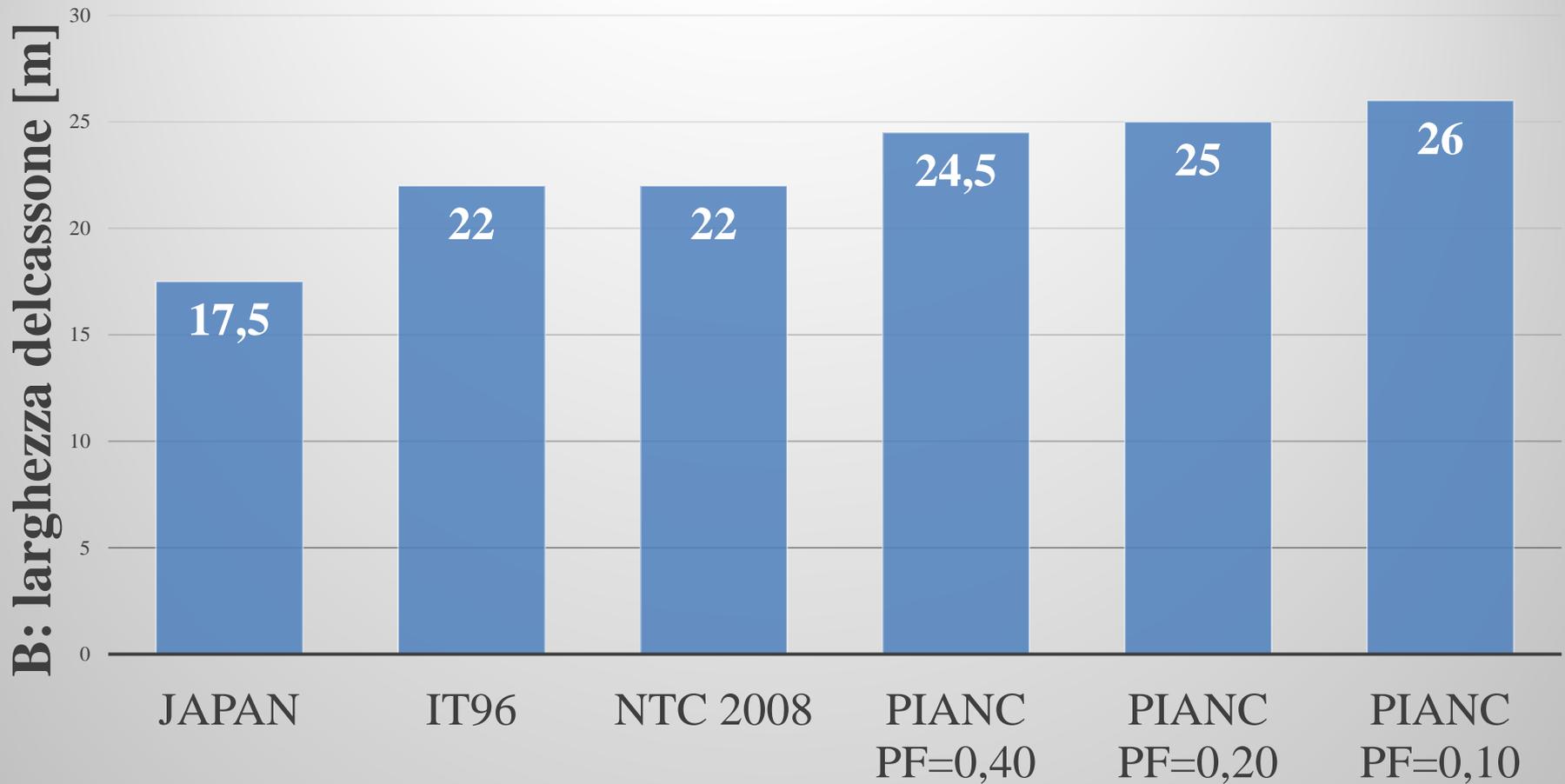
La futura diga di Genova

STABILITA' DEL CASSONE ALLO SCORRIMENTO



La futura diga di Genova

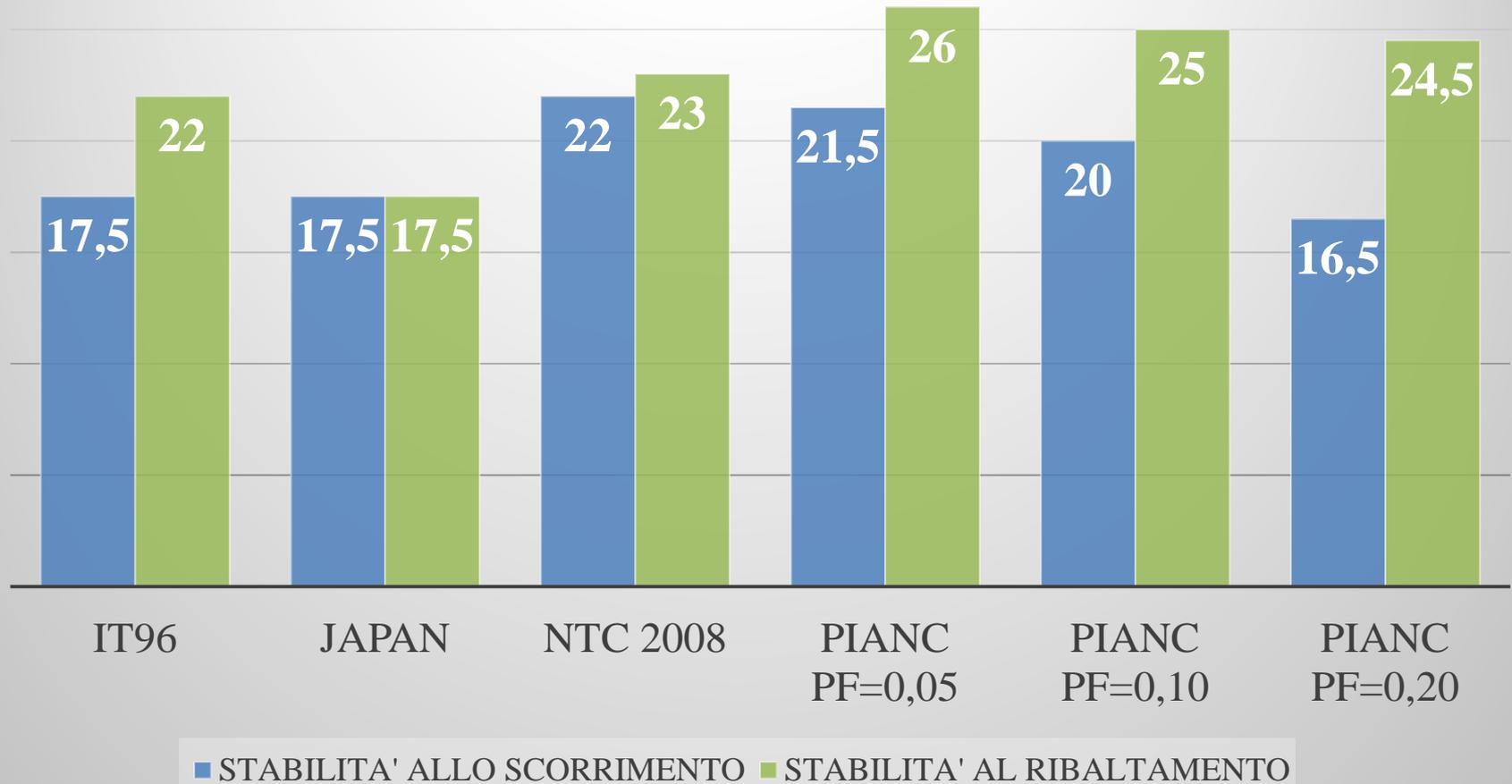
STABILITA' DEL CASSONE AL RIBALTAMENTO



La futura diga di Genova

CONFRONTO DEI RISULTATI DEL PROPOZIONAMENTO NEI CONFRONTI DELLA STABILITÀ ALLO SCORRIMENTO E AL RIBALTAMENTO

B: Larghezza del cassone [m]



Stabilità al galleggiamento in trasporto

L'altezza metacentrica del cassone vuoto
risulta negativa

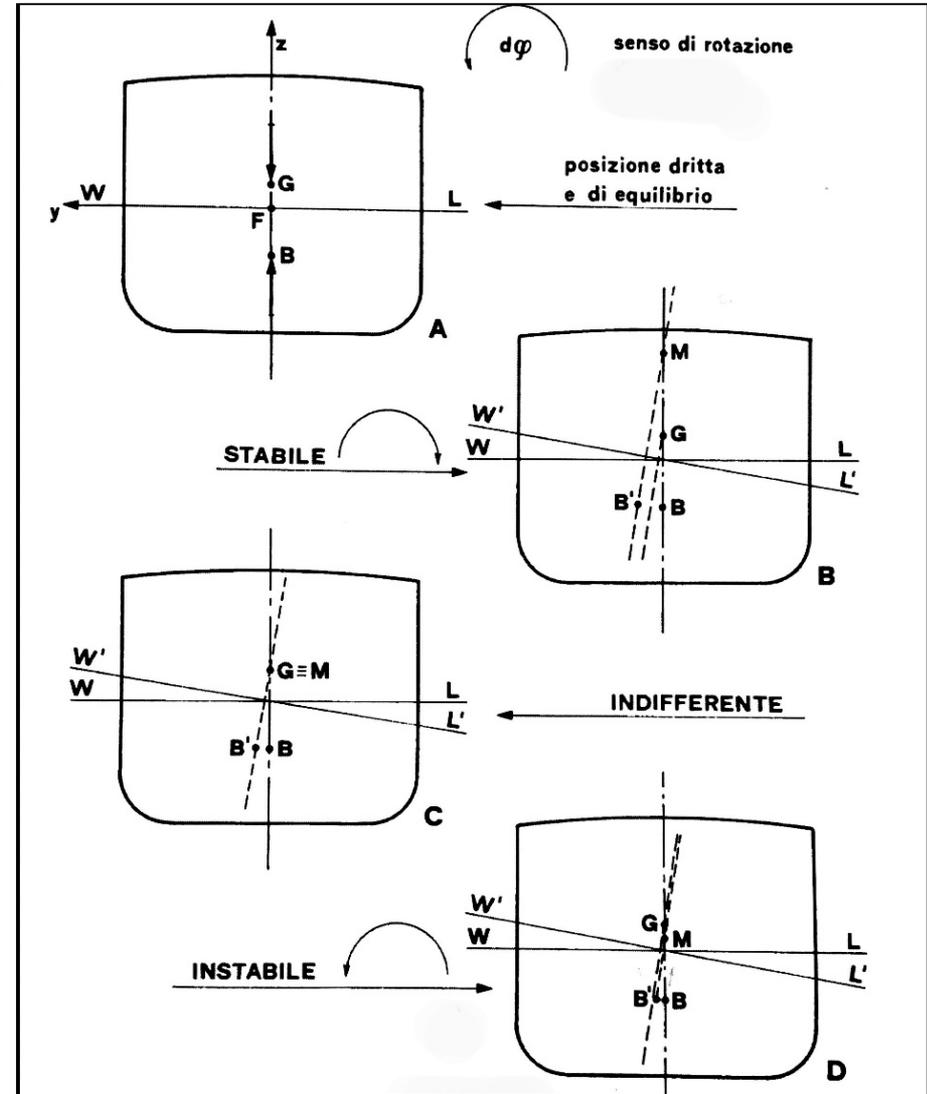


EQUILIBRIO INIZIALE E' INSTABILE



Necessità di zavorramento
con CIRCA 1200 t DI SABBIA

$GM = 18 \text{ cm}$



CONCLUSIONI

- **LA VERIFICA DI STABILITA' A SCORRIMENTO SU PROFONDITA' STANDARD E' CONDIZIONANTE SULLA SCELTA DELLA LARGHEZZA DEL CASSONE**
- **LE NORMATIVE ITALIANE RISULTANO TROPPO ONEROSE**
- **SU ALTE PROFONDITA' IL RIBALTAMENTO RISULTA DIMENSIONANTE LE DIMENSIONI DEL CASSONE**
- **LE NORMATIVE ITALIANE IN QUESTO CASO RISULTANO IN LINEA CON I RIFERIMENTI INTERNAZIONALI**
- **NELLE NTC DEL 2008 NON SONO TRATTATE LE COSTRUZIONI MARITTIME**

CONCLUSIONI

**SI AUSPICA CHE NEL PROSSIMO FUTURO LE NORMATIVE
TECNICHE ITALIANE VENGANO INTEGRATE ANCHE PER
LE DIGHE MARITTIME PRENDENDO COME LINEA GUIDA
QUELLE GIAPPONESI**

Fine della presentazione

