



AUTORITA' DI SISTEMA PORTUALE DEL MAR LIGURE ORIENTALE PORTO DI MARINA DI CARRARA



RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEGLI ELABORATI PREDISPOSTI AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEGLI ASPETTI GEOLOGICI, GEOMORFOLOGICI E SISMICI E DEL RISCHIO SISMICO, ASSOCIATI ALLE INFRASTRUTTURE PORTUALI MARITTIME, RELATIVE ALLA PROPOSTA DI PIANO REGOLATORE PORTUALE DEL PORTO DI MARINA DI CARRARA (MS)

Parte 2: norme tecnico geologiche

TECNICI:

Dott. Geol. Marco Zanicchi

Dott. Geol. Eliana Vannini

Dott. Ing. Stefano Pasquali

Rev Luglio 2023

Ns. Rif 2294

Firmato digitalmente

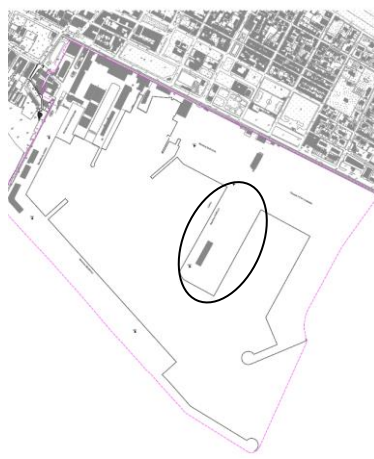
1. PREMESSA

Sulla base dell'incarico conferitoci con Determinazione 41 del 11/02/2022 del Dirigente dell'Ufficio Tecnico e di Pianificazione Infrastrutturale (CIG ZA43525E8A), sono state elaborate le norme tecnico geologiche (NTG) attuative relative alle modifiche dell'area portuale previste dal Nuovo Piano Regolatore Portuale.

2. NORME TECNICO GEOLOGICHE (NTG)

Vengono di seguito trattati vari interventi e commentate le condizioni di pericolosità e fattibilità relative emerse dalla cartografia prodotta:

2.1 BANCHINAMENTO VERSO SE DELLA BANCHINA CAPITAN FIORILLO E BANCHINA STESSA (AREA A)



ASPETTO PERICOLOSITA'

In relazione agli aspetti **geotecnici**, l'opera in questione viene a collocarsi in un contesto geologico stratigrafico caratterizzato da depositi di facies alluvionale costituiti da limi sabbiosi prevalenti nella parte di fondale con riporto di spessore limitato o del tutto privi di questo orizzonte. Le sabbie dell'orizzonte superficiale B, con spessore inferiore a 10 m, appaiono caratterizzati da minore addensamento e quindi con necessità di tenere conto in fase progettuale della eventuale possibilità di cedimenti dei terreni di appoggio sotto i carichi previsti per la nuova banchina.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Geotecnica: P1 BASSA subclasse A

Sotto il profilo **sismico**, nella parte di ampliamento si evidenzia la possibilità di fenomeni di liquefazione solo nella parte centrale della banchina, compresa tra la radice e la testata per indice di liquefazione molto alto, che può manifestarsi su spessori molto significativi della sequenza (spessore complessivo degli orizzonti potenzialmente liquefacibili > di 20 m).

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Sismica: P1 BASSA subclasse C nella parte centrale, NON SIGNIFICATIVA P0 verso la radice e verso la testata

Sotto il profilo **idraulico** l'attuale banchina, e quindi l'ampliamento verso Est, a Tr 200 anni, sono potenzialmente interessabili da un battente idrico trascurabile (battente inferiore a 0.30 m e velocità < di 2.00 m/s) Per quanto concerne la pericolosità idraulica quindi con scenario per alluvioni poco frequenti e magnitudo moderata (battente inferiore a 30 cm e velocità non determinata analiticamente) si ha:

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Idraulica: P1 BASSA

ASPETTO FATTIBILITA'

In merito alla fattibilità sotto il profilo **geotecnico**, considerato il quadro litotecnico generale, si dovrà porre particolare attenzione alla ricostruzione del quadro geostratigrafico e geotecnico parametrico locale. Quest'ultimo, in particolare, mirato a ricavare tutti gli elementi e i parametri geotecnici necessari alla valutazione dei possibili cedimenti, anche differenziali, indotti dai carichi trasmessi dalle nuove strutture in progetto.

In tal senso i programmi di indagini geognostiche, da svolgersi nelle fasi progettuali degli interventi, tenuto conto dell'attuale quadro conoscitivo geostratigrafico disponibili sulle parti a terra e delle possibili problematiche legate ad esso, dovranno prevedere, soprattutto nella fascia a mare:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;

- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:

- Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
- Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
- Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
- Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU).

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità Geotecnica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA

La fattibilità sotto il profilo **sismico** è condizionata dalla presenza nella parte centrale della banchina dell'area che ha mostrato un Indice di Liquefazione Molto Alto. Necessita quindi l'esecuzione di alcune prove sismiche su fondale marino limitate alla parte di ampliamento, volte a delimitare con maggior dettaglio l'area in questione rispetto alle aree di ampliamento in radice e testata che hanno mostrato una pericolosità non significativa. Nel corso dei sondaggi, da eseguirsi a supporto delle fasi progettuali degli interventi, gli specifici campionamenti dovranno consentire l'esecuzione di prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità sismica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA nella parte centrale, F1 AMPIA verso la radice e verso la testata

La fattibilità sotto il profilo **idraulico** deve tenere in considerazione il fatto che l'attuale banchina, come evidenziato nella pericolosità, è interessata da un battente idrico trascurabile (battente inferiore a 0.30 m e velocità $<$ di 2.00 m/s), la fattibilità è limitatamente condizionata dalla necessità di tenere conto della possibilità della temporanea presenza di tale battente ridotto, in relazione alla possibilità di galleggiamento di talune merci o deperibilità delle stesse se accumulate in banchina. Per l'area in questione, qualora si prevedano manufatti in cui si ha anche permanenza continuativa di addetti, si suggerisce, al piano terra, idonea sopraelevazione del piano

di calpestio e in alternativa l'adozione di misure di protezione delle porte comunicanti con l'esterno quali paratie, infissi a tenuta stagna, etc.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità idraulica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA

Qualora si prevedano interventi edilizi o di altra natura sulle banchine esistenti o di nuova realizzazione previste dal PRP, con sollecitazioni in fondazione significative, si suggerisce di integrare già eseguite per la realizzazione della banchina (qualora esistenti e disponibili) con indagini geognostiche e geofisiche puntuali quali:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).
 - Prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU) o in alternativa, qualora le caratteristiche dei terreni lo richiedano con prove DPSH.

In situ dovranno essere eseguite prove sismiche (Masw, HVSR, etc) destinate a definire con esattezza la risposta sismica puntuale del terreno di fondazione dell'intervento edilizio in progetto, tale ricostruzione può derivare, nei terreni che permettono l'esecuzione delle prove statiche, anche da prova con il cono penetrometrico sismico (SCPT) che consente di determinare anche il profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio VS nel sottosuolo.

Soprattutto qualora le indagini sulla banchina non fossero esistenti o disponibili dovranno essere svolte indagini del tipo di quelle precedentemente descritte in numero e quantità adeguata all'importanza dell'intervento.

2.2 BANCHINAMENTO VERSO SW DEL PIAZZALE CITTA' DI MASSA E PIAZZALE STESSO (AREA B)



ASPETTO PERICOLOSITA'

Circa gli aspetti **geotecnici**, come nel caso precedente, l'opera in questione viene a collocarsi in un contesto geologico stratigrafico caratterizzato da depositi di facies alluvionale costituiti da limi sabbiosi prevalenti nella parte di fondale con riporto di spessore limitata o del tutto privi di questo orizzonte. Le sabbie dell'orizzonte superficiale B con spessore inferiore a 10 m appaiono caratterizzati da minore addensamento e quindi con necessità di tenere conto in fase progettuale l'eventuale possibilità di cedimenti dei terreni di appoggio sotto i carichi previsti per la parte di ampliamento della banchina.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Geotecnica: P1 BASSA subclasse A

Sotto il profilo **sismico** nella parte di banchinamento l'indice di Liquefazione è risultato molto basso non si evidenzia pertanto una situazione problematica sotto questo aspetto.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Sismica: P0 NON SIGNIFICATIVA

Sotto il profilo **idraulico** l'attuale piazzale e quindi il banchinamento verso SW, a Tr 200 anni, sono potenzialmente interessabili da un battente idrico trascurabile (battente inferiore a 0.30 m e velocità < di 2.00 m/s) Per quanto concerne la pericolosità idraulica

quindi con scenario per alluvioni poco frequenti e magnitudo moderata (battente inferiore a 30 cm e velocità non determinata) si ha:

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Idraulica: P0 BASSA

ASPETTO FATTIBILITA'

In merito alla fattibilità sotto il profilo **geotecnico**, considerato il quadro litotecnico generale, si dovrà porre particolare attenzione alla ricostruzione del quadro geostratigrafico e geotecnico parametrico locale. Quest'ultimo, in particolare, mirato a ricavare tutti gli elementi e i parametri geotecnici necessari alla valutazione dei possibili cedimenti, anche differenziali, indotti dai carichi trasmessi dalle nuove strutture in progetto.

In tal senso i programmi di indagini geognostiche, da svolgersi nelle fasi progettuali degli interventi, tenuto conto dell'attuale quadro conoscitivo geostratigrafico disponibili sulle parti a terra e delle possibili problematiche legate ad esso, dovranno prevedere nella fascia a mare:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU).

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità Geotecnica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA

La fattibilità sotto il profilo **sismico** è condizionata dalla parte di fondale (area radice nuova Banchina Walton) che ha mostrato un Indice di Liquefazione Molto Alto. Necessita quindi l'esecuzione di alcune prove sismiche su fondale marino volte a delimitare con

maggior dettaglio l'area in questione rispetto alla fascia di ampliamento che sulla terra ferma alle spalle (piazzale Città di Massa) ha mostrato una pericolosità non significativa. Nel corso dei sondaggi, da eseguirsi a supporto delle fasi progettuali degli interventi, gli specifici campionamenti dovranno consentire inoltre l'esecuzione di prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità sismica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA **subclasse B nella parte orientale del banchinamento e F1 AMPIA per la rimanente parte**

La fattibilità sotto il profilo **idraulico** deve tenere in considerazione il fatto che l'attuale piazzale Città di Massa, come evidenziato nella pericolosità, è potenzialmente interessabile da un battente idrico trascurabile (battente inferiore a 0.30 m e velocità < di 2.00 m/s); la fattibilità è limitatamente condizionata dalla necessità di tenere conto della possibilità della temporanea presenza di tale battente ridotto in relazione alla possibilità di galleggiamento di talune merci o deperibilità delle stesse se accumulate in banchina.

Per l'area in questione, qualora si prevedano manufatti in cui si ha anche permanenza continuativa di addetti, si suggerisce, al piano terra, idonea sopraelevazione del piano di calpestio e in alternativa l'adozione di misure di protezione delle porte comunicanti con l'esterno quali paratie, infissi a tenuta stagna, etc.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità idraulica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA

Qualora si prevedano interventi edilizi o di altra natura sulle banchine esistenti o di nuova realizzazione previste dal PRP, con sollecitazioni in fondazione significative, si suggerisce di integrare già eseguite per la realizzazione della banchina (qualora esistenti e disponibili) con indagine geognostiche e geofisiche puntuali quali:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:

- Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
- Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
- Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
- Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).
- Prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU) o in alternativa, qualora le caratteristiche dei terreni lo richiedano con prove DPSH.

In situ dovranno essere eseguite prove sismiche (Masw, HVSR, etc) destinate a definire con esattezza la risposta sismica puntuale del terreno di fondazione dell'intervento edilizio in progetto, tale ricostruzione può derivare, nei terreni che permettono l'esecuzione delle prove statiche, anche da prova con il cono penetrometrico sismico (SCPT) che consente di determinare anche il profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio VS nel sottosuolo.

Soprattutto qualora le indagini sulla banchina non fossero esistenti o disponibili dovranno essere svolte indagini del tipo di quelle precedentemente descritte in numero e quantità adeguata all'importanza dell'intervento.

2.3 NUOVO MOLO DI SOTTOFLUTTO CON RELATIVO BANCHINAMENTO ED AREA DI TESTATA (AREA C)



ASPETTO PERICOLOSITA'

Circa gli aspetti **geotecnici**, mantenendosi inalterato il contesto geologico stratigrafico, caratterizzato da depositi di facies alluvionale costituiti da limi sabbiosi prevalenti nella parte di fondale, con riporto di spessore limitato o del tutto privi di questo orizzonte, le sabbie dell'orizzonte superficiale B, con spessore inferiore a 10 m, sono, anche per questo intervento, caratterizzate da minore addensamento e quindi con necessità di tenere conto in fase progettuale l'eventuale possibilità di cedimenti dei terreni di appoggio sotto i carichi previsti per la nuova banchina.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Geotecnica: P1 BASSA subclasse A

Sotto il profilo **sismico**, nella nuova banchina e in buona parte nell'area servizi in testata (molo di sottoflutto e nuovo banchinamento), le prove reperite e specificatamente eseguite hanno evidenziato un Indice di Liquefazione molto alto che si manifesta su spessori di sequenza di compresi tra 10 e 20 m.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Sismica: P1 BASSA subclasse B per la maggior parte del nuovo banchinamento e pericolosità P1 BASSA subclasse C alla testata del molo di sottoflutto

Sotto il profilo **idraulico** l'attuale piazzale Città di Massa su cui si intesta la nuova Banchina a l'area servizi alla sua testata, a Tr 200 anni, sono potenzialmente interessabili da un battente idrico trascurabile (per battente inferiore a 0.30 m e velocità < di 2.00 m/s) Per quanto concerne la pericolosità idraulica quindi con scenario per alluvioni poco frequenti e magnitudo moderata (battente inferiore a 30 cm e velocità non determinata) si ha:

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Idraulica: P0 BASSA

ASPETTO FATTIBILITA'

In merito alla fattibilità sotto il profilo **geotecnico**, considerato il quadro litotecnico generale, si dovrà porre particolare attenzione alla ricostruzione del quadro

geostratigrafico e geotecnico parametrico locale. Quest'ultimo, in particolare, mirato a ricavare tutti gli elementi e i parametri geotecnici necessari alla valutazione dei possibili cedimenti, anche differenziali, indotti dai carichi trasmessi dalle nuove strutture in progetto.

In tal senso i programmi di indagini geognostiche, da svolgersi nelle fasi progettuali degli interventi, tenuto conto dell'attuale quadro conoscitivo geostratigrafico disponibili soltanto sulle parti a terra e delle possibili problematiche legate ad esso, dovranno prevedere nelle parti a mare:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU).

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità Geotecnica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse A

La fattibilità sotto il profilo **sismico** è condizionata dalle prove eseguite sul fondale che hanno mostrato un Indice di Liquefazione Molto Alto su spessori di sequenza litostratigrafica compresi tra 10 e 20 m. Necessita quindi l'esecuzione di ulteriori prove sismiche su fondale marino volte a delimitare con maggior dettaglio il grado di pericolosità evidenziata dalle prove eseguite. Nel corso dei sondaggi, da eseguirsi a supporto delle fasi progettuali degli interventi, gli specifici campionamenti dovranno consentire l'esecuzione di prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità sismica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse **B** nella maggior parte del nuovo banchinamento ad eccezione della terminazione meridionale del molo di sottoflutto che ricade in classe **F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA** subclasse **C**.

La fattibilità sotto il profilo **idraulico** deve tenere in considerazione il fatto che il piazzale Città di Massa su si innesta la radice della banchina, può essere interessato, come evidenziato nella pericolosità da un battente idrico trascurabile (per battente inferiore a 0.30 m e velocità < di 2.00 m/s) la fattibilità è limitatamente condizionata dalla necessità di tenere conto della possibilità della temporanea presenza di tale battente ridotto che si estende alla nuova banchina collegata, in relazione alla possibilità di galleggiamento di talune merci o deperibilità delle stesse se accumulate in banchina

Per l'area in questione, qualora si prevedano manufatti in cui si ha anche permanenza continuativa di addetti, si suggerisce, al piano terra, idonea sopraelevazione del piano di calpestio e in alternativa l'adozione di misure di protezione delle porte comunicanti con l'esterno quali paratie, infissi a tenuta stagna, etc.

Condizione di Fattibilità,

Fattibilità idraulica: F1 AMPIA

Qualora si prevedano interventi edilizi o di altra natura sulle banchine esistenti o di nuova realizzazione previste dal PRP, con sollecitazioni in fondazione significative, si suggerisce di integrare già eseguite per la realizzazione della banchina (qualora esistenti e disponibili) con indagine geognostiche e geofisiche puntuali quali:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

- Prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU) o in alternativa, qualora le caratteristiche dei terreni lo richiedano con prove DPSH.

In situ dovranno essere eseguite prove sismiche (Masw, HVSR, etc) destinate a definire con esattezza la risposta sismica puntuale del terreno di fondazione dell'intervento edilizio in progetto, tale ricostruzione può derivare, nei terreni che permettono l'esecuzione delle prove statiche, anche da prova con il cono penetrometrico sismico (SCPT) che consente di determinare anche il profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio VS nel sottosuolo.

Soprattutto qualora le indagini sulla banchina non fossero esistenti o disponibili dovranno essere svolte indagini del tipo di quelle precedentemente descritte in numero e quantità adeguata all'importanza dell'intervento.

2.4 PROLUNGAMENTO E MODIFICHE BANCHINA TALIERCIO E DIGA FORANEA (AREA D)



ASPETTO PERICOLOSITA'

Circa l'aspetto **geotecnico**, mantenendosi inalterato il contesto geologico stratigrafico caratterizzato da depositi di facies alluvionale costituiti da limi sabbiosi prevalenti nella parte di fondale con riporto di spessore limitata o del tutto privi di questo orizzonte, le

sabbie dell'orizzonte superficiale B presentano uno spessore maggiore nella parte più prossima all'attuale testata (spessore > di 20 m) mentre nella parte finale della nuova banchina e nella parte interessata dalla scogliera lo spessore dell'orizzonte B diviene inferiore a 10 m. Maggiormente nel primo tratto presso l'attuale testata, ma anche nel tratto di innesto della scogliera meridionale del nuovo imbocco questa compresa, si deve tener conto in fase progettuale l'eventuale possibilità di cedimenti dei terreni di appoggio sotto i carichi previsti per la nuova banchina e per la scogliera.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Geotecnica: P1 BASSA subclasse C nel tratto più prossimo all'attuale testata P1 BASSA subclasse A per la rimanente parte della nuova banchina e per la diga foranea

Sotto il profilo **sismico** la parte di prolungamento della Banchina Taliercio, sino all'innesto della diga foranea, le prove reperite e specificatamente eseguite hanno evidenziato un Indice di Liquefazione molto basso, altresì la parte della diga foranea ha mostrato un indice di liquefazione molto alto su spessori della sequenza stratigrafica potenzialmente liquefacibile maggiori di 20 m.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Sismica: P0 non significativa nella parte di prolungamento della attuale banchina, P1 BASSA subclasse C nella parte della nuova diga foranea

Sotto il profilo **idraulico** l'attuale Banchina Tagliercio non risulta in nessun modo interessata da battente idrico in fase di piena a Tr 200 anni e di conseguenza nemmeno il suo prolungamento o le aree interne della diga foranea saranno interessate dalla potenziale inondazione.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Idraulica: P0 MOLTO BASSA

ASPETTO FATTIBILITA'

In merito alla fattibilità sotto il profilo **geotecnico**, considerato il quadro litotecnico generale, si dovrà porre particolare attenzione alla ricostruzione del quadro geostratigrafico e geotecnico parametrico locale. Quest'ultimo, in particolare, mirato a

ricavare tutti gli elementi e i parametri geotecnici necessari alla valutazione dei possibili cedimenti, anche differenziali, indotti dai carichi trasmessi dalle nuove strutture in progetto.

In tal senso i programmi di indagini geognostiche, da svolgersi nelle fasi progettuali degli interventi, tenuto conto dell'attuale quadro conoscitivo geostratigrafico disponibile soltanto sulle parti a terra e in minima parte sulla parti a mare, e delle possibili problematiche legate ad esso, dovranno prevedere nella fascia a mare:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU).

Il quadro in esame dovrà essere sviluppato con maggior grado di dettaglio esteso anche alle parti esterne per l'area nella parte più prossima all'attuale testata della banchina Taliercio, mentre per la parte della nuova più verso la testata e per la scogliera ed aree interne del nuovo imbocco puntuale, risulterà necessaria una campagna puntuale di indagini geognostiche e geotecniche (del tipo prima descritto) limitate alla parti non coperte da dati bibliografici.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità Geotecnica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse C nel tratto più prossimo all'attuale testata, F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse A per la rimanente parte della nuova banchina e per la nuova diga foranea

La fattibilità sotto il profilo **sismico** è condizionata dalle prove eseguite sul fondale e a terra che hanno mostrato un Indice di Liquefazione Molto Basso dalla testata della attuale banchina sino alla fine del prolungamento in progetto, mentre un indice di liquefazione molto alto peraltro su spessori di sequenza litostratigrafica $>$ di 20 m sulla

parte di scogliera della nuova diga foranea. Necessita quindi l'esecuzione di ulteriori prove sismiche su fondale marino volte a delimitare con maggior dettaglio la pericolosità evidenziata dalle prove eseguite. Nel corso dei sondaggi, da eseguirsi a supporto delle fasi progettuali degli interventi, gli specifici campionamenti dovranno consentire l'esecuzione di prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità sismica: F1 AMPIA sino alla testata del prolungamento della banchina in progetto, F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse C nella parte interessata dalla nuova diga foranea

La fattibilità sotto il profilo **idraulico** deve tenere in considerazione il fatto dell'assenza di battente idrico sulla banchina Taliercio ove, il prolungamento della banchina e la scogliera meridionale del nuovo imbocco, si intestano

Condizione di Fattibilità,

Fattibilità idraulica: F1 AMPIA

Qualora si prevedano interventi edilizi o di altra natura sulle banchine esistenti o di nuova realizzazione previste dal PRP, con sollecitazioni in fondazione significative, si suggerisce di integrare già eseguite per la realizzazione della banchina (qualora esistenti e disponibili) con indagine geognostiche e geofisiche puntuali quali:

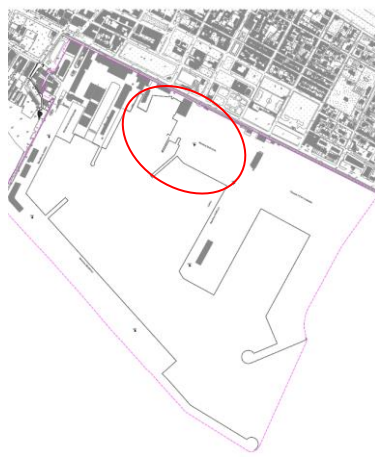
- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).
 - Prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU) o in alternativa, qualora le caratteristiche dei terreni lo richiedano con prove DPSH.

In situ dovranno essere eseguite prove sismiche (Masw, HVSR, etc) destinate a definire con esattezza la risposta sismica puntuale del terreno di fondazione dell'intervento edilizio in progetto, tale ricostruzione può derivare, nei terreni che permettono l'esecuzione delle prove statiche, anche da prova con il cono penetrometrico sismico (SCPT) che consente di determinare anche il profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio VS nel sottosuolo.

Soprattutto qualora le indagini sulla banchina non fossero esistenti o disponibili dovranno essere svolte indagini del tipo di quelle precedentemente descritte in numero e quantità adeguata all'importanza dell'intervento.

2.5 AMPLIAMENTO BANCHINA BUSCAIOL E BANCHINA STESSA (AREA E)



ASPETTO PERICOLOSITA'

Circa gli aspetti **geotecnici**, come in taluni casi precedenti, le opere in questione: consistenti nell'allargamento verso sud della banchina Buscaiolo, vanno ad interessare una fascia dove le indagini hanno evidenziato un contesto geologico stratigrafico caratterizzato da depositi di facies alluvionale costituiti da limi sabbiosi prevalenti nella parte di fondale con riporto di spessore limitata o del tutto privi di questo orizzonte. Le sabbie dell'orizzonte superficiale B con spessore compreso tra 10 e 20 m appaiono caratterizzati da minore addensamento e quindi con necessità di tenere conto in fase

progettuale l'eventuale possibilità di cedimenti dei terreni di appoggio sotto i carichi previsti per la parte di nuova banchina e per l'area pescherecci ampliata.

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Geotecnica: P1 BASSA subclasse B

Sotto il profilo **sismico**, nelle parti di ampliamento, si evidenzia la possibilità di fenomeni di liquefazione con indice molto alto peraltro ricostruiti su spessori di sequenza litostratigrafica > 20 m

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Sismica: P1 BASSA subclasse C

Sotto il profilo **idraulico** l'attuale Banchina Buscaioli, a Tr 200 anni, è interessata da un battente idrico trascurabile (battente inferiore a 0.30 m e velocità < di 2.00 m/s) Per quanto concerne la pericolosità idraulica quindi con scenario per alluvioni poco frequenti e magnitudo moderata (battente inferiore a 30 cm e velocità non determinata). La parte interna all'estremo ovest non è interessata da battente idrico pertanto si ha:

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Idraulica: P0 MOLTO BASSA per la parte interna verso ovest della banchina e P1 BASSA per la maggior parte dell'ampliamento

ASPETTO FATTIBILITA'

In merito alla fattibilità sotto il profilo **geotecnico**, considerato il quadro litotecnico generale, si dovrà porre particolare attenzione alla ricostruzione del quadro geostratigrafico e geotecnico parametrico locale. Quest'ultimo, in particolare, mirato a ricavare tutti gli elementi e i parametri geotecnici necessari alla valutazione dei possibili cedimenti, anche differenziali, indotti dai carichi trasmessi dalle nuove strutture in progetto.

In tal senso i programmi di indagini geognostiche, da svolgersi nelle fasi progettuali degli interventi tenuto conto dell'attuale quadro conoscitivo geostratigrafico disponibili sulle parti a terra e delle possibili problematiche legate ad esso, dovranno prevedere nella fascia a mare:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;

- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:

- Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
- Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
- Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
- Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU).

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità Geotecnica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse B per la maggior parte dell'ampliamento **F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA** subclasse A, per la parte prossima alla connessione con la Banchina Capitan Fiorillo

La fattibilità sotto il profilo **sismico** è condizionata dalla parte di fondale antistante la Banchina Buscaioli che ha mostrato un Indice di Liquefazione Molto Alto peraltro su spessori di sequenza litostratigrafica > 20 m. Necessita quindi l'esecuzione di alcune prove sismiche su fondale marino volte a delimitare con maggior dettaglio l'area in questione rispetto alla fascia di ampliamento che sulla terra ferma alle spalle (Banchina Buscaioli attuale) ha mostrato una pericolosità non significativa. Nel corso dei sondaggi, da eseguirsi a supporto delle fasi progettuali degli interventi, gli specifici campionamenti dovranno consentire inoltre l'esecuzione di prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità sismica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse C

La fattibilità sotto il profilo **idraulico** deve tenere in considerazione il fatto che, a Tr 200 anni, l'attuale Banchina Buscaioli come evidenziato nella pericolosità, è interessabile da un battente idrico trascurabile (battente inferiore a 0.30 m e velocità < 2.00 m/s) la fattibilità è limitatamente condizionata dalla necessità di tenere conto della possibilità della temporanea presenza di tale battente ridotto in relazione alla possibilità di galleggiamento di talune merci o deperibilità delle stesse se accumulate in banchina.

Per l'area in questione, qualora si prevedano manufatti in cui si ha anche permanenza continuativa di addetti, si suggerisce, al piano terra, idonea sopraelevazione del piano di calpestio e in alternativa l'adozione di misure di protezione delle porte comunicanti con l'esterno quali paratie, infissi a tenuta stagna, etc.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità idraulica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasses C, per la parte di ampliamento verso sud della Banchina Buscaioli

Qualora si prevedano interventi edilizi o di altra natura sulle banchine esistenti o di nuova realizzazione previste dal PRP, con sollecitazioni in fondazione significative, si suggerisce di integrare già eseguite per la realizzazione della banchina (qualora esistenti e disponibili) con indagini geognostiche e geofisiche puntuali quali:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).
 - Prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU) o in alternativa, qualora le caratteristiche dei terreni lo richiedano con prove DPSH.

In situ dovranno essere eseguite prove sismiche (Masw, HVSR, etc) destinate a definire con esattezza la risposta sismica puntuale del terreno di fondazione dell'intervento edilizio in progetto, tale ricostruzione può derivare, nei terreni che permettono l'esecuzione delle prove statiche, anche da prova con il cono penetrometrico sismico (SCPT) che consente di determinare anche il profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio VS nel sottosuolo.

Soprattutto qualora le indagini sulla banchina non fossero esistenti o disponibili dovranno essere svolte indagini del tipo di quelle precedentemente descritte in numero e quantità adeguata all'importanza dell'intervento.

2.6 AREA INDUSTRIALE E CANTIERISTICA (AREA F)



ASPETTO PERICOLOSITA'

Sotto il profilo **geotecnico**, mantenendosi inalterato il contesto geologico stratigrafico caratterizzato da depositi di facies alluvionale costituiti da limi sabbiosi prevalenti nella parte di fondale con riporto di spessore limitato o del tutto privi di questo orizzonte, le sabbie dell'orizzonte superficiale B con spessore inferiore a 10 m e/o maggiore di 10 m se potenzialmente caratterizzati da minore addensamento sono stati interessati da interventi diffusi di trattamento dei terreni, altrettanto diffuse fondazioni profonde e comunque già assoggettati a significativi carichi di piazzale, con complessiva compattazione dei terreni, rimane comunque la necessità di tenere conto in fase progettuale l'eventuale possibilità di cedimenti dei terreni di appoggio sotto i carichi eventualmente aggiuntivi rispetto a quelli attuali

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Geotecnica: P0 NON SIGNIFICATIVA

Sotto il profilo **sismico** l'attuale area industriale-cantieristica, più prossima allo sbocco a mare ha evidenziato un Indice di Liquefazione molto alto che si manifesta su spessori di sequenza minori di 10 m, mentre nelle retrostanti parti dell'area industriale e nell'area

di edilizia demaniale le prove reperite e specificatamente eseguite hanno mostrato valori dell'indice di liquefazione molto basso .

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Sismica: P1 BASSA subclasse A, per la parte della area industriale posta al centro-sud dell'area e **P0 PERICOLOSITA' NON SIGNIFICATIVA** per le parti retrostanti

Sotto il profilo **idraulico** l'attuale area industriale (NCA) risulta in gran parte confinata quindi dovrebbe presentare assenza di battente idrico comunque in condizioni di scenario per alluvioni poco frequenti e magnitudo moderata (battente inferiore a 30 cm e velocità non determinata) si ha:

Condizione di Pericolosità:

Pericolosità Idraulica: P0 MOLTO BASSA per la zona dell'area industriale (N.C.A.)-cantieristica

ASPETTO FATTIBILITA'

In merito alla fattibilità sotto il profilo **geotecnico**, considerato il quadro litotecnico generale, si dovrà porre particolare attenzione alla ricostruzione del quadro geostratigrafico e geotecnico parametrico locale. Quest'ultimo, in particolare, mirato a ricavare tutti gli elementi e i parametri geotecnici necessari alla valutazione puntuale dei possibili cedimenti, anche differenziali, indotti dai carichi trasmessi dalle nuove strutture in progetto.

In tal senso i programmi di indagini geognostiche, da svolgersi nelle fasi progettuali degli interventi, tenuto conto dell'esaustivo quadro conoscitivo geostratigrafico disponibili sulle parti a terra e delle possibili problematiche legate ad esso, dovranno prevedere per eventuali nuove costruzioni:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W, etc.

- Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
- Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
- Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU).

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità Geotecnica: F1 AMPIA

La fattibilità sotto il profilo **sismico** è condizionata dalle prove eseguite a terra che hanno mostrato un Indice di Liquefazione Molto Alto su spessori di sequenza litostratigrafica minori di 10 m nella parte dell'area industriale centrale e verso sud e un indice di liquefazione molto basso per le parti retrostanti (aree interne e di Edilizia Demaniale). Necessita quindi l'esecuzione di ulteriori prove sismiche volte a delimitare con maggior dettaglio la geometria dell'area con grado di pericolosità appena maggiore evidenziata dalla prove eseguite. Nel corso dei sondaggi, da eseguirsi a supporto delle fasi progettuali degli interventi, gli specifici campionamenti dovranno consentire l'esecuzione di prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

Condizione di Fattibilità:

Fattibilità sismica: F2 LIMITATAMENTE CONDIZIONATA subclasse A per centrali e verso sud F1 AMPIA per le parti retrostanti

La fattibilità sotto il profilo **idraulico** deve tenere in considerazione il fatto che l'area industriale (NCA)-cantieristica risulta fisicamente confinata da monte, quindi non si prevede la presenza di un battente idrico, che al massimo potrebbe risultare trascurabile:

Per l'area in questione, qualora si prevedano manufatti in cui si ha anche permanenza continuativa di addetti, si suggerisce, al piano terra, idonea sopraelevazione del piano di calpestio e in alternativa l'adozione di misure di protezione delle porte comunicanti con l'esterno quali paratie, infissi a tenuta stagna, etc.

Condizione di Fattibilità,

Fattibilità idraulica: F1 AMPIA

Qualora si prevedano interventi edilizi o di altra natura sulle banchine esistenti o di nuova realizzazione previste dal PRP, con sollecitazioni in fondazione significative, si suggerisce di integrare già eseguite per la realizzazione della banchina (qualora esistenti e disponibili) con indagine geognostiche e geofisiche puntuali quali:

- Sondaggi a carotaggio continuo, prove SPT e prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- Prove di laboratorio geotecnico autorizzato (ai sensi della normativa di settore) per determinazione dei parametri caratteristici geotecnici del terreno, tra cui:
 - Prove di caratterizzazione fisica: Peso di volume γ , Limiti di Atterberg, Umidità naturale W , etc.
 - Parametri di resistenza in condizioni drenate (c' , ϕ')
 - Parametri di resistenza in condizioni non drenate (c_u)
 - Parametri di deformabilità (E_k , E_u , k , G).
 - Prove di laboratorio per la definizione del decadimento del modulo di taglio e dello smorzamento intrinseco del terreno in caso di sisma.

In alternativa i parametri di cui sopra possono essere desunti da prove penetrometrica con punta piezoconica (CPTU) o in alternativa, qualora le caratteristiche dei terreni lo richiedano con prove DPSH.

In situ dovranno essere eseguite prove sismiche (Masw, HVSR, etc) destinate a definire con esattezza la risposta sismica puntuale del terreno di fondazione dell'intervento edilizio in progetto, tale ricostruzione può derivare, nei terreni che permettono l'esecuzione delle prove statiche, anche da prova con il cono penetrometrico sismico (SCPT) che consente di determinare anche il profilo della velocità di propagazione delle onde di taglio VS nel sottosuolo.

Soprattutto qualora le indagini sulla banchina non fossero esistenti o disponibili dovranno essere svolte indagini del tipo di quelle precedentemente descritte in numero e quantità adeguata all'importanza dell'intervento.

2.7 REALIZZAZIONE DELLE OPERE MARITTIME DI PROTEZIONE TRASVERSALI A BUONA PARTE DEGLI INTERVENTI E CANALE DI ACCESSO AL PORTO

La previsione progettuale prevede la realizzazione di dighe foranee e di sottoflutto per la fondazione delle quali ci si troverà in presenza di un fondo marino con una relativa prevalenza di depositi più fini limosi e/o sabbiosi limosi.

Queste opere andranno necessariamente ad interferire con i depositi sabbiosi più superficiali dell'Orizzonte B, caratterizzati da contenuto addensamento. Sono quindi possibili cedimenti e rifluimenti degli strati più superficiali dell'orizzonte, quelli sicuramente più sciolti e soggetti a rimaneggiamenti anche da parte dei moti ondosi, di cui si dovrà opportunamente tenere conto nella progettazione. Sono da ritenersi sostanzialmente trascurabili invece gli eventuali assestamenti indotti dai possibili carichi al sottostante Orizzonte C, sia per l'effetto dell'assorbimento della struttura di base delle scogliere che per il maggiore addensamento delle sabbie.

Per tali interventi non si ravvedono particolari condizioni né in termini di pericolosità né di fattibilità sotto il profilo geotecnico, ma è necessario impartire alcune prescrizioni di carattere generale.

L'escavazione e il dragaggio previsti per la realizzazione dell'opportuno fondale nelle parti antistanti i nuovi banchinamenti (o le parti ampliate) interesserà sedimenti che, viste le caratteristiche litologiche e granulometriche, potranno essere anche riutilizzati per ripascimenti delle limitrofe spiagge e/o in parte anche nell'ambito degli stessi cantieri di ampliamento per specifici riempimenti, in linea con la vigente normativa di settore.