

C0	20/05/14	EMISSIONE PER APPROVAZIONE	EC	GB	YE
REVISIONE		DESCRIZIONE	EL.	CON.	APP.

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI
MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA
DI VENEZIA

CONVENZIONE REP. N. 7191 DEL 04-10-1991
ATTO ATTUATIVO REP. 8308 DEL 16-12-2008



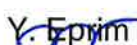
INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER
LA REGOLAZIONE DEI FLUSSI DI MAREA

CUP: D51B020000500F1 (A.A. 8308/08)





PROGETTO ESECUTIVO


WBS: LN.S1.29.PE
WBE: LN.S1.29.PE.01

BOCCA DI LIDO S.NICOLÒ
OPERE SUPERFICIALI DI COMPLETAMENTO
WBE1: SPALLA NORD
ESTRATTO
RELAZIONE TECNICA GENERALE

ELABORATO E. 	CONTROLLATO G. 	APPROVATO Y. 
N. ELABORATO MV054P-PE-NCR-7001-C0	CODICE FILE MV054P-PE-NCR-7001-C0.DOC	DATA 20 Maggio 2014

CONSORZIO "VENEZIA NUOVA"

<p>COORDINAMENTO PROGETTAZIONE</p> <p>VERIFICATO M. </p> <p>CONTROLLATO M. </p> <p> CONSORZIO VENEZIA NUOVA Ing. H. Redi</p>	<p>PROGETTAZIONE</p> <p> DOTT. ING. ROBERTO SCOTTI Ser. A - Settore a) civile b) industriale c) dell'informazione n° A 9782 MILANO</p> <p>IL RESPONSABILE</p>
---	---

 TECNICA	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 2
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

MAGISTRATO ALLE ACQUE

NUOVI INTERVENTI PER LA SALVAGUARDIA DI VENEZIA

**CONVENZIONE REP. 7191 DEL 04-10-1991
ATTO ATTUATIVO REP. 8308 DEL 16-12-2008**

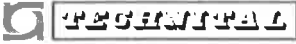
CONSORZIO VENEZIA NUOVA

**INTERVENTI ALLE BOCCHE LAGUNARI PER LA REGOLAZIONE
DEI FLUSSI DI MAREA**

- PROGETTO ESECUTIVO -


**BOCCA DI LIDO S.NICOLO'
OPERE SUPERFICIALI DI COMPLETAMENTO
WBE1: SPALLA NORD**

RELAZIONE TECNICA GENERALE

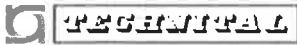
	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 3
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

INDICE


1.	FINALITA' E CONTENUTI DELLA RELAZIONE	7
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO	11
2.1.	Articolazione del progetto dell'isola: WBS e WBE	11
2.2.	Opere in progetto	12
2.2.1.	Rete di drenaggio superficiale acque meteoriche	14
2.2.2.	Predisposizioni impianto illuminazione / videosorveglianza	15
2.2.3.	Pavimentazione in c.a. piazzale area impianti	16
2.2.4.	Cancello di accesso alle Aree impianti e recinzione	17
3.	INQUADRAMENTO DEI PROGETTI APPROVATI O IN CORSO NELL'AREA DELL'ISOLA LATO SAN NICOLÒ	18
3.1.	Isola tra S. Nicolò e Treporti – 1 ^a fase (A) (WBS LT.M1.22.PE)	20
3.2.	Isola tra S. Nicolò e Treporti – 1 ^a fase (B) (WBS LT.M1.23.PE)	22
3.3.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo, Cassoni andatori lato mare - (LN.F1.27.PE.01)	24
3.4.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo, Cassoni andatori e darsena lato laguna - (LN.F1.27.PE.02)	25
3.5.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo – Edifici tecnologici 1 ^o fase (LN.F1.27.PE.03)	26
3.6.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo - Edifici tecnologici 2 ^o fase (LN.F1.27.PE.04)	27
3.7.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo - Sovrastrutture cassoni lato laguna (LN.F1.27.PE.05)	29
3.8.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo – Completamento edifici (LN.F1.27.PE.06)	30
3.9.	Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3 ^o fase) ed edificio di controllo – Completamento opere civili e finiture architettoniche (LN.F1.27.PE.07)	31
3.10.	Lido S. Nicolò - Spalla Nord: Sistemazione Isola - Tubazione di scarico a mare, coronamento e pietrame a tergo scogliera lato mare (LN.F1.28.PE.01)	33
3.11.	Bocca di Lido: San Nicolò e Treporti – Impianti (WBS LN.L1.50)	34
3.11.1.	Breve descrizione generale degli impianti alla Bocca di Lido	35
3.12.	Studio di inserimento architettonico e confronto con la configurazione di progetto definitivo	37
4.	ORGANIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DI PROGETTO	40

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 4
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

4.1.	Organizzazione della documentazione di progetto	40
4.2.	Elenco degli elaborati del progetto esecutivo della WBE-01	40
5.	SINTESI E CONCLUSIONI DEL PROGETTO	41
5.1.	Quali sono le opere civili della WBE-01	41
5.2.	Quali sono stati i principali indirizzi di progetto	41
5.2.1.	Progettazione strutturale	41
5.3.	Quali sono stati i principali risultati di progetto	41
5.3.1.	Verifica delle strutture	41
5.3.2.	La scelta dei materiali e la manutenzione delle opere	41
6.	RIFERIMENTI	42
6.1.	Organizzazione delle WBS e delle WBE della spalla lato nord	42
6.2.	Documenti di riferimento	42
6.2.1.	Progetti di massima e definitivo	42
6.2.2.	Studi generali	42
6.2.3.	Progetti esecutivi approvati	43
6.3.	Norme	44
6.3.1.	Normativa italiana sulle strutture	44
6.3.2.	Eurocodici	44
6.3.3.	Norme geotecniche	44
6.3.4.	Norme specifiche sull'acciaio	45
6.3.5.	Norme specifiche sul calcestruzzo	45
6.3.6.	Norme sulle costruzioni marittime	45
7.	DATI DI BASE	47
7.1.	Vita utile di progetto	47
7.2.	Caratterizzazione geotecnica dell'area	48
7.2.1.	Indagini precedenti al 2002	48
7.2.2.	Indagini successive al 2002: indagini per il progetto esecutivo	49
7.2.3.	Interpretazione dei dati	49
7.2.4.	Attività di caratterizzazione geotecnica	52
7.3.	Condizioni ambientali: marea e moto ondoso	54
7.3.1.	Livelli di marea	54
7.3.2.	Eustatismo	56
7.3.3.	Moto ondoso e livelli in corrispondenza delle opere	57
7.4.	Sisma	59
7.5.	Indagini archeologiche e bonifica bellica	60
8.	MATERIALI	62
8.1.	Acciaio	62

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 5
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

8.1.1.	Acciaio per carpenteria metallica	62
8.1.2.	Acciaio per l'armatura del conglomerato cementizio	62
8.2.	Calcestruzzo	63
8.2.1.	Calcestruzzo dei pozzetti, cunicoli, basamenti ed elementi prefabbricati in genere	63
8.2.2.	Calcestruzzo per pavimentazioni	63
9.	CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA	64
9.1.	Situazioni progettuali	64
9.2.	Azioni sulle strutture e periodi di ritorno	65
9.3.	Verifica con il metodo dei coefficienti parziali	66
9.3.1.	Valore di progetto delle azioni	66
9.3.2.	Valore di progetto delle proprietà dei materiali	67
9.3.3.	Stati limite ultimi	68
9.3.4.	Stati limite di esercizio	69
9.3.5.	Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)	70
9.3.6.	Coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti	70
10.	AZIONI DI PROGETTO	71
10.1.	Azioni permanenti . Pesi propri e carichi permanenti portati	71
10.2.	Azioni permanenti. Spinta idrostatica e spinta di Archimede	71
10.3.	Spinta del terreno	71
10.4.	Azioni variabili. Sovraccarichi accidentali	72
10.5.	Azioni variabili. Maree	72
10.6.	Azioni sismiche	72
10.6.1.	Accelerazione sismica di progetto	72
10.6.2.	Spinta del terreno in fase sismica	73
10.6.3.	Spinta idrodinamica	74
11.	ANALISI STRUTTURALE PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO	75
11.1.	Metodo di calcolo	77
11.2.	Analisi strutturale	77
11.3.	Risultati	79
11.4.	Stato limite di fessurazione indotto dai fenomeni di ritiro del calcestruzzo	83
11.5.	Stato limite di esercizio	84
11.6.	Stato limite ultimo	84

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 6
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

12.	MANUTENZIONE E DURABILITA'	86
12.1.	Premessa	86
12.2.	Corrosione di elementi metallici minori	86
12.2.1.	Strutture in acciaio al carbonio	86
12.2.2.	Strutture in acciaio zincato	87
12.2.3.	Strutture in acciaio inossidabile	88
12.2.4.	Interventi progettuali per la durabilità di elementi metallici minori	88
12.3.	Corrosione di manufatti in calcestruzzo armato	88
12.4.	Interventi progettuali attuati per la durabilità delle opere in calcestruzzo armato	88
12.4.1.	Definizione delle classi di esposizione ambientale	91
12.4.2.	Considerazioni conclusive	91

1. FINALITA' E CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Il presente progetto tratta la realizzazione delle opere di sistemazione superficiale della spalla nord della Bocca di Lido S.Nicolò.

La barriera per la regolazione delle maree alla bocca di Lido è articolata in due tratti (barriera di Lido Treporti e barriera di Lido S.Nicolò) separati da un'isola artificiale, disposta in posizione intermedia.

L'isola, su bassi fondali, consente la suddivisione funzionale della barriera mobile in due parti, impostate su fondali compatibili con quelli naturali dei canali di bocca, più profondi a S.Nicolò e meno profondi a Treporti.

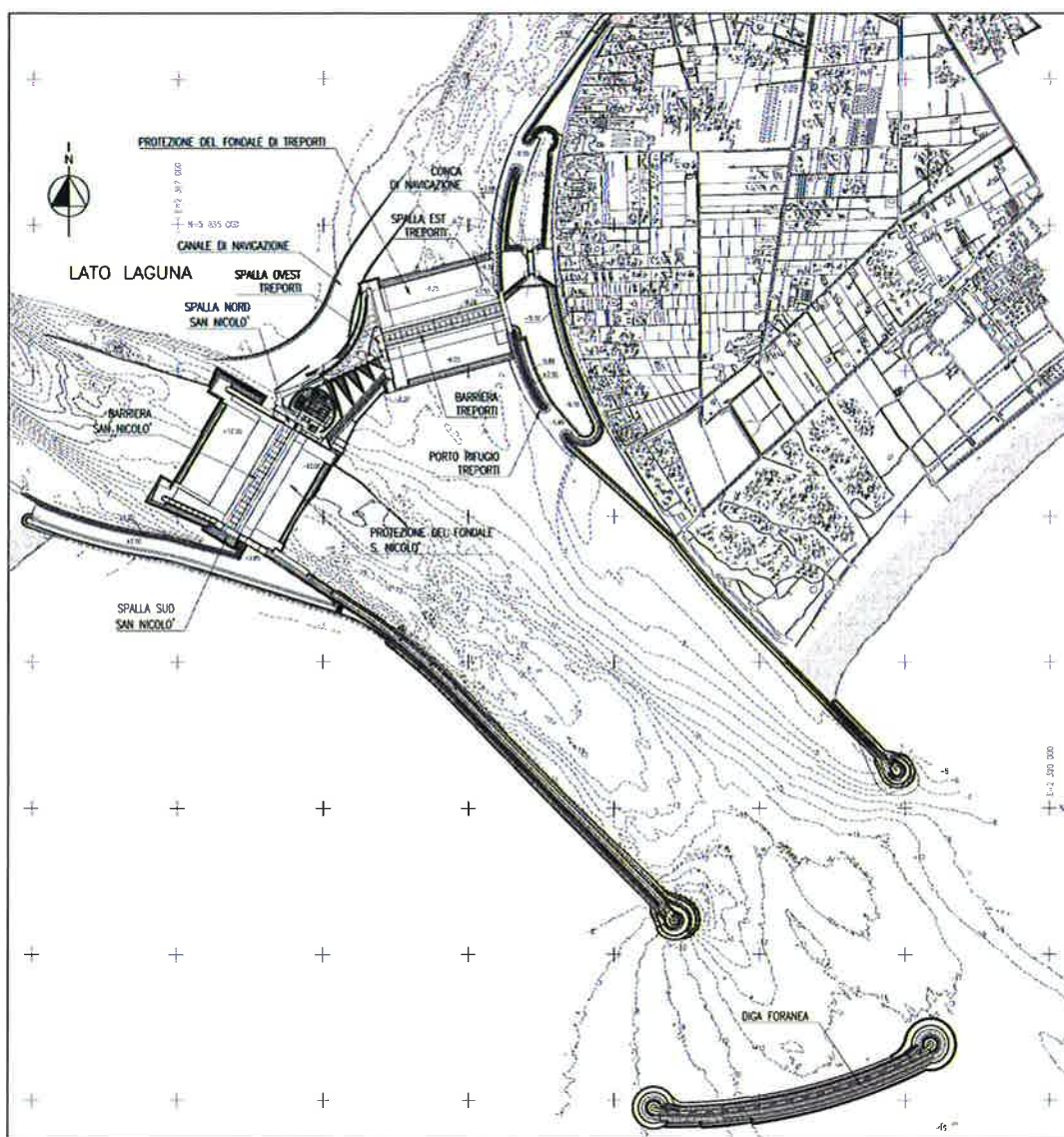


FIG. 1.1 - COROGRAFIA DELLA BOCCA DI LIDO CON LE OPERE PER LA REGOLAZIONE DELLA MAREA

Sull'isola, a ridosso della Spalla Nord di S. Nicolò, è in corso la realizzazione di un'area impianti (rif. WBS LN.F1.27), delimitata ed accessibile solo agli addetti, che comprende, oltre agli impianti ed alle infrastrutture al servizio della barriera, i servizi ausiliari quali magazzino, garage, uffici, sistemi di prevenzione incendi e di trattamento acque reflue.

La spalla nord di S.Nicolò è collegata alla Spalla Ovest di Treporti mediante due tunnel interrati (rif. WBS LT.G1.31) al cui interno transitano gli impianti, i servizi (tubazioni e cavi a servizio delle barriere) ed i sistemi di monitoraggio gestionale.

Il progetto dell'isola e delle spalle in terraferma, già nelle fasi preliminari (progettazione preliminare, di massima e definitiva) è stato sviluppato rivolgendo la massima attenzione alla questione dell'inserimento ambientale (sia per gli aspetti di morfologia della laguna che per quelli di inserimento paesaggistico e architettonico). Per tali argomenti si rimanda agli elaborati e agli studi specifici citati fra i documenti di riferimento. Si riporta in Fig. 1.2 la proposta emersa nell'ambito dello "Studio di inserimento architettonico e paesaggistico delle opere mobili" (IUAV, 2004) proprio per la nuova isola richiesto dalla Commissione per la Salvaguardia di Venezia.

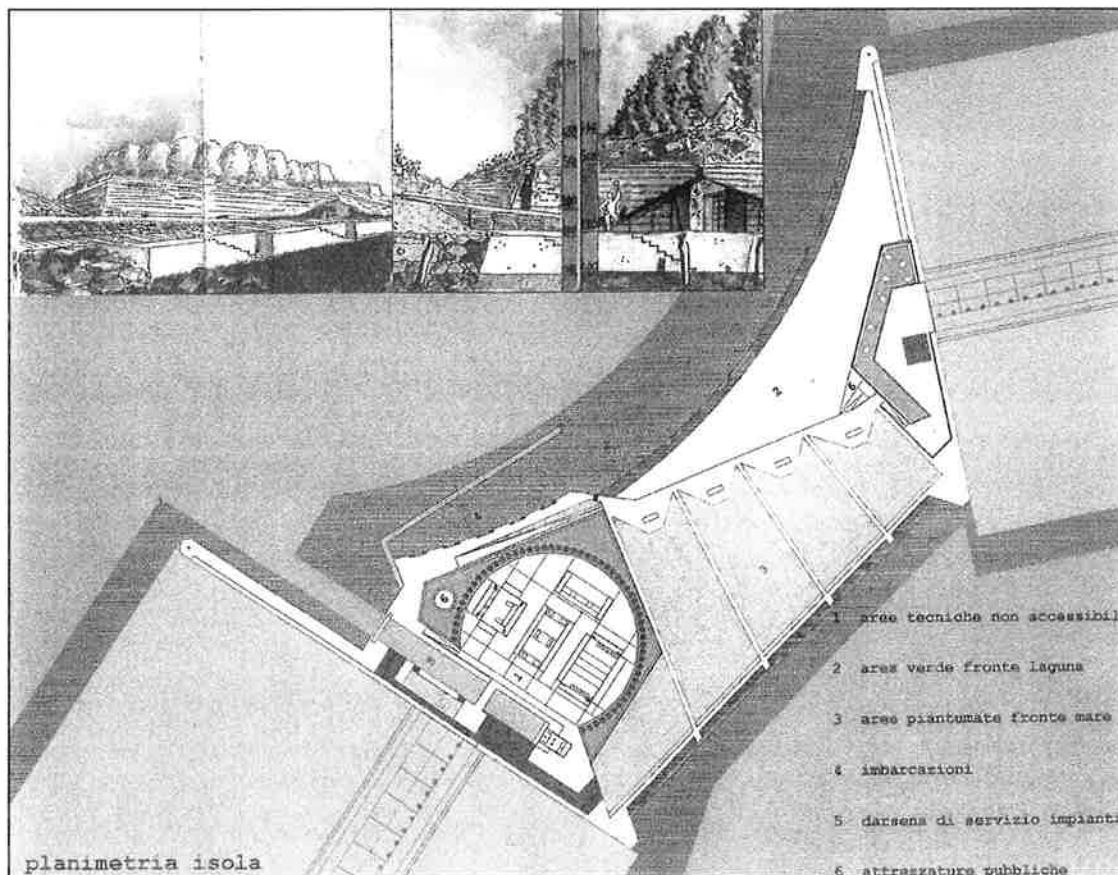


FIG. 1.2 - PLANIMETRIA D'INSERIMENTO PAESAGGISTICO E ARCHITETTONICO DELL'ISOLA (IUAV, 2004)

La nuova planimetria delle opere è stata approvata dalla Soprintendenza di Venezia e dal Comitato di Settore dei Beni Culturali e Ambientali. Nel passaggio dal progetto definitivo a quello esecutivo, e attraverso gli approfondimenti svolti con il supporto di IUAV e d'intesa con la Soprintendenza, sono state anche definite le caratteristiche delle opere che emergono dal nuovo piano campagna e la sistemazione del territorio adiacente all'area del recesso di spalla come raffigurato nelle figure riportate di seguito. Le modifiche introdotte per migliorare l'inserimento architettonico e paesaggistico sono risultate di una certa importanza; questo per ridurre al massimo l'impatto sul territorio e per rendere tali opere congruenti con le caratteristiche e le funzioni dei territori adiacenti.


Le opere oggetto della presente WBE sono state quindi progettate nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto definitivo "Bocca di Lido Treporti-S.Nicolò - Inserimento architettonico delle opere in vista" favorevolmente esaminato del Comitato Tecnico di Magistratura del 08/09/2011 con voto n.127.

Lo sviluppo della progettazione paesaggistica e delle opere di riqualificazione del paesaggio, la cui obbligatorietà è stata recentemente ribadita dalla Soprintendenza per i Beni Culturali e Paesaggistici del Veneto con la nota prot. n. 7744 del 30.05.13, ad oggi risulta vincolato dalla mancanza di ulteriori finanziamenti dedicati.

Stante comunque l'impegno preso da parte del Magistrato alle Acque, in uno sviluppo progettuale condiviso con la stessa Soprintendenza e con il Comitato di Settore, nella redazione dei progetti esecutivi di inserimento architettonico delle opere a vista del progetto MOSE, già in parte approvati ed in corso di esecuzione, si è tenuto conto anche dei possibili sviluppi relativamente alle soluzioni prettamente paesaggistico/ambientali di cui al Progetto Preliminare di inserimento Paesaggistico di Lido (IUAV, 2011).



FIG. 1.3 - PROGETTO DEFINITIVO IUAV - VISTA DELL'ISOLA DI LIDO LATO SAN NICOLÒ DA UNA NAVE DA CROCIERA IN TRANSITO NEL CANALE DI SAN NICOLÒ

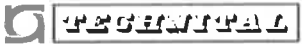
	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 10
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La WBS LN.S1.29 “Bocca di Lido S.Nicolò - Opere superficiali di completamento” ha per oggetto la realizzazione delle opere di sistemazione superficiale delle spalle nord e sud della Bocca di Lido S.Nicolò.

Nel presente stralcio esecutivo dedicato alla Spalla Nord (WBE-01) sono comprese la rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche, le predisposizioni per l’impianto di illuminazione e l’impianto antintrusione, la pavimentazione, la recinzione ed i cancelli dell’area impianti.

In questo documento verranno ripresi gli elementi progettuali delle opere dello stralcio in oggetto. In particolare:

- saranno descritte le caratteristiche e la configurazione delle opere in progetto, in termini di tipologia, geometria e proprietà meccaniche (rigidezza, resistenza) degli elementi costitutivi;
- saranno definiti i criteri e requisiti di progetto;
- saranno riportati i principali risultati delle verifiche condotte per il loro dimensionamento.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 11
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

2.1. Articolazione del progetto dell'isola: WBS e WBE

Le parti del progetto delle opere mobili sono codificate secondo una Work Breakdown Structure (WBS).

Il progetto dell'isola di Lido è stato suddiviso in tre fasi principali, in accordo con le modalità realizzative previste.

La prima fase ha riguardato il corpo centrale dell'isola ed è stata ripartita in due WBS:

- WBS LT.M1.22.PE “Isola tra S.Nicolò e Treporti – 1a fase (A)”;
- WBS LT.M1.23.PE “Isola tra S.Nicolò e Treporti – 1a fase (B)”.

La seconda fase ha riguardato il completamento dell'isola lato Treporti ed è rappresentata dalla WBS:

- WBS LT.G1.31.PE “Bocca di Lido Treporti - Spalla ovest (Isola 2a fase) e sistemazione”.


La terza fase ha invece riguardato il completamento dell'isola lato S.Nicolò ed è stata ripartita nelle seguenti WBS:

- WBS LN.F1.27.PE “Bocca di Lido S. Nicolò - Spalla Nord (Isola 3a fase) ed edificio di controllo”;
- WBS LN.F1.28.PE “Bocca di Lido S. Nicolò - Spalla Nord: sistemazione Isola”.

Trattandosi di opere di notevole complessità (sia per articolazione sia per mole delle lavorazioni), ulteriori suddivisioni sono state operate nell'ambito delle diverse fasi appena descritte; a questo proposito maggiori dettagli verranno forniti nel seguito.

Si noti che i cassoni di spalla non sono compresi in questo gruppo di WBS, ma afferiscono ai progetti delle rispettive barriere.

Infine, il completamento del progetto dell'isola prevede la realizzazione degli impianti necessari al funzionamento delle barriere inclusi nelle WBS LN.L1.50 (“Bocca di Lido San Nicolò – Treporti – Impianti”).

 GENERALI	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 12
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

La WBS LN.S1.29 “Bocca di Lido S.Nicolò - Opere superficiali di completamento” ha per oggetto la realizzazione delle opere di sistemazione superficiale delle spalle nord e sud della Bocca di Lido S.Nicolò.

Nel presente stralcio esecutivo dedicato alla Spalla Nord (WBE-01) sono comprese la rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche, le predisposizioni per l’impianto di illuminazione e l’impianto antintrusione, la pavimentazione, la recinzione ed i cancelli dell’area impianti.

La suddivisione ad oggi ipotizzabile della WBS LN.S1.29 “Bocca di Lido S. Nicolò - Opere superficiali di completamento “ in WBE è la seguente:

- WBE: LN.S1.29.PE.01 – “WBE1: Spalla Nord” (questo progetto): comprende la rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche, le predisposizioni per l’impianto di illuminazione e l’impianto antintrusione, la pavimentazione, la recinzione ed i cancelli dell’area impianti.
- WBE SUCCESSIVE: comprendono gli analoghi interventi relativi alla Spalla Sud.

2.2. Opere in progetto

Il presente stralcio esecutivo, codificato come WBE LN.S1.29.PE.01, comprende la realizzazione dei seguenti interventi:

- Rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche (canalette grigliate e pozze di drenaggio) del piazzale impianti di Spalla Nord;
- Predisposizioni per impianto di illuminazione ed impianto antintrusione dell’Area Impianti di Spalla Nord;
- Strato di sottofondo in misto cementato per formazione pendenza e pavimentazione in calcestruzzo armato (finitura tipo industriale) del piazzale impianti di Spalla Nord;
- Cannello carrabile di accesso al piazzale impianti di Spalla nord, completo di sistema di automazione, e relativa recinzione.

Nella figura seguente è riportata le planimetria dell’area di Spalla nord al termine della WBE.

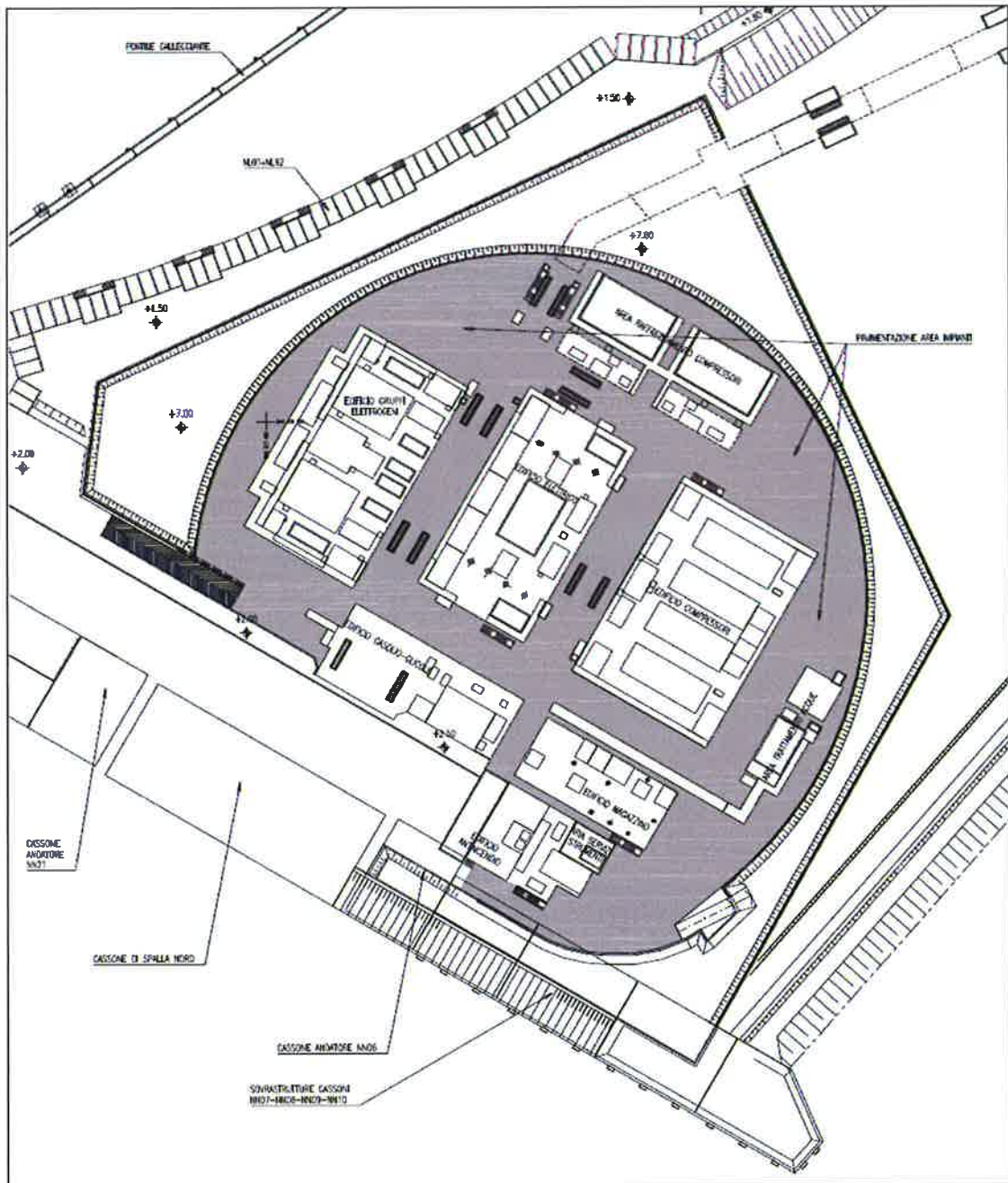


FIG. 2.1 - PLANIMETRIA DI SPALLA NORD

2.2.1. Rete di drenaggio superficiale acque meteoriche

Nella WBE in oggetto è compresa la realizzazione della rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche del piazzale impianti di Spalla Nord.

La rete si compone di canalette prefabbricate, tubazioni in PVC e pozzetti di raccolta ed ispezione.

Il drenaggio e lo smaltimento delle acque meteoriche nell'area in oggetto avviene mediante opportuna sagomatura dei piazzali dotati di pendenza trasversale in direzione delle canalette di drenaggio.

Le canalette (classe di resistenza D400 secondo EN124) sono costituite da una successione di conci prefabbricati con sezione ad "U": il coperchio delle canalette è costituito da lastre in C.A. dotate di feritoie atte a permettere il passaggio delle acque piovane.

Le canalette vengono disposte generalmente lungo il perimetro del piazzale e degli edifici ed hanno la funzione di raccogliere e convogliare le acque verso lo scarico.

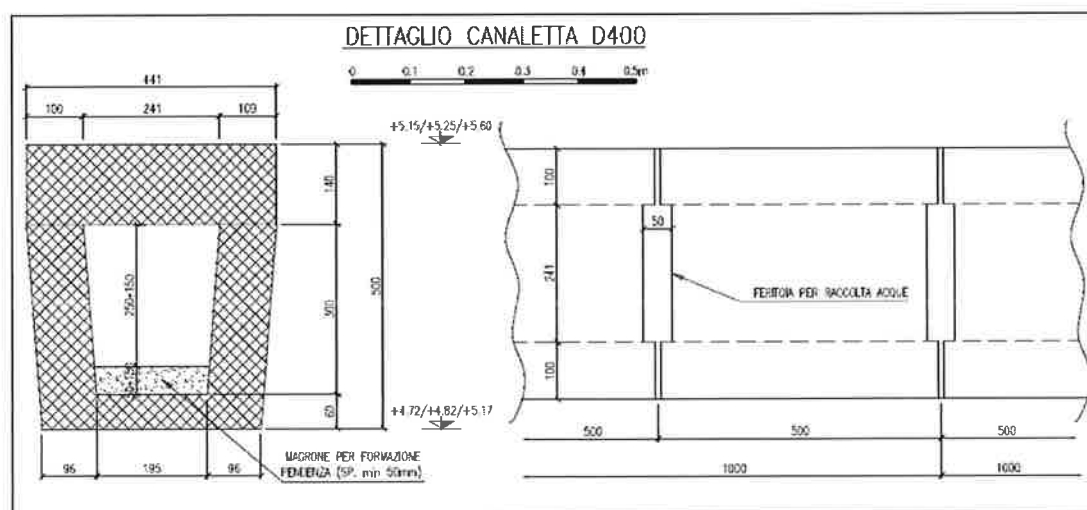
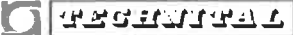


FIG. 2.2 - CANALETTA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE

I pozzetti di drenaggio (classe di resistenza D400 secondo EN124) sono invece disposti in corrispondenza degli incroci fra rami diversi; le tubazioni in PVC (diametro 200 mm) collegano ove necessario le canalette ai pozzetti.

Le acque raccolte dalla rete di drenaggio superficiale vengono quindi convogliate nei pozzetti e nelle tubazioni della rete di drenaggio interrata (rif. progetto approvato LN.F1.27.PE.07) e da qui all'Area Trattamento Acque (rif. progetto approvato LN.F1.27.PE.06).

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 15
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

2.2.2. Predisposizioni impianto illuminazione / videosorveglianza


Nella WBE in oggetto è compresa la realizzazione delle predisposizioni degli impianti di illuminazione e antintrusione del piazzale impianti di Spalla Nord.

Le predisposizioni dell'impianto di illuminazione (intervento compreso nell'ambito della WBS impianti LN.L1.50) sono costituite da:

- cavidotti: le linee di alimentazione dell'impianto di illuminazione si dipartono dai pozzetti della rete di distribuzione principale dell'energia elettrica (rif. progetto approvato LN.F1.27.PE.07) e corrono all'interno di cavidotti DN110mm (lisci internamente e corrugati esternamente) posati di norma a q.ta +4.80 m nello strato di misto cementato per formazione pendenza sottostante la pavimentazione in calcestruzzo.
- Pozzetti di derivazione/ispezione in cls (classe di resistenza D400 secondo EN124);
- Plinti di fondazione dei punti luce.

L'impianto antintrusione (rif. WBE LN.L1.50.PE.17) prevede la realizzazione lungo il perimetro dell'area impianti di Spalla Nord di un sistema di videosorveglianza a circuito chiuso e la posa di rilevatori di movimento a microonde (rif. disegno MV100P-PE-LSD-5000-C1).

Le predisposizioni per tale impianto sono costituite da un cavidotto DN90 mm (liscio internamente e corrugato esternamente) interrato nella sistemazione a verde di q.ta +7.00 m e da pozzetti di transito in PVC disposti lungo il percorso del cavidotto ad interasse di circa 25 m.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 16
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

2.2.3. Pavimentazione in c.a. piazzale area impianti

Nella WBE in oggetto è inclusa la realizzazione della pavimentazione del piazzale dell'Area Impianti di Spalla Nord.

La finitura del piazzale è costituita da una pavimentazione in calcestruzzo con finitura di tipo industriale, dello spessore di 20 centimetri ed armato con un doppio strato di barre di armatura $\Phi 12/20 \times 20$.

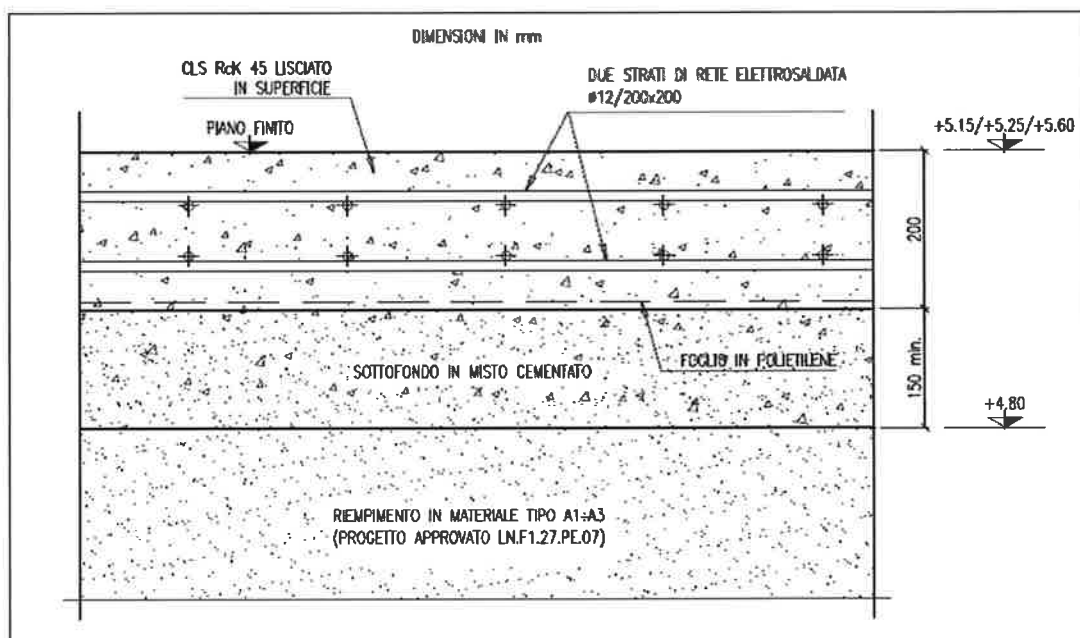


FIG. 2.3 - DETTAGLIO PAVIMENTAZIONE IN C.A. PIAZZALE IMPIANTI

Originariamente, la pavimentazione era stata prevista del tipo stradale (tappetino di usura, binder e sottofondazione in granulare stabilizzato) in quanto più facilmente rimovibile nel momento in cui avessero dovuto prevedersi interventi per la predisposizione di opere civili di interfaccia con le reti tecnologiche, all'epoca non prevedibili ma certamente necessarie alla luce dello sviluppo della progettazione esecutiva degli impianti relativi al sistema MOSE.

Essendosi definiti gli aspetti tecnici in termini di progettazione esecutiva degli impianti, viene ora prevista una pavimentazione di tipo rigido: trovando una sintesi tra gli aspetti architettonici e l'opportunità di garantire una maggiore durabilità dell'opera, si è optato per una soluzione che nel contempo offre minori costi manutentivi all'Amministrazione ed ha una migliore compatibilità paesaggistica e ambientale con le sistemazioni circostanti.

Il getto della pavimentazione viene suddiviso in piastre aventi dimensione massima di 8 x 8 metri tramite l'utilizzo di giunti di espansione e successivamente trattato in modo da avere un giunto di indebolimento (o di controllo) ogni 4 metri circa.

E' prevista quindi una finitura superficiale con funzione antiabrasiva da realizzarsi con metodo a spolvero (aggregato: graniglia al quarzo) e scopatura antisdrucchiolo e la sigillatura dei giunti.

Sul perimetro della pavimentazione ed in corrispondenza delle elevazioni delle strutture si realizzeranno dei giunti di isolamento, come meglio indicato negli elaborati grafici di progetto.

Per l'analisi strutturale della pavimentazione si rimanda al cap. 11 della presente relazione.

2.2.4. Cannello di accesso alle Aree impianti e recinzione

In corrispondenza dell'accesso carrabile al piazzale impianti di Spalla Nord (rampa in adiacenza alla darsena) è prevista la posa di un cancello scorrevole, carrabile e completo di sistema di automazione e di un tratto di recinzione in adiacenza ad esso.

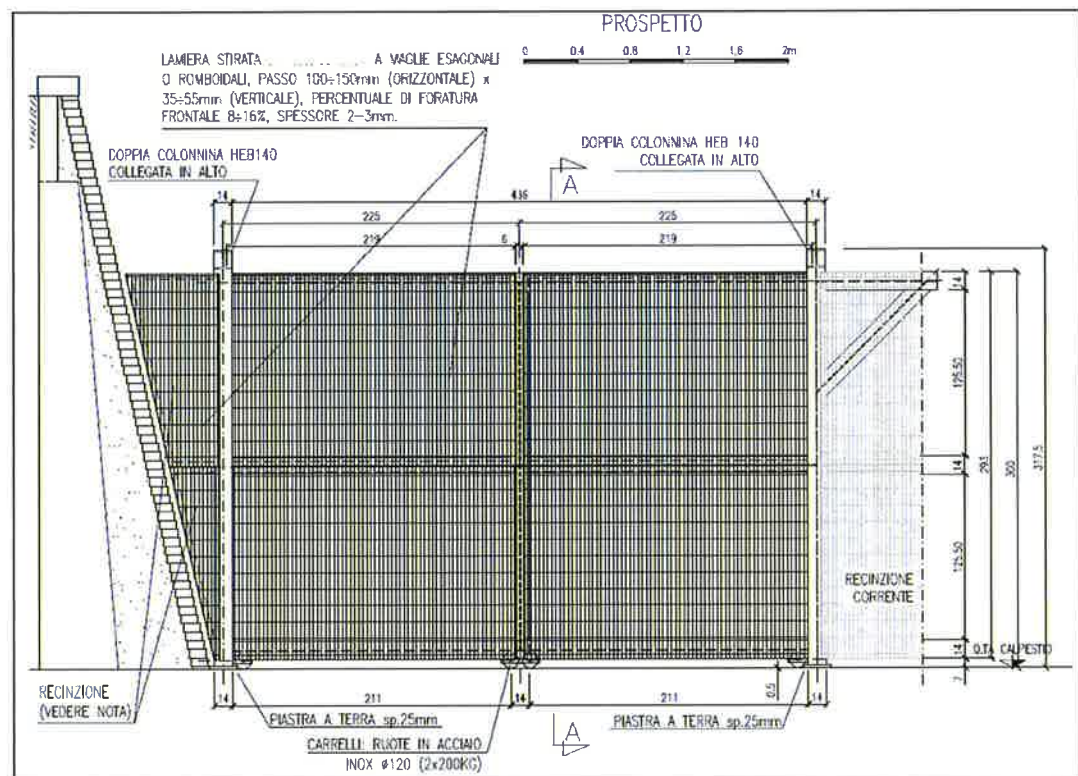


FIG. 2.4 - CANCELLO DI ACCESSO ALL'AREA IMPIANTI

3. INQUADRAMENTO DEI PROGETTI APPROVATI O IN CORSO NELL'AREA DELL'ISOLA LATO SAN NICOLÒ

Attualmente in corrispondenza dell'area della spalla Nord di S. Nicolò sono state avviate diverse attività nell'ambito del sistema delle opere mobili, che costituiscono punto di partenza e/o di interfaccia per le opere trattate in questa relazione.

Tali interventi sono brevemente descritti nel seguito. In Fig. 3.1 è riportata la configurazione della bocca con le opere approvate a Novembre 2013 e nella figura successiva un'immagini dei lavori in corso alla bocca di Lido.

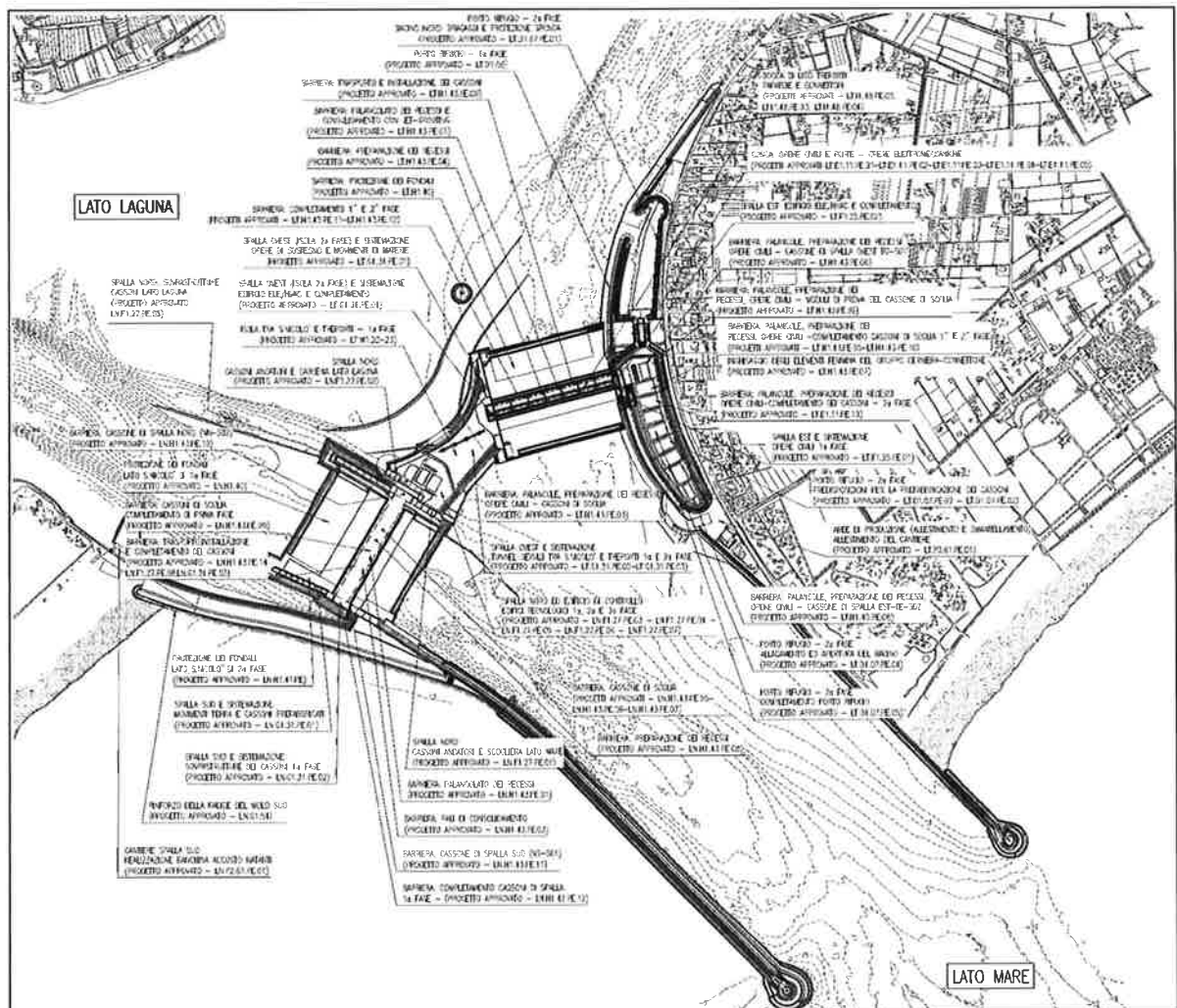


FIG. 3.1 - COROGRAFIA DELLA BOCCA CON LE OPERE APPROVATE (NOVEMBRE 2013)



FIG. 3.2 - STATO DEI LAVORI ALLA SPALLA NORD DI S.NICOLÒ (SETTEMBRE 2013)

Si riporta di seguito una breve descrizione degli stralci di progetti esecutivi approvati che illustrano le opere precedentemente eseguite nell'area d'intervento della presente WBE-01.

3.1. Isola tra S. Nicolò e Treporti – 1^a fase (A) (WBS LT.M1.22.PE)

Le opere previste nel progetto approvato dell'isola di 1^a fase tra S. Nicolò e Treporti (WBS: LT.M1.22.PE) hanno riguardato la costruzione della diga di contenimento dei materiali di dragaggio, come rappresentato in Fig. 3.3. La realizzazione del terrapieno sarà oggetto di una fase successiva connessa con la realizzazione dei dragaggi da realizzare nell'ambito dei lavori alla bocca di Lido.

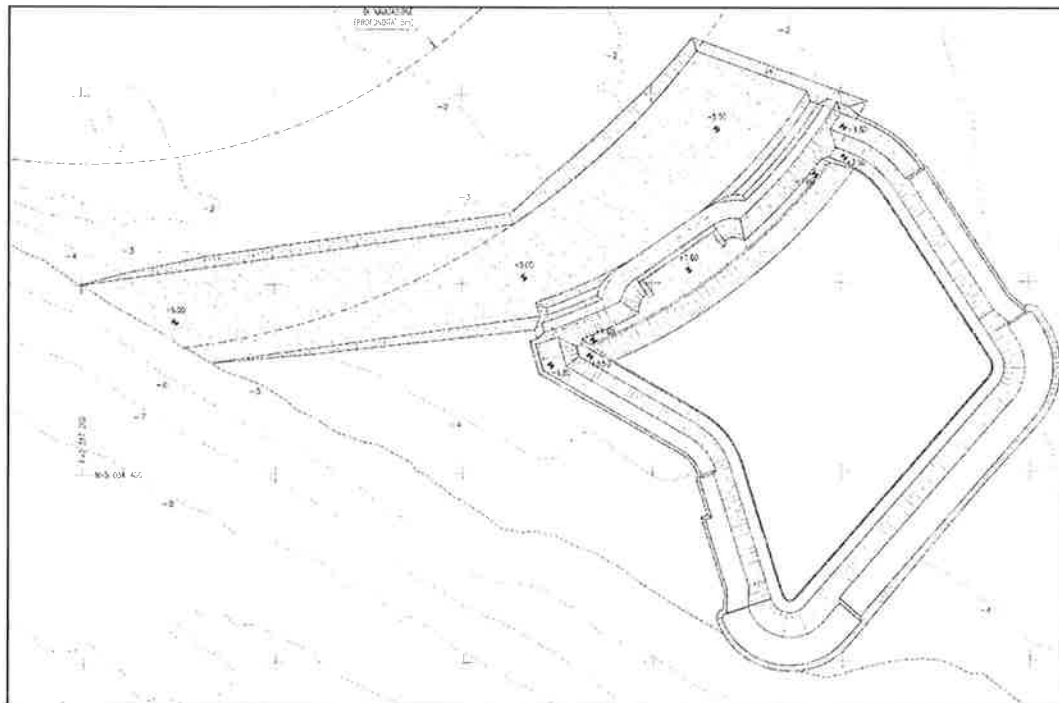


FIG. 3.3 - OPERE REALIZZATE NELLA PRIMA FASE DELL'ISOLA ALLA BOCCA DI LIDO

In questa fase sono stati realizzati 206 m dell'argine sul fronte lato mare e 173 m sul lato laguna mediante opere a scogliera protette con mantellate in massi naturali.

Questi due tratti corrispondono all'opera definitiva. I due tratti di congiunzione (lato S. Nicolò e lato Treporti) saranno invece in seguito inglobati nel terrapieno definitivo, dopo aver salpato le mantellate in massi naturali e risagomato le quote di cresta.

La sezione lato laguna (Fig. 3.4) è caratterizzata da una quota in sommità +1.80 m l.m.m. adottata per minimizzare l'impatto visivo sul fronte che non è soggetto all'attacco del moto ondoso.

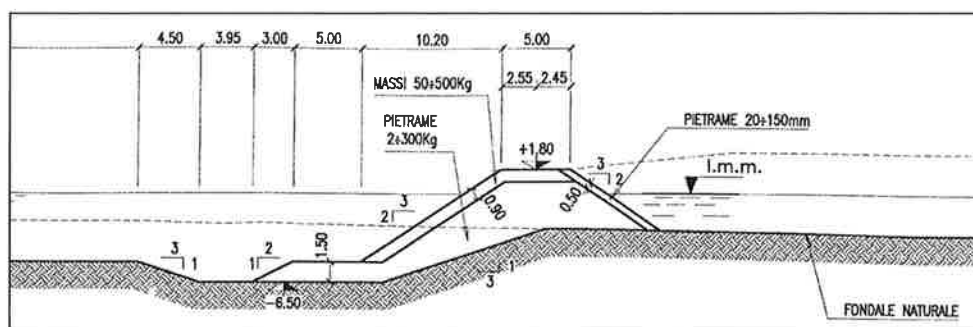


FIG. 3.4 - CONTERMINAZIONE DELL'ISOLA LUNGO IL FRONTE LATO LAGUNA: SEZIONE TIPO

Le dighe laterali (Fig. 3.5), che costituiscono un'opera temporanea perché nella fase finale saranno inglobate nel terrapieno, hanno una quota di cresta a + 3.50 m l.m.m. per proteggere il lato interno, in questa fase, dalla tracimazione.

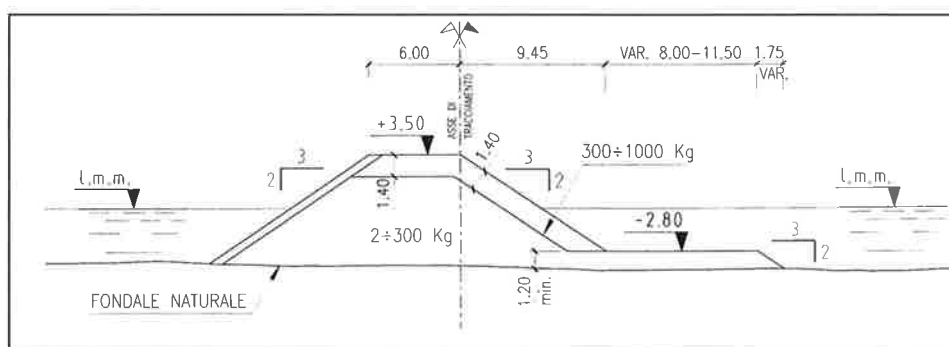


FIG. 3.5 - CONTERMINAZIONE LATERALE DELL'ISOLA: SEZIONE TIPO

Il fronte lato mare (Fig. 3.6) è caratterizzato da una quota in cresta a +3.50 m l.m.m., tale da contenere gli effetti della tracimazione con onde relativamente frequenti, commisurate alla durata dei lavori.

In questo stralcio esecutivo è stata realizzata anche una banchina in blocchi di calcestruzzo, di sviluppo pari a 50 m e sommità a quota +1.80m l.m.m., per consentire l'attracco dei mezzi di cantiere. Di fronte la banchina e in un'area verso S. Nicolò è stato realizzato un dragaggio per disporre di fondali di 5 m l.m.m., utili per il transito e l'attracco alla banchina dei natanti di cantiere.

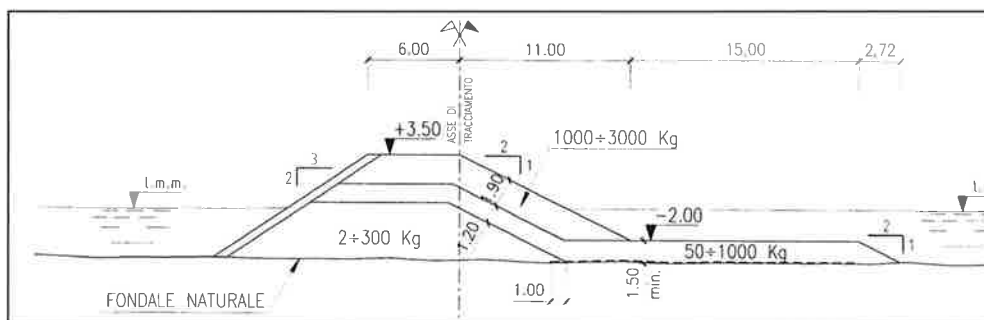
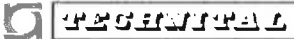


FIG. 3.6 - CONTERMINAZIONE DELL'ISOLA LATO MARE: SEZIONE TIPO DI PRIMA FASE

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 22
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.2. Isola tra S. Nicolò e Treporti – 1^a fase (B) (WBS LT.M1.23.PE)

Le opere previste nel progetto dell'isola di 1^a fase (B) (WBS: LT.M1.23.PE) consistono nella realizzazione del canale di navigazione a tergo dell'isola artificiale per consentire il collegamento tra S. Nicolò e Treporti durante gli episodi di chiusura delle barriere alla bocca di Lido, e nel contemporaneo riempimento dell'isola realizzata in 1^a fase (A) con il materiale proveniente dal dragaggio del canale (Fig. 3.7).

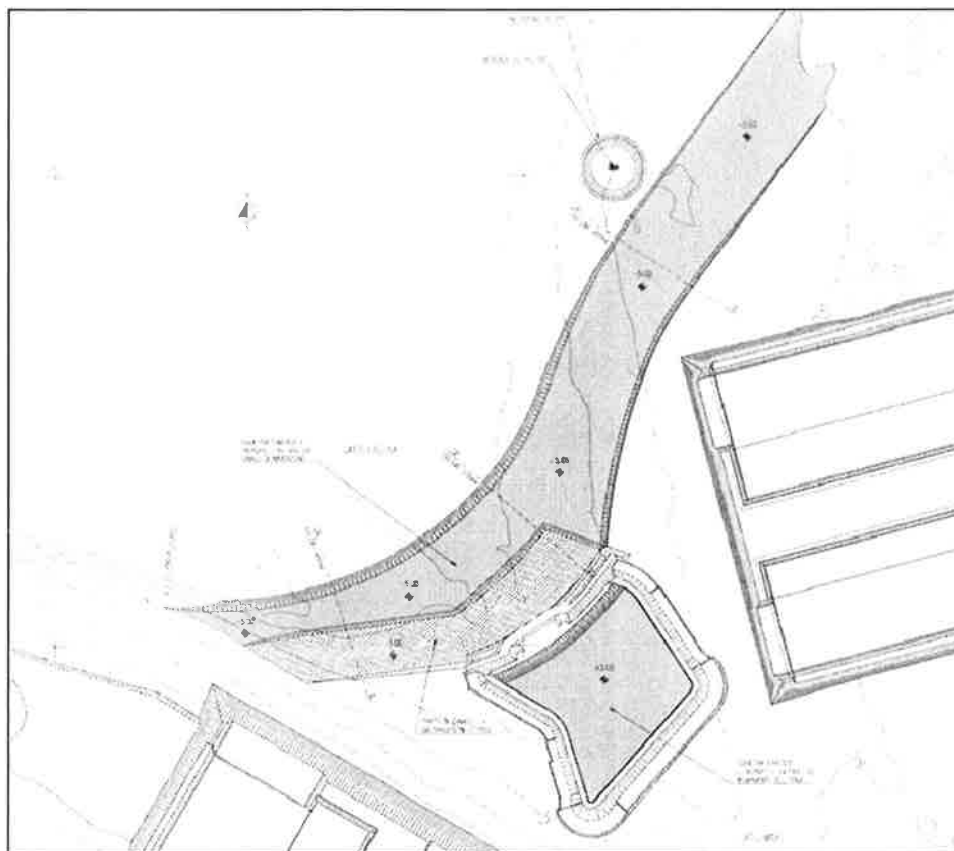


FIG. 3.7 - PLANIMETRIA GENERALE DELLE OPERE

Il canale di navigazione viene dragato fino a quota -5.00 m l.m.m. ed ha una larghezza minima in cunetta di 85 m e pendenza delle scarpate 1 su 4.

Il tracciato del canale è stato definito in modo tale da non interferire con la cinturazione del relitto rinvenuto in prossimità del Bacan e con la realizzazione della parete verticale lato laguna della parte terminale della spalla Ovest dell'isola. In entrambi i casi è stata adottata una distanza di sicurezza con la scarpata del dragaggio non inferiore a 10 m.

Il riempimento dell'isola realizzata in 1^a fase ha previsto la posa di geotessile sulle scarpate interne delle scogliere di conterminazione per consentire il deflusso delle acque provenienti dal refluito del materiale dragato senza il trasporto di materiale in sospensione verso l'esterno.

La quota di sommità del terrapieno è posta a +3.00 m l.m.m.. Il raccordo con la scogliera lato laguna e la banchina posta alla +1.80 m l.m.m. è realizzato tramite una scarpata con pendenza 1 su 10 (Fig. 3.8).

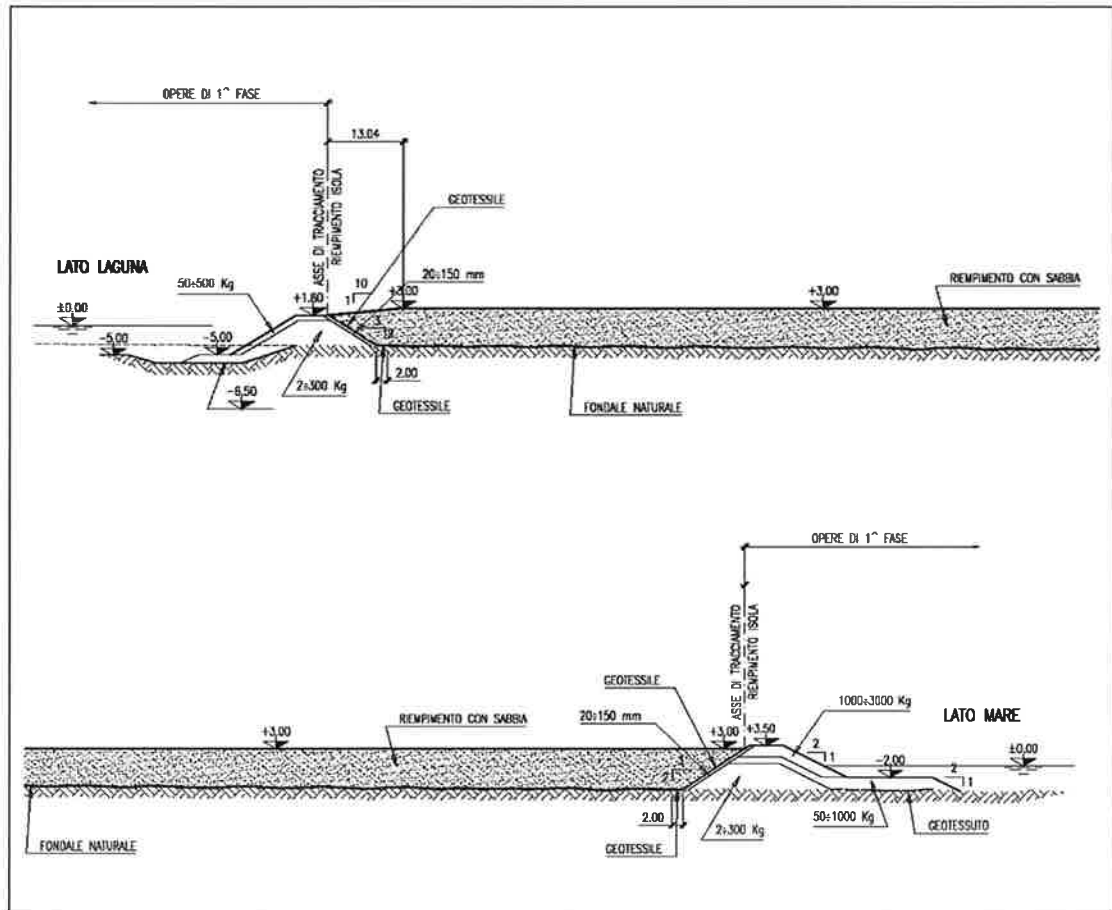


FIG. 3.8 - SEZIONE TIPO RIEMPIMENTO LATO MARE E LATO LAGUNA

3.3. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo, Cassoni andatori lato mare - (LN.F1.27.PE.01)

La prima WBE della spalla Nord include le attività per la realizzazione dei cassoni della sponda lato mare e del prolungamento della diga di coronamento dell'isola a partire dal nucleo centrale, già realizzato, verso la sponda in cassoni.

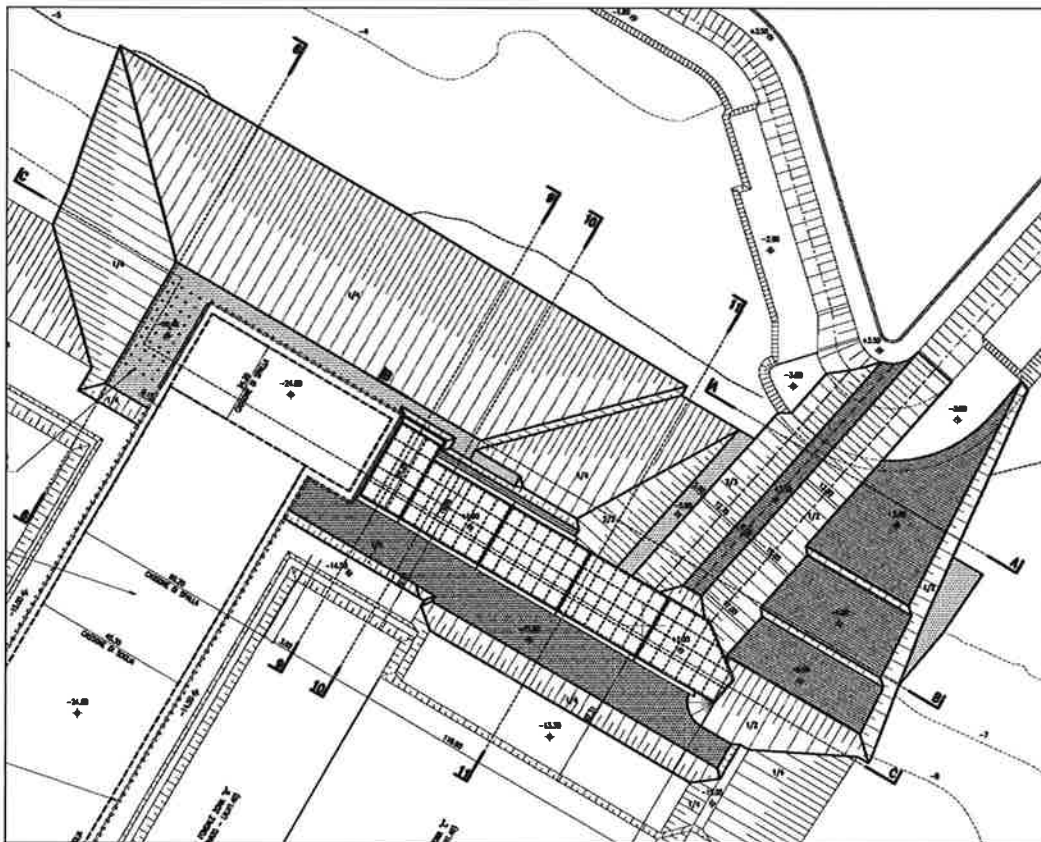


FIG. 3.9 - SPALLA NORD, PLANIMETRIA DELLE OPERE DELLA PRIMA WBE DELLA SPALLA NORD

Della WBE-01 fanno parte sia la realizzazione dei cassoni andatori a lato del cassone di spalla sia i dragaggi e gli scanni per la realizzazione dei piani di imposta delle fondazioni. Il progetto è stato approvato nel Marzo del 2006 ed è ormai completato.

3.4. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo, Cassoni andatori e darsena lato laguna - (LN.F1.27.PE.02)

La seconda WBE della spalla Nord include le attività per la realizzazione dei cassoni della sponda lato laguna: si tratta dei 9 cassoni andatori e dei 9 cassoni di conterminazione della darsena interna.

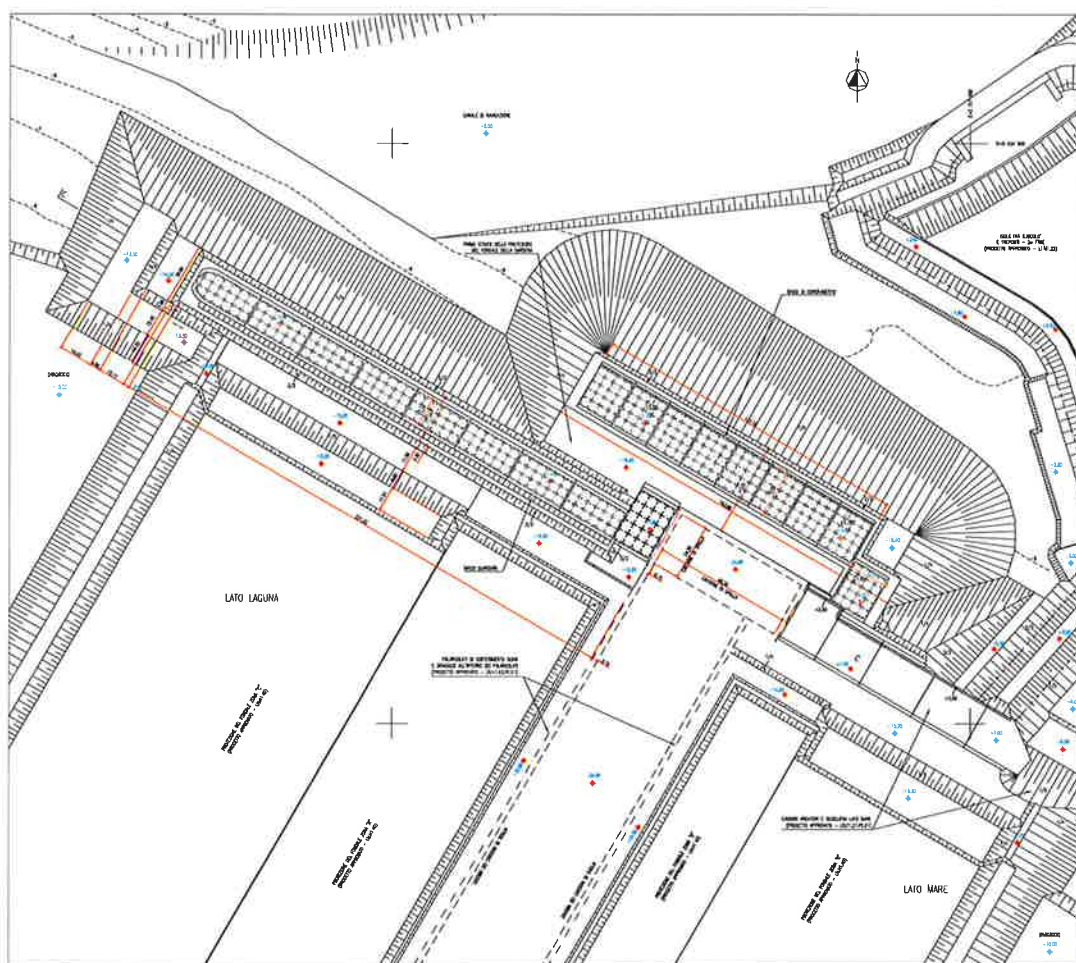


FIG. 3.10 - SPALLA NORD, PLANIMETRIA DELLE OPERE DELLA SECONDA WBE DELLA SPALLA NORD

Della WBE-02 fanno parte sia la realizzazione dei cassoni sia i dragaggi e gli scanni per la realizzazione dei piani di imposta delle fondazioni. Il progetto è stato approvato nel Settembre del 2007 ed è ormai completato.

3.5. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo – Edifici tecnologici 1° fase (LN.F1.27.PE.03)

La terza WBE della spalla Nord include sia l'esecuzione delle lavorazioni (dragaggi e riempimenti) propedeutiche alla costruzione degli edifici tecnologici che insistono sull'area a tergo della darsena, sia la costruzione e posa in opera dei due cassoni prefabbricati in c.a. che completano l'imbocco della darsena secondo la configurazione planimetrica prevista nell'ambito dello Studio di Inserimento Architettonico B.6.69 e la costruzione e posa dei cassoncini prefabbricati che costituiscono la banchina che chiude l'isola sul lato laguna.

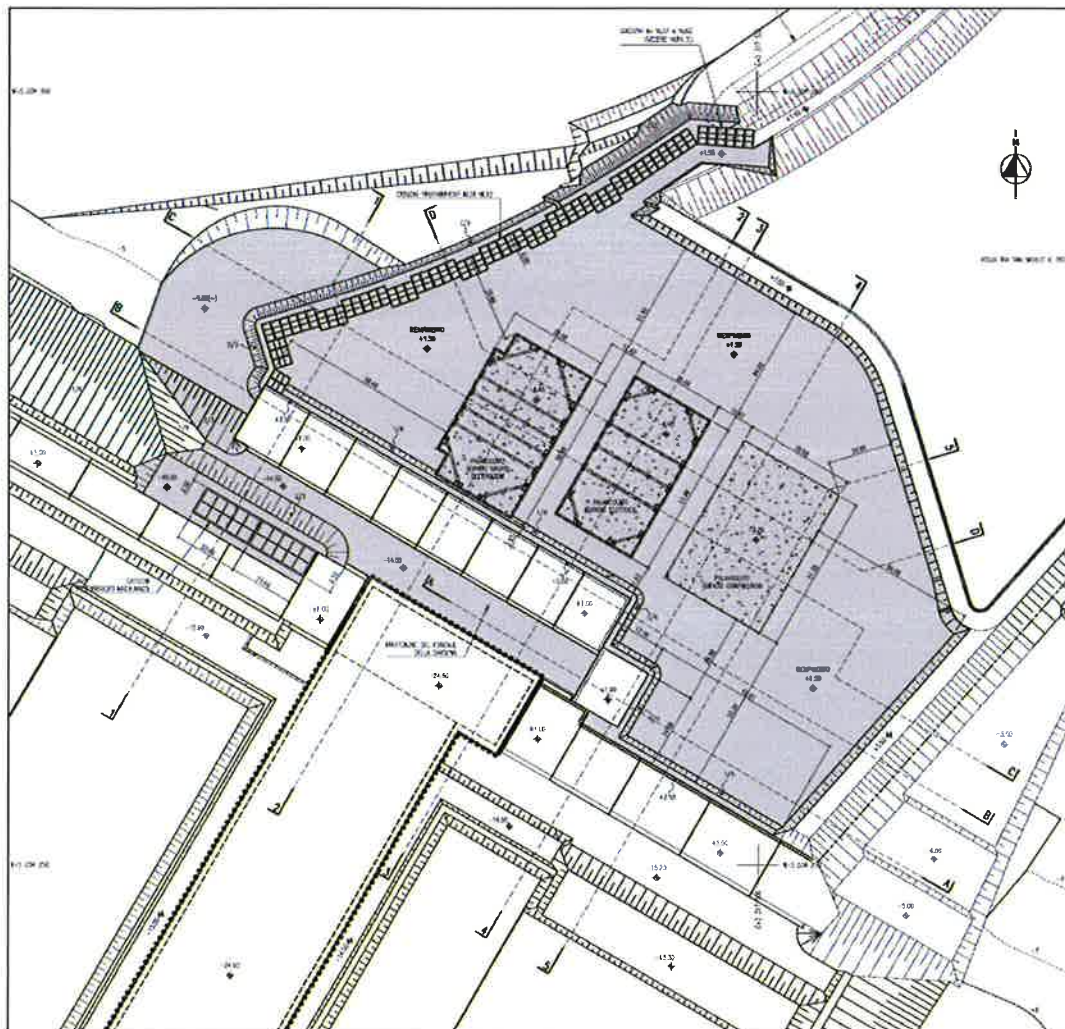



FIG. 3.11 - SPALLA NORD, PLANIMETRIA DELLE OPERE DELLA TERZA WBE DELLA SPALLA NORD

Il progetto della WBE-03 della spalla Nord di San Nicolò è stato approvato a Settembre 2008 ed è ormai completato.

 GENERALI	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 27
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.6. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo - Edifici tecnologici 2° fase (LN.F1.27.PE.04)

La quarta WBE della spalla Nord include le opere civili degli edifici impiantistici (fabbricati e opere minori), gli impianti a servizio degli edifici stessi (illuminazione interna e rete di terra) e gli impianti di smaltimento delle acque meteoriche e delle acque bianche e nere. Rimangono esclusi dalla WBE-04 l'edificio di controllo, l'edificio servizi generali e l'area trattamento acque, oltre che la fornitura di tutti gli elementi previsti oltre la quota di +4.90 m s.m.m. in quanto la loro geometria e le loro caratteristiche dipendono dal progetto di sistemazione architettonica di superficie.

In particolare sono inclusi nella WBE-04 i seguenti interventi:

- Palancolato provvisorio per realizzazione Edificio Compressori;
- Palancolato provvisorio per realizzazione Edificio Gruppi Elettrogeni;
- Palancolato provvisorio per realizzazione Edificio Elettrico;
- Sistema di aggottamento delle ture;
- Edificio compressori;
- Edificio gruppi elettrogeni;
- Edificio elettrico;
- Edificio magazzino;
- Edificio aria servizi/strumentazione;
- Edificio stoccaggio acqua e sale quadri;
- Edificio stoccaggio gasolio/glicole;
- Area raffreddamento compressori ("air coolers"), locali pompe e sale quadri;
- Tunnel servizi (tratti compresi nel cerchio impiantistico della cittadella);
- Sovrastruttura cassoni NN04 e NN05 (muro di contenimento e riempimento fino a quota +4.00);
- Sovrastruttura cassoni NN11–NN20 e NN23 (edificio gasolio/glicole e tunnel servizi);
- Sovrastruttura cassone NN22 (edificio antincendio e tunnel servizi).

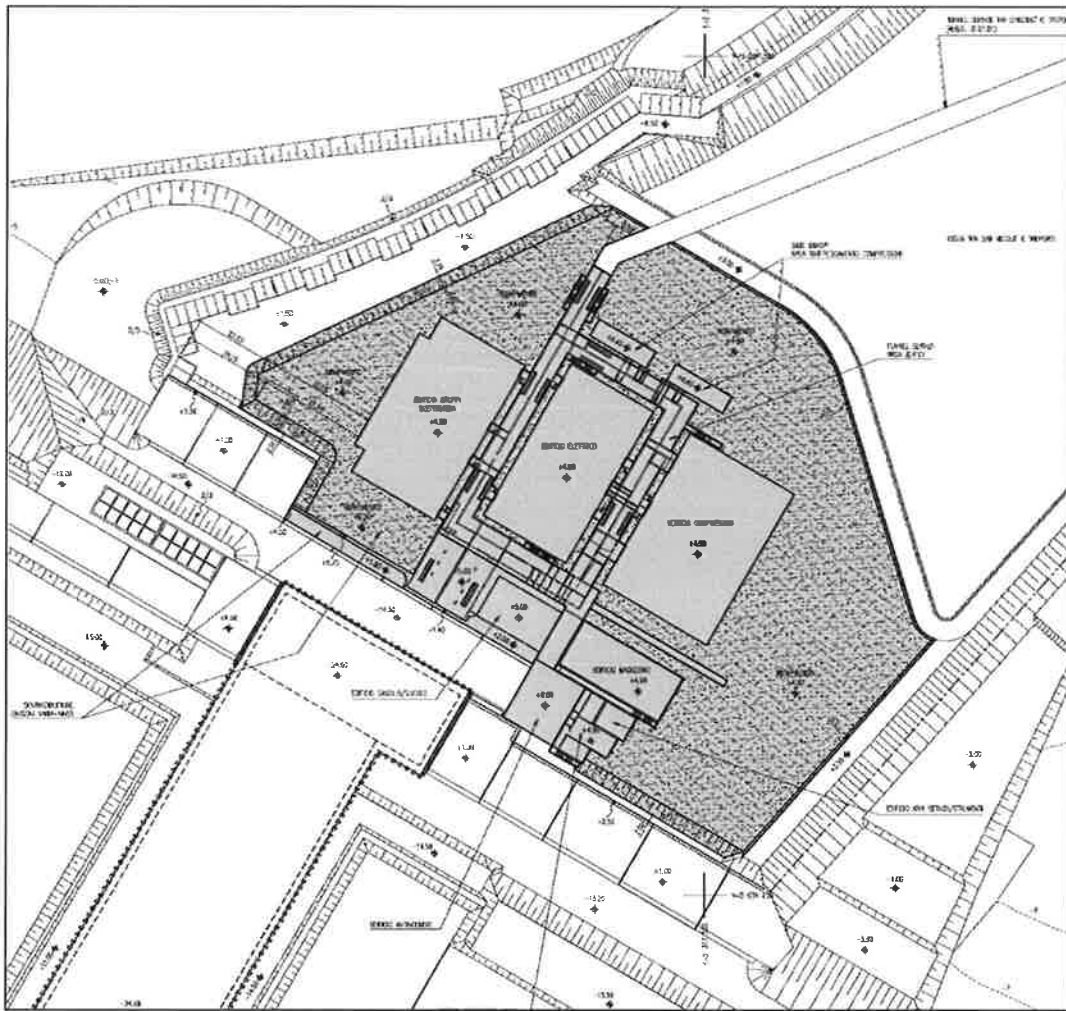


FIG. 3.12 - SPALLA NORD, PLANIMETRIA DELLE OPERE DELLA QUARTA WBE DELLA SPALLA NORD

Il progetto della WBE-04 della spalla Nord di San Nicolò è stato approvato a Dicembre 2008 ed è in corso di realizzazione.

3.7. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo - Sovrastrutture cassoni lato laguna (LN.F1.27.PE.05)

La quinta WBE della spalla Nord comprende la realizzazione delle sovrastrutture dei cassoni andatori della spalla Nord lato laguna (cassoni NN14+NN19) e la prefabbricazione e la posa in opera di massi guardiani in corrispondenza del cassone NN25. In particolare sono inclusi la fornitura e la posa in opera dei pannelli prefabbricati, il getto di collegamento dei pannelli, la realizzazione del solettone superiore in cemento armato, la costruzione del muro paraonde, la fornitura e posa in opera degli arredi (parabordi esclusi) e la prefabbricazione e la posa in opera di massi guardiani.

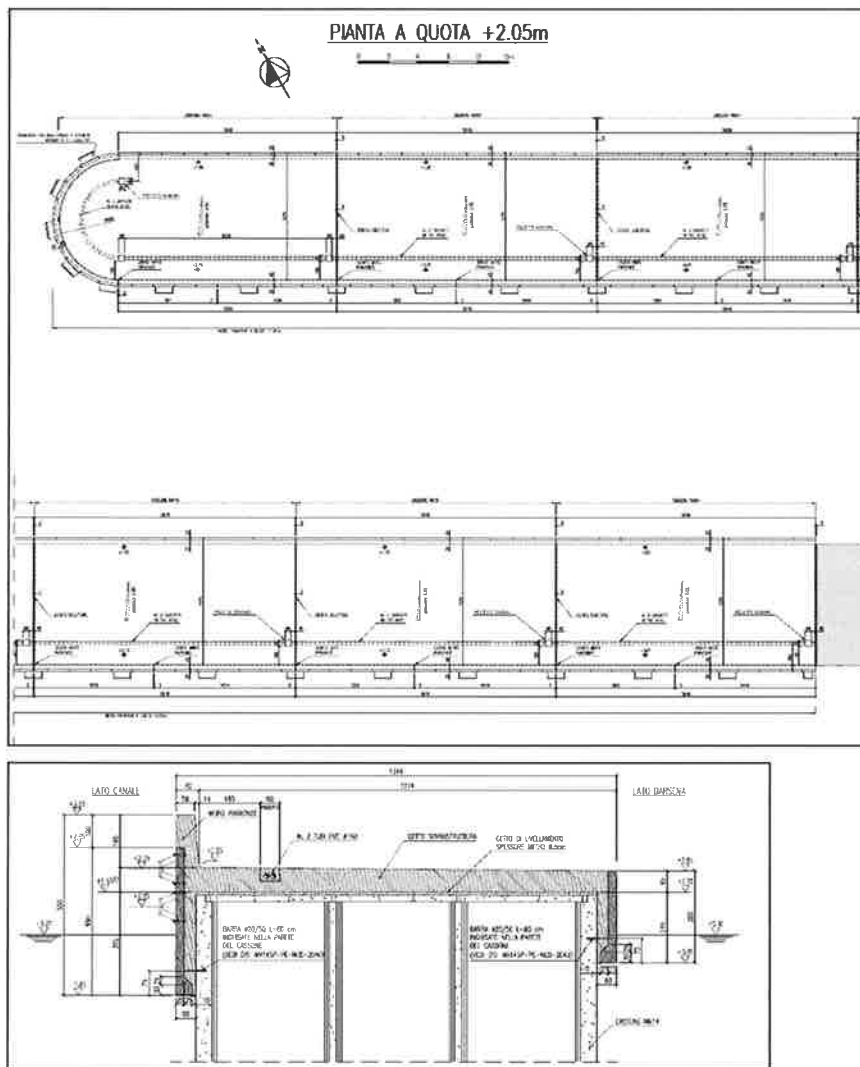


FIG. 3.13 - SPALLA NORD, PIANTE E SEZIONE DELLE OPERE DELLA QUINTA WBE DELLA SPALLA NORD

Il progetto della WBE-05 della spalla Nord di San Nicolò è stato approvato a Gennaio 2010 ed è in corso di realizzazione.

3.8. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo – Completamento edifici (LN.F1.27.PE.06)

La sesta WBE della spalla Nord comprende il completamento degli edifici tecnologici da quota +4.90m s.l.m.m. fino alla quota di estradosso copertura secondo le indicazioni del progetto di inserimento architettonico, la realizzazione dell'area trattamento acque, la realizzazione delle sovrastrutture dei cassoni andatori della darsena (cassoni NN01÷NN03) e la realizzazione del muro perimetrale della cittadella (escluso il rivestimento architettonico). Nella figura seguente è riportata una planimetria generale delle opere comprese nel presente stralcio esecutivo.

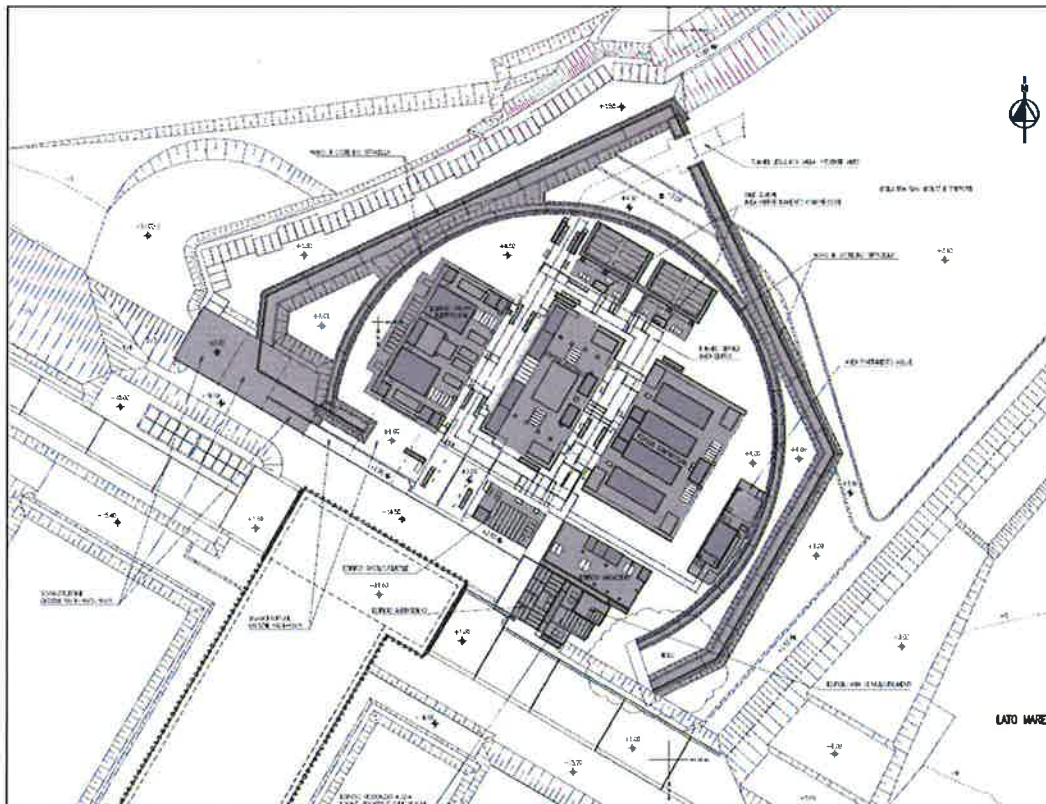
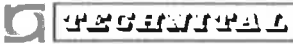


FIG. 3.14 - SPALLA NORD, PIANTE E SEZIONE DELLE OPERE DELLA QUINTA WBE DELLA SPALLA NORD

Il progetto della WBE-06 della spalla Nord di San Nicolò è stato approvato a luglio 2011 ed è in corso di realizzazione.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 31
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.9. Lido S. Nicolò spalla nord (isola 3° fase) ed edificio di controllo – Completamento opere civili e finiture architettoniche (LN.F1.27.PE.07)

La settima WBE della spalla Nord comprende i seguenti interventi:

- il completamento degli edifici tecnologici da quota +4.90m s.l.m.m. fino alla quota di estradosso copertura (interventi non inclusi nella precedente WBE06) ed in particolare le coperture metalliche di mascheramento di alcuni macchinari e quelle del locale sala operatori (ex stoccaggio acque);
- la realizzazione del pontile galleggiante posto lato laguna;
- la realizzazione delle sovrastrutture dei cassoni andatori lato mare (cassoni NN07÷NN10);
- il completamento del muro perimetrale della cittadella;
- la realizzazione di tutti i rivestimenti architettonici previsti sui muri presenti nell'area e la finitura superficiale delle pareti esterne;
- la realizzazione delle sovrastrutture dei cassoncini lato laguna (NL01-NL62) con relative scalette di approdo,
- la realizzazione delle sovrastrutture dei cassoni lato darsena (NN12-NN13 NN24 e NN25);
- la realizzazione dei riempimenti all'interno del cerchio impianti da quota +4.00 m s.l.m. (WBE4) fino all'intradosso per la posa della pavimentazione;
- la pavimentazione sopra l'area esterna degli edifici;
- la fornitura dei parabordi previsti nel progetto architettonico;
- la fornitura e posa dell'impianto di illuminazione di tutte le aree (esterne ed interne) poste sopra q.ta +4.90 m nell'area denominata "Cittadella".

Nella figura seguente è riportata una planimetria generale delle opere comprese nel presente stralcio esecutivo.

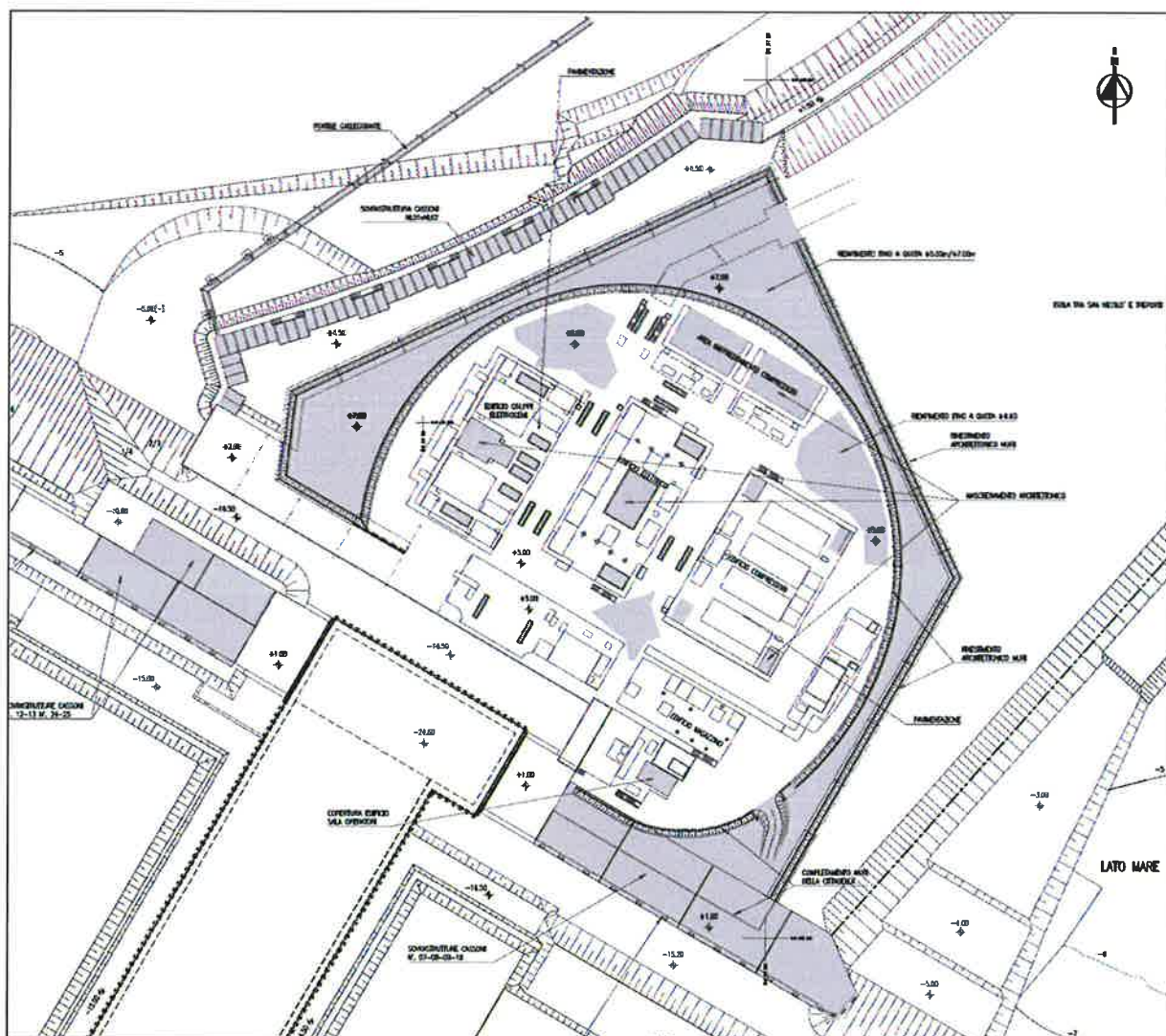


FIG. 3.15 - SPALLA NORD, PIANTA E SEZIONE DELLE OPERE DELLA QUINTA WBE DELLA SPALLA NORD

Il progetto della WBE-07 della spalla Nord di San Nicolò è stato approvato a luglio 2012 ed è in corso di realizzazione.

3.10. Lido S. Nicolò - Spalla Nord: Sistemazione Isola - Tubazione di scarico a mare, coronamento e pietrame a tergo scogliera lato mare (LN.F1.28.PE.01)

La prima WBE della WBS LN.F1.28 sono stati progettati a livello esecutivo i seguenti interventi di sistemazione superficiale delle opere previste nell'ambito dell'isola:

- Realizzazione della tubazione di scarico a mare delle acque meteoriche trattate nell'apposita Area Trattamento Acque presente all'interno dell'Area Impianti di Spalla Nord;
- Completamento della scogliera lato mare per un tratto di sviluppo pari a circa 120 m.

Nella figura seguente è riportata una planimetria generale delle opere comprese nel presente stralcio esecutivo

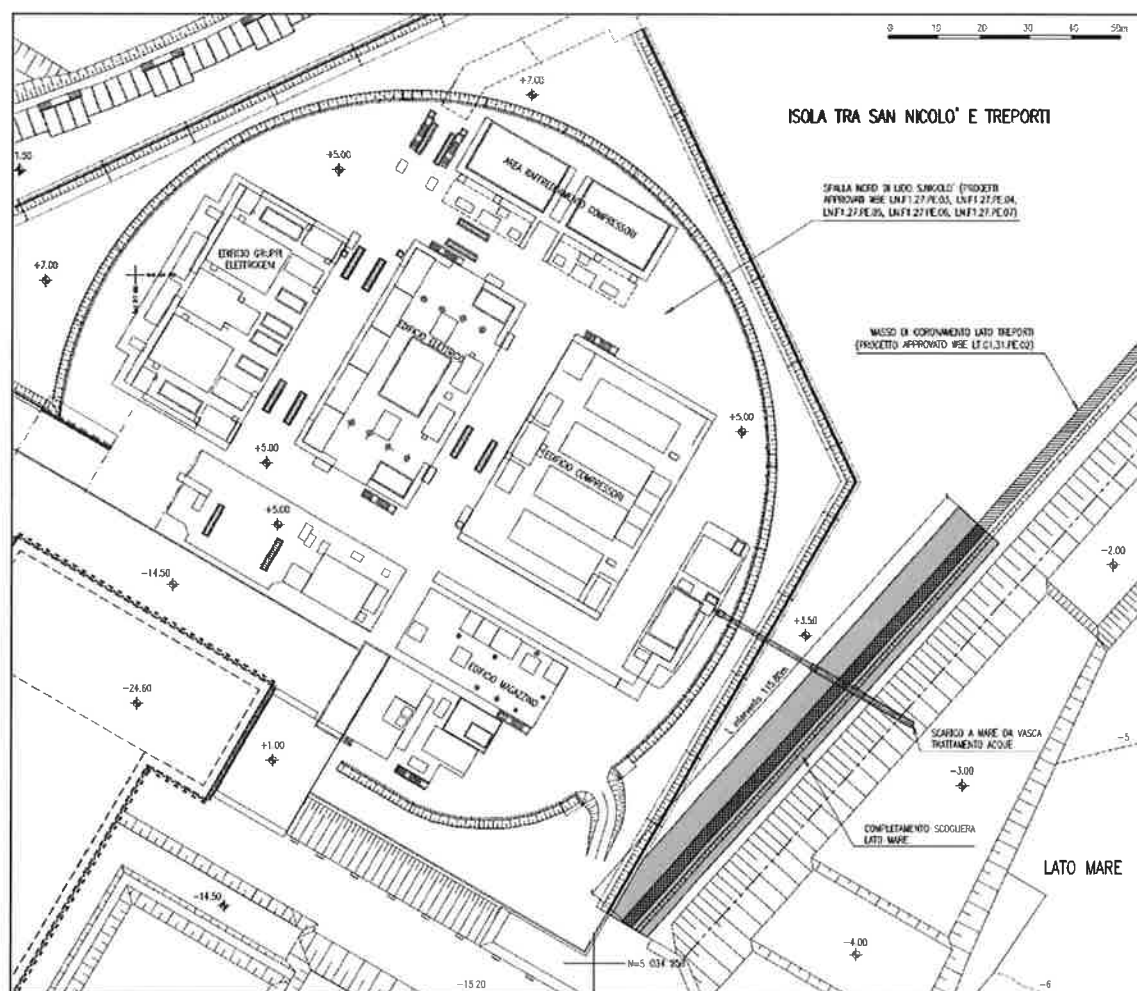



FIG. 3.16 – WBE-01 – PLANIMETRIA DI PROGETTO

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 34
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.11. Bocca di Lido: San Nicolò e Treporti – Impianti (WBS LN.L1.50)

La WBS LN.L1.50 comprende gli impianti elettromeccanici e le infrastrutture predisposte per la Bocca di Lido per il funzionamento di tutti i sistemi necessari per la chiusura ed apertura delle barriere mobili di San Nicolò e di Treporti, ai fini della regolazione dei flussi di marea nella laguna di Venezia. Gli impianti alla bocca di Lido sono ubicati per la maggior parte nella cosiddetta “cittadella” collocata sulla Spalla Nord di San Nicolò; presso le altre spalle delle barriere di San Nicolò (spalla Sud) e di Treporti (spalla Ovest e spalla Est) vi sono edifici minori che ospitano le apparecchiature elettriche per l’alimentazione delle utenze di queste aree decentralizzate.


Le opere impiantistiche comprese nel progetto generale degli impianti si possono distinguere in due categorie:

Impianti principali:

- impianto pneumatico di compressione e distribuzione aria per il sollevamento delle paratoie;
- impianto raffreddamento compressori;
- impianto elettrico per la distribuzione FM di media e bassa tensione, quadri 20kV, 6 kV, quadri di bassa tensione, trasformatori MT e BT, generatori di emergenza e sistemi di continuità;
- Sistema di controllo PSC, quadri, OCU, sistemi di acquisizione dati, computer, periferiche per sale di controllo di Lido e per la stazione centralizzata, completi di strumentazione di linea ed accessori.

Impianti ausiliari

- Impianto di ventilazione e condizionamento;
- Impianto di rivelazione incendi;
- Impianto per il flussaggio delle cerniere;
- Impianto raccolta e trattamento delle acque oleose e drenaggi gallerie;
- Impianto aria servizi e strumenti;
- Impianto combustibile per i gruppi elettrogeni di emergenza;
- Sistemi di spegnimento incendi ad acqua, a schiuma, ad acqua nebulizzata e a gas inerte;
- Ascensori, montacarichi e paranchi;
- Impianto di illuminazione;
- Sistemi di comunicazione, telefonici, interfonici, radio;
- Sistemi di sicurezza e antintrusione;
- Mezzi di Rimozione sedimenti.

 REGISTRATA	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 35
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	


3.11.1. Breve descrizione generale degli impianti alla Bocca di Lido

San Nicolò Nord è il sito impiantistico principale; qui sono previsti tutti gli impianti principali per le due barriere, ubicati nei diversi edifici tecnologici costruiti sotto il livello del piano di campagna e collegati fra di loro con tunnel interrati che portano le tubazioni e i cavi necessari al funzionamento delle barriere. Il collegamento tra gli impianti in superficie e i cassoni di soglia delle paratoie è realizzato tramite il cassone di spalla Nord di San Nicolò della barriera in cui sono ricavati (analogamente alla spalla Sud) gli accessi alle gallerie della barriera e i cavedi per le alimentazioni impiantistiche alle paratoie della barriera stessa. Su questo cassone è costruito, fuori terra, l'edificio automazione e controllo, che è il cuore della gestione impiantistica, con le sale elettriche di alimentazione degli impianti, le sale di controllo principale e di emergenza per le operazioni di sollevamento delle paratoie e le apparecchiature di ventilazione e condizionamento al servizio della metà Nord delle gallerie della barriera di San Nicolò e delle sale controllo stesse. Sempre a San Nicolò Nord, è prevista una darsena con un attracco delle bettoline, mentre i mezzi pesanti possono arrivare sulla nuova isola sempre via mare, presso un attracco dotato di opportuna rampa. Al di là della darsena è prevista un'area impianti di forma semicircolare, in cui sono realizzati gli edifici dove sono ubicate tutte le apparecchiature, compressori e macchinari necessari al sollevamento delle paratoie, ai sistemi ausiliari ed ai sistemi di sicurezza.

Gli impianti di San Nicolò Sud sono installati principalmente sul cassone di spalla della barriera, su cui insiste un edificio dove sono ubicate le apparecchiature elettriche e quelle di ventilazione e condizionamento al servizio della metà Sud della barriera di San Nicolò, e in parte su un piccolo edificio posto a fianco del cassone di spalla. Nel cassone di spalla sono poi ricavati gli accessi alle gallerie della barriera e i cavedi per le alimentazioni impiantistiche alla metà Sud della barriera stessa. Infine nel fondo del cassone è ricavato il pozzo di accumulo e pompaggio dell'acqua mare, che si raccoglie dalla galleria scarichi in fase di abbattimento paratoie.

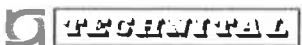
Sulla nuova isola tra l'area impiantistica di S. Nicolò spalla nord e l'area di Treporti spalla ovest non vi sono impianti ma sotto il piano di campagna corre, interrato, il tunnel (doppio) che porta gli impianti e i servizi (tubazioni, cavi di comando e controllo) dall'area impianti di San Nicolò alla barriera di Treporti. Lungo il tunnel, ogni 40 - 50 metri circa, sono previste le zone di aerazione naturale e le scale che escono in superficie e che costituiscono le vie di fuga dai tunnel, richieste dalla normativa vigente.

Il sito impiantistico di Treporti Ovest è localizzato essenzialmente sul cassone di spalla della barriera (con annesso edificio interrato a lato da quota +1.3m s.l.m.m. a quota +5.6m s.l.m.m.) su cui insiste un edificio tecnologico dove sono ubicate le apparecchiature elettriche di potenza, quelle di controllo della barriera di Treporti, quelle di ventilazione e condizionamento al servizio della metà delle gallerie della barriera di Treporti e di locali tecnici dell'edificio stesso. Anche nel cassone di spalla di Treporti Ovest sono ricavati gli accessi alle gallerie della barriera e i cave-

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 36
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

di per le alimentazioni impiantistiche della barriera, aria compressa, energia elettrica e segnali.

A Treporti Est sono previsti gli arrivi dei servizi della terraferma (acquedotto e cabina elettrica principale di ricezione da ENEL), oltre alla conca di navigazione di accesso alla laguna in caso di chiusura delle barriere. Anche a Treporti Est l'impiantistica è essenzialmente installata sull'edificio del cassone di spalla della barriera, dove sono ubicate le apparecchiature elettriche di alimentazione dei servizi per la metà Est delle gallerie della barriera di Treporti e le apparecchiature di ventilazione e condizionamento delle stesse. Nel cassone di spalla Est sono ricavati gli accessi alle gallerie e i cavedi per le alimentazioni impiantistiche della metà Est della barriera.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 37
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

3.12. Studio di inserimento architettonico e confronto con la configurazione di progetto definitivo

Come meglio dettagliato nelle WBE precedenti, il progetto delle Spalle di Treporti presenta una soluzione aggiornata rispetto a quella prevista nel progetto di cui al nuovo Atto Aggiuntivo 8067/2005, sulla base delle risultanze dello studio B.6.69 come di seguito precisato.

La soluzione è stata sviluppata a seguito del **voto n.1/55138 del 26.01.2004** della Commissione di Salvaguardia che ha espresso parere positivo sul progetto definitivo delle opere mobili alle bocche di porto, prescrivendo, tra l'altro, che *“la progettazione esecutiva delle opere in vista ed in particolare degli edifici da realizzare in corrispondenza di ciascuna bocca dovrà essere eseguita d'intesa con la Soprintendenza di Venezia, affiancata dal Comitato di Settore del Ministero per i Beni e le Attività Culturali”*.

In adempimento alle prescrizioni di cui sopra, il Magistrato alle Acque ha, quindi, avviato lo studio B.6.69 “Studio per l’inserimento architettonico delle opere mobili alle bocche lagunari” in collaborazione con l’Università di Architettura di Venezia (IUAV), per individuare, con la supervisione della Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici di Venezia, quali accorgimenti adottare al fine di curare l’inserimento architettonico e paesaggistico delle opere in vista del progetto di regolazione delle maree.

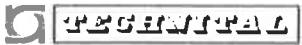
Lo studio, favorevolmente esaminato dal Comitato Tecnico di Magistratura del 07.11.2003 con voto n. 160 ed approvato con D.P. n. 7978 del 22.03.2004, vistato dalla Ragioneria Provinciale dello Stato il 22.05.2004, si è svolto attraverso numerose riunioni tra Magistrato alle Acque, IUAV e Soprintendenza. Lo studio si è concluso in data 22.12.2004 con la formale presentazione dei risultati finali alla Soprintendenza e una generale condivisione degli stessi.

E’ stato quindi avviato un ulteriore esame della proposta dello IUAV da parte della Soprintendenza di Venezia e del Comitato di Settore dei Beni Ambientali e Culturali per individuare la configurazione finale delle opere in vista delle barriere mobili, per le parti non strettamente connesse al funzionamento delle stesse.

Nel corso della riunione del 31 gennaio 2006 tra Soprintendenza, Magistrato alle Acque di Venezia e Consorzio Venezia Nuova è stato convenuto, per quanto concerne la bocca di Lido, che si concorda sulla scelta planimetrica (layout) del progetto proposto dagli Architetti dello IUAV.

In data 12.02.07 con verbale n. 17 il Comitato di Settore per i Beni Architettonici si è espresso favorevolmente in merito a quanto evidenziato dallo studio di inserimento architettonico delle opere alla bocca di porto di Lido.

Nel corso della riunione del 16 marzo 2007 la Soprintendenza ha confermato il positivo esame della soluzione proposta dallo IUAV per la bocca di Lido da parte del Comitato di Settore per i Beni Architettonici.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 38
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Nel passaggio dal progetto definitivo a quello esecutivo le opere civili strettamente connesse al funzionamento delle opere mobili sono state confermate. Sono state evidentemente dimensionate, come previsto nella normativa vigente, per stabilire: lo spessore delle strutture, la quantità e la posizione delle armature, in alcuni casi anche le tipologie costruttive.

Nella progettazione esecutiva, attualmente in corso, è stato inoltre possibile identificare in via definitiva e migliorare alcuni importanti dettagli realizzativi degli impianti che hanno comportato alcune modifiche all'assetto delle opere civili.

Queste modifiche sono risultate indispensabili esclusivamente per assicurare un buon funzionamento impiantistico del sistema delle opere mobili e sono risultate ancora compatibili con lo schema architettonico proposto da IUAV e approvato dalla Soprintendenza e dal Comitato di Settore del Ministero dei Beni ambientali.

Attraverso gli approfondimenti eseguiti con il supporto di IUAV e d'intesa con la Soprintendenza, sono state anche definite le caratteristiche delle opere che emergono dal nuovo piano campagna, cioè le lavorazioni che possono dirsi "di finitura" o che sono semplicemente finalizzate all'inserimento architettonico; queste opere ed i relativi oneri aggiuntivi sono contenuti nel progetto definitivo "Bocca di Lido Treporti-San Nicolò – Inserimento architettonico delle opere in vista".

La configurazione architettonica sviluppata dagli architetti dello IUAV è stata positivamente esaminata dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici di Venezia e Laguna con parere prot. n.° 4462 del 13 aprile 2010.

In Fig. 3.17 viene riportato il confronto tra la configurazione di progetto definitivo e quella di progetto esecutivo dell'Isola tra S.Nicolò e Treporti.

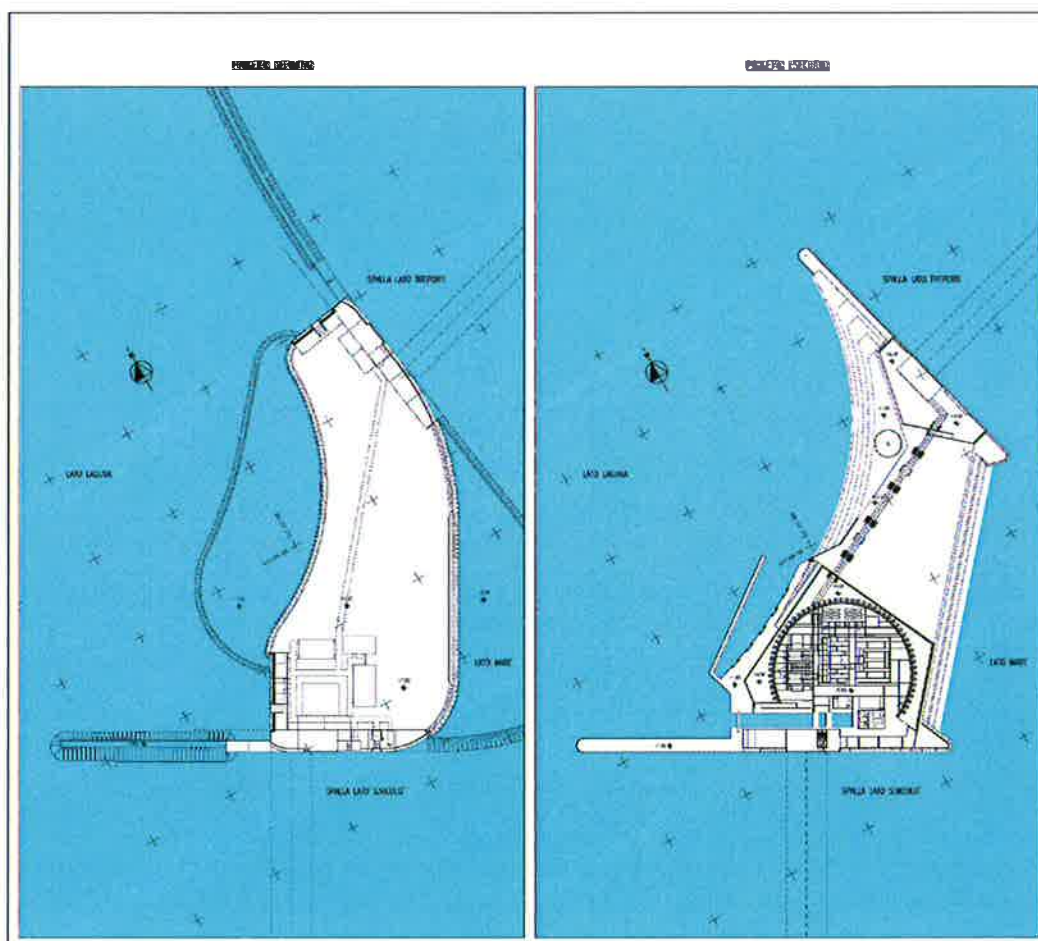



FIG. 3.17 - ISOLA TRA S.NICOLÒ E TREPORI - CONFRONTO FRA SOLUZIONE DI PROGETTO DEFINITIVO E SOLUZIONE DI PROGETTO ESECUTIVO

In occasione dell'incontro del 20/04/2011 il Presidente del Magistrato alle Acque ha chiesto al Concessionario di predisporre il progetto definitivo architettonico delle opere e di ridurre le volumetrie degli edifici tecnici al fine di contenere i costi nell'importo stabilito dal Prezzo Chiuso, come confermato con successiva nota n.194/GAB del 04/05/2011.

A seguito di ciò è stato sviluppato il progetto definito "Bocca di Lido Treporti-S.Nicolò - Inserimento architettonico delle opere in vista" che ha comportato la revisione dei layout degli edifici tecnici delle spalle coerentemente con le previsioni del progetto impiantistico e con quanto finora condiviso con la Soprintendenza.

Tale progetto, datato luglio 2011, è stato quindi approvato dal Comitato Tecnico del Magistrato alle Acque il 08/09/2011 con voto n.127.

 GENERALI	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 40
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

4. ORGANIZZAZIONE DEI DOCUMENTI DI PROGETTO

4.1. Organizzazione della documentazione di progetto


Le opere civili sono principalmente costituite da strutture in calcestruzzo armato realizzate in opera e da carpenteria metallica. Le attività di progettazione sono state quindi prevalentemente quelle legate al calcolo strutturale e gli elaborati di progetto sono organizzati nella maniera seguente:

- La relazione tecnica generale, il presente documento, che descrive sinteticamente tutte le opere, le inquadra nell'ambito del progetto definitivo, degli studi specialistici e dei progetti esecutivi già approvati o in corso di approvazione alla Bocca di Lido S.Nicolò. Vengono quindi trattati i dati di base e i criteri di progetto; capitoli specifici sono dedicati alle particolarità realizzative/costruttive di questa WBE;
- Gli elaborati amministrativi includono il capitolato speciale, i computi, gli elaborati della sicurezza, ecc. e sono organizzati come di consueto nei progetti delle opere mobili;
- Gli elaborati grafici sono divisi in gruppi:
 1. gli *elaborati grafici di inquadramento* (planimetrie della bocca, corografie, inquadramento topografico, ecc.);
 2. gli *elaborati grafici di progettazione esecutiva*;

4.2. Elenco degli elaborati del progetto esecutivo della WBE-01

Per l'elenco degli elaborati di progetto della WBE-01 si veda il documento:

- MV054P-PE-NZL-7000: "Bocca di Lido S.Nicolò – Opere superficiali di Completamento – WBE1: Spalla Nord – Elenco elaborati".

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 41
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

5. SINTESI E CONCLUSIONI DEL PROGETTO

5.1. Quali sono le opere civili della WBE-01

Nell'ambito della WBE-01 è prevista la progettazione esecutiva dei seguenti interventi:

- Rete di drenaggio superficiale acque meteoriche (canalette e pozzetti) del piazzale impianti di Spalla Nord;
- Predisposizioni per impianto di illuminazione ed impianto antintrusione dell'Area Impianti di Spalla Nord;
- Strato di sottofondo in misto cementato per formazione pendenza e pavimentazione in calcestruzzo armato (finitura tipo industriale) del piazzale impianti di Spalla Nord;
- Cannello carrabile di accesso al piazzale impianti di Spalla nord, completo di sistema di automazione, e relativa recinzione.

5.2. Quali sono stati i principali indirizzi di progetto

5.2.1. Progettazione strutturale

La progettazione strutturale è stata impostata utilizzando come riferimento normativo il D.M. 14 gennaio 2008 (Norme tecniche per le costruzioni). La vita utile di progetto è stata assunta pari a 100 anni. Le caratteristiche delle soluzioni strutturali sono sempre volte, ove possibile e nei limiti di quanto consentito dalle norme, alla realizzazione di strutture con comportamento duttile, durevoli e di facile manutenibilità.


5.3. Quali sono stati i principali risultati di progetto

5.3.1. Verifica delle strutture

Le opere sono state verificate allo stato limite ultimo per quel che riguarda la stabilità geotecnica, quella strutturale globale e quella strutturale locale in tutte le fasi, sia di costruzione, sia di esercizio. Le verifiche sono sempre risultate soddisfatte ai sensi delle normative vigenti. Analoghe verifiche sono state effettuate per lo stato limite di esercizio (principalmente verifiche di fessurazione e deformazione).

5.3.2. La scelta dei materiali e la manutenzione delle opere

Le ipotesi in termini di scelte dei materiali e durabilità delle stesse hanno condotto alla stesura di un piano di manutenzione e di specifiche indicazioni di capitolato in merito alle procedure realizzative. In particolare si è operato in maniera da evitare attività di manutenzione ordinaria delle opere prima del completamento dell'ultima WBE della WBS. Si è comunque ritenuto necessario prevedere un programma di verifiche ispettive e di monitoraggio per la verifica della rispondenza del comportamento delle opere alle attese del progetto e per l'eventuale necessità di avviare delle attività di manutenzione straordinaria.

 GENERALI	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 42
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

6. RIFERIMENTI

6.1. Organizzazione delle WBS e delle WBE della spalla lato nord

Le parti del progetto delle opere mobili sono codificate secondo una Work Breakdown Structure (WBS). Gli interventi di completamento alle spalle della bocca di Lido S.Nicolò sono codificati come:

- WBS: LN.S1.29: Bocca di Lido S.Nicolò - Opere superficiali di completamento

Nel presente stralcio esecutivo dedicato alla Spalla Nord (WBE-01) sono comprese la rete di drenaggio superficiale delle acque meteoriche, le predisposizioni per l'impianto di illuminazione e l'impianto antintrusione, la pavimentazione, la recinzione ed i cancelli dell'area impianti.

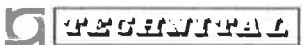
6.2. Documenti di riferimento

6.2.1. Progetti di massima e definitivo

- Parte 'D' – Configurazione delle opere alle bocche – Capitolo 21 – Interventi alla bocca di Lido;
- Relazione tecnica della bocca di Lido, doc. TCH VE0734-PDRT002;

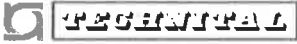
6.2.2. Studi generali

- Studio B.6.69: “Studio di inserimento architettonico delle opere mobili alle bocche lagunari”;
- Studio B.5.57: “Studio di nuove configurazioni dei canali di bocca e del relativo adeguamento progettuale delle opere mobili alle bocche di porto”, marzo 2002;
- Studio C.2.4: “Studio degli effetti della navigazione interna sulla morfologia lagunare”, aprile 2003.
- OP/233: MV026S-PE-LGG-1001 - “Indagini geognostiche alla Bocca di Lido – Tavole allegate alla relazione tecnica generale”;
- OP/233: MV026S-PE-LGG-1002 - “Indagini geognostiche alla Bocca di Lido – Relazione tecnica generale”.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	Ei. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 43
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

6.2.3. Progetti esecutivi approvati

- Bocca di Lido Treporti - Isola tra S.Nicolò e Treporti – 1^a fase (A) (WBS LT.M1.22.PE);
- Bocca di Lido Treporti - Isola tra S.Nicolò e Treporti – 1^a fase (B) (WBS LT.M1.23.PE);
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Cassoni andatori e scogliera lato mare (WBE LN.F1.27.PE.01)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Cassoni andatori e darsena lato laguna (WBE LN.F1.27.PE.02)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Edifici tecnologici 1^a fase (WBE LN.F1.27.PE.03)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Edifici tecnologici 2^a fase (WBE LN.F1.27.PE.04)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Sovrastruttura cassoni lato laguna (WBE LN.F1.27.PE.05)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Edifici tecnologici 3^a fase (WBE LN.F1.27.PE.06)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla nord (isola 3^a fase) ed edificio di controllo - Completamento opere civili ed architettoniche 4^a fase (WBE LN.F1.27.PE.07)
- Bocca di Lido S.Nicolò: Spalla Nord - Sistemazione Isola - Tubazione di scarico a mare, coronamento e pietrame a tergo scogliera lato mare (WBE LN.F1.28.PE.01)
- Bocca di Lido: San Nicolò e Treporti – Impianti (WBE LN.L1.50).

	Rev. CO	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 44
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

6.3. Norme

6.3.1. Normativa italiana sulle strutture

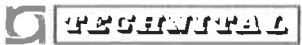
- DM. 14/01/2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.

6.3.2. Eurocodici

- UNI EN 1990 “Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI-EN 1991-1 “Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 1: Basi di calcolo”;
- UNI-EN 1991-1-6 “Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture. Parte 1-6: Azioni generali – Azioni durante la costruzione”;
- UNI EN 1992-1-1 “Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-1 “Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1994-1-1 “Eurocodice 4 – “Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1 - 1 -Regole generali e regole per gli edifici”
- UNI EN 1997-1 “Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica - Parte 1: regole generali”;
- UNI EN 1998-1 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-5 “Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI-EN 1916 “Tubi e raccordi di calcestruzzo non armato, rinforzato con fibre di acciaio e con armature tradizionali”.

6.3.3. Norme geotecniche

- DM.LL.PP. 11/3/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” e relative istruzioni applicative;
- Raccomandazioni AICAP “Ancoraggi nei terreni e nelle rocce”, 1993;
- EN 1537 “Execution of special geotechnical work - Ground Anchor”;
- ROM 05-1994 “Geotechnical recommendations for the design of maritime and harbour works”

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 45
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- ROM 05-1994 “Geotechnical recommendations for the design of maritime and harbour works”
- ROM 02-1990 “Actions in the design of maritime and harbour works”.

6.3.4. Norme specifiche sull'acciaio

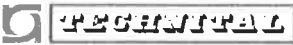
- CNR UNI 10011 “Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”, 1987;
- UNI EN 10025 “Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura”;
- API - Specification 5L – March 1983 – “Api Specification for Line Pipe”;
- API - Recommended Practice 2A-LRFD – Giugno 1993 – “Recommended practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and resistance factor design”.

6.3.5. Norme specifiche sul calcestruzzo

- UNI EN 206-1 “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- ACI 318-02 “Building code requirements for structural concrete and commentary”;
- ACI 304R “Measuring, mixing, transporting and placing concrete”.

6.3.6. Norme sulle costruzioni marittime

- Consiglio Superiore Lavori Pubblici, 23-09-0994 n.156 – “Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime”;
- USACE: “Coastal Engineering Manual”, 2006
- BSI 6349: part 1 - 1984 – “Maritime structures - Part. 1 - General criteria”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 2 - 1988 – “Maritime structures - Part. 2 -Design of quay walls, jetties and dolphins”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 3 - 1988 – “Maritime structures - Part. 1 –Code of practice for general criteria”, issued by the British Standard Institution;
- BSI 6349: part 1 - 2000 – “Maritime structures - Part. 1 - General criteria”, issued by the British Standard Institution;
- ROM 0.2-1990 – “Actions in the design of maritime and harbour works”, Maritime works recommendations issued by Puertos del estado, Spain;

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 47
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7. DATI DI BASE

7.1. Vita utile di progetto

La vita utile di progetto è definita come il “periodo durante il quale si assume che la struttura sarà utilizzata per gli scopi previsti, con manutenzione anticipata, ma senza che risultino necessari sostanziali interventi di riparazione”. Nel caso delle opere per la regolazione delle maree, trattandosi di una struttura di ingegneria civile di primaria importanza, si assume, conformemente alla EN 1990, $T_v = 100$ anni.


La durabilità delle opere è un requisito di base del progetto legato alla vita di servizio prescritta.

Stabilita la vita di servizio della struttura, la durabilità viene perseguita, a livello progettuale, in base a consolidate prescrizioni normative (principalmente contenute negli Eurocodici) e in base all'esperienza maturata dal Progettista per opere della medesima tipologia.

Con riferimento alle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe marittime, edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996), alle opere suddette è opportuno associare un livello di sicurezza pari a 3 e trattandosi di infrastrutture civili di uso generale, anche in base a tale normativa, è richiesto di assumere una vita utile di 100 anni.

Infine, definita la vita di servizio e con lo scopo di conseguirla, si è proceduto a:

- definire le azioni sulle strutture in funzione delle diverse destinazioni d'uso e delle diverse fasi realizzative
- stabilire le deformazioni ammissibili in relazione alle diverse condizioni d'uso e alle diverse fasi di realizzazione delle strutture principali e degli elementi strutturali minori
- definire le azioni sulle strutture in funzione dell'interazione delle opere con l'ambiente in cui sono inserite
- definire gli effetti non strutturali dell'ambiente sulle opere (ad es. la corrosione)
- redigere il progetto dei materiali (composizione, prestazioni, proprietà)
- effettuare la scelta del sistema strutturale ottimale
- redigere il progetto delle sezioni strutturali resistenti ottimali
- redigere le specifiche di realizzazione delle opere
- individuare specifiche misure precauzionali da mettere in atto per garantire la durabilità delle opere
- garantire l'inquadramento in un piano generale di manutenzione.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 48
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7.2. Caratterizzazione geotecnica dell'area

L'attività di caratterizzazione dei terreni alla bocca di Lido è contenuta negli elaborati redatti a seguito della OP/233 – “Indagini geognostiche alla bocca di Lido”.

I valori dei parametri meccanici e fisici utilizzati nel progetto sono riassunti nelle tabelle seguenti e rappresentano la sintesi delle attività di indagine geotecnica svolte in sito e delle relative prove di laboratorio.

Nel fascicolo relativo alla caratterizzazione geotecnica della bocca di Lido, sono incluse le tavole stratigrafiche di dettaglio, che evidenziano, in corrispondenza delle principali sezioni dell'opera, la natura dei terreni costituenti il fondale dell'area.

Infine, sempre sotto forma di elaborati grafici di progetto, sono presentate tutte le informazioni di dettaglio relative alle stratigrafie dei singoli sondaggi, alle sintesi parziali e tematiche dei risultati e alle relative interpretazioni.

L'analisi e l'interpretazione geotecnica che hanno condotto ai parametri di progetto sono state completate sulla base di numerose campagne di indagine conoscitiva, come meglio precisato nel seguito.

7.2.1. Indagini precedenti al 2002

La bocca di Lido è stata oggetto di indagini geognostiche a sostegno delle precedenti fasi progettuali.

Per il progetto REA, portato a termine negli anni '80, furono eseguiti sondaggi e qualche prova in sito, consistente per lo più in prove SPT in foro di sondaggio e prove penetrometriche statiche senza la registrazione della pressione neutra.

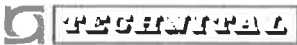
I sondaggi furono ubicati nell'intorno dell'attuale barriera, sia verso terra che verso mare.

Furono anche prelevati campioni ed eseguite le prove di laboratorio, di cui sono disponibili i risultati.

Un'indagine più completa è stata quella portata a termine per il progetto di massima nel 1992, con sondaggi e prove in situ ubicati lungo l'asse della barriera, che ai fini geotecnici, può considerarsi coincidente con l'attuale.

I sondaggi furono spinti fino alla profondità di 80m, con prelievo di numerosi campioni e l'esecuzione di un adeguato programma di prove di laboratorio. Si eseguirono anche prove in sito, consistenti in prove penetrometriche CPTU, prove dilatometriche e cross hole. Tutta questa documentazione è contenuta nel progetto di massima ed è stata poi riutilizzata per il progetto definitivo, con criteri di interpretazione prossimi a quelli attuali.

Si dispone inoltre dei sondaggi eseguiti per il rifacimento dei moli e delle prove di laboratorio sui campioni prelevati.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 49
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7.2.2. Indagini successive al 2002: indagini per il progetto esecutivo

Nell'ambito della campagna d'indagine alla bocca di Lido sono state eseguite in totale 38 verticali di sondaggio:

- due verticali con campionamento continuo sino alle profondità di 40 m sl.m.m., S4T e S10T;
- una verticale a campionamento continuo con campioni destinati allo studio sedimentologico, CH1T
- una verticale a carotaggio con disposizione delle carote in cassette stratigrafiche destinate allo studio archeologico, CH2N;
- due verticali destinate all'esecuzione di prove in sito del tipo Cross Hole, (S7T e S5N);
- quattro verticali dedicate all'esecuzione di prove SPT e Vane Test sino alla quota di 50 m sl.m.m. (S-SPT/VT1, S-SPT/VT2, S-SPT/VT3, SW1N-SPT/VT).

Nel corso della perforazione sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati, campioni di liquido interstiziale ed eseguite, oltre alle già citate prove SPT e Vane Test, prove di permeabilità in sito tipo Lefranc.

7.2.3. Interpretazione dei dati


Le tavole relative alla caratterizzazione geotecnica riportano sia i profili stratigrafici di progetto del terreno per le verticali di indagine, che i grafici relativi ai valori dei parametri geotecnici ricavati dalle diverse sezioni di prove di laboratorio e prove in sito.

Profili stratigrafici

Nella ricostruzione dei profili stratigrafici si è fatto uso del più recente rilievo batimetrico (lo stesso utilizzato nella redazione del progetto strutturale dell'opera); questo fatto, oltre a fornire un profilo realistico del fondale, permette, se confrontato con rilievi precedenti, diverse considerazioni in merito alla natura dei terreni che costituiscono il fondale, con particolare riferimento allo studio dei fenomeni di erosione.

A partire da una sintesi delle informazioni stratigrafiche ottenibili dai sondaggi e sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove penetrometriche, si è definita una suddivisione stratigrafica del terreno indagato che individua livelli deposizionali con caratteristiche omogenee.

Le stratigrafie di progetto presentano successioni di strati di terreno a comportamento prevalentemente coesivo alternati a strati a comportamento frizionale.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 50
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Per migliorare l'impiego in fase di progetto delle tavole prodotte, sono stati riportati gli ingombri delle opere e le quote del piano di imposta sui terreni studiati delle relative fondazioni.

Prove di laboratorio

I valori dei parametri geotecnici calcolati in base all'interpretazione dei risultati delle prove sono stati diagrammati in corrispondenza dei rispettivi livelli stratigrafici. E' con questo procedimento che è stato possibile definire una caratterizzazione per livelli omogenei.

I risultati dell'interpretazione sono riportati in grafici che rappresentano la distribuzione dei valori di ogni singolo parametro in relazione alla verticale d'indagine associata ed alla relativa quota.

Prove in sito

Relativamente alla campagna d'indagine di prove in sito, sono state eseguite ed interpretate prove penetrometriche statiche CPT e CPTU.

In questo caso, l'analisi dei risultati di tali prove consente tanto di stimare il profilo stratigrafico (per una data verticale d'indagine) che di determinare i valori di alcuni parametri geotecnici dei terreni indagati, attraverso opportune correlazioni.

In particolare nelle tavole relative all'interpretazione di ogni singola prova sono riportati:

- La stratigrafia ricavata dall'interpretazione dei dati registrati durante l'esecuzione della prova;
- I valori dei parametri registrati durante l'esecuzione della prova;
- I valori di OCR (rapporto di sovraconsolidazione);
- I valori di c_u (resistenza al taglio non drenata);
- I valori di ϕ' (angolo d'attrito di picco);
- I valori di G_{max} (Modulo di elasticità tangenziale alle piccolissime deformazioni);
- I valori di E_{01} (Modulo di elasticità a 0.1% di deformazione verticale);
- I valori di DR (Densità relativa).

Vengono di seguito riportate brevemente le formule di correlazione utilizzate per ricavare il valore dei parametri riportati in tabella.

Rapporto di sovraconsolidazione (OCR)

$$OCR = 0.36 \cdot \left[\frac{q_t - u_2}{\sigma'_{v0}} \right]$$

Calcolo di C_u

$$c_u = \frac{\Delta_{u2}}{18.6 \cdot B_q + 0.13}$$

dove $B_q = \frac{u - u_0}{q_t - \sigma_{v0}}$

Angolo d'attrito (φ')

$$\varphi' = \arctg \left[0.38 + 0.27 \cdot \log \left(\frac{q_t}{\sigma'_{v0}} \right) \right]$$

Calcolo di G_{max}

$$G_{MAX} = 21.5 \cdot q_t^{0.79} \cdot (1 + B_q)^{4.59}$$

dove $B_q = \frac{u - u_0}{q_t - \sigma_{v0}}$


Calcolo di E_{01}

$$4 \cdot q_c \leq E_{01} \leq 6 \cdot q_c$$

Si sceglie di prendere il limite inferiore : $E_{01} = 4 q_c$

Densità relativa

Viene dapprima calcolata attraverso l'uso di due correlazioni differenti, viene poi preso come valore di riferimento la media dei due.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 52
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Prima di utilizzare le due formule si determina:

$$\sigma'_{m0} = \frac{1+2k_0}{3} \cdot \sigma'_{v0}$$

dove k_0 è un dato di input. Se non è definito come tale, si pone $k_0 = 0.5$

Formula 1

$$DR_{/1} = -1.292 + 0.268 \ln \left[q_c (\sigma'_{v0})^{-0.5} \right]$$

Formula 2

$$DR_{/2} = \frac{1}{C_2} \ln \left[\frac{q_c}{C_0 (\sigma'_{m0})^{C_1}} \right]$$

$$C_0 = 249.4 \quad C_1 = 0.46 \quad C_2 = 2.96$$

Nota: Nelle due formule i valori di q_c , σ'_{v0} , σ'_{m0} devono essere espressi in kPa.

7.2.4. Attività di caratterizzazione geotecnica

I risultati dell'attività di analisi e caratterizzazione dei terreni costituenti l'area oggetto dell'intervento sono riportati in sintesi nelle tabelle seguenti.

Una prima tabella riassume la suddivisione del terreno relativo all'area di progetto in livelli con caratteristiche omogenee, tale successione è quella adottata in sede progettuale.

I valori dei parametri di caratterizzazione relativi ad ogni singolo strato sono quindi riportati in una seconda tabella.

Vengono perciò riportati nell'ordine:

- valori relativi a caratteristiche fisiche;
- parametri di permeabilità;
- valori di resistenza meccanica;
- parametri di deformabilità.

La parametrizzazione è il risultato di una sintesi delle attività di indagine geotecnica svolte in sito e di accurate prove di laboratorio.

Nella sintesi sono inoltre stati presi in considerazione, come informazione di carattere generale, valori di parametri geotecnici ricavati da campagne d'indagine pregresse eseguite in un ambito geografico più ampio rispetto a quello relativo all'area oggetto dell'intervento.

E' stata quindi eseguita un'analisi dei parametri mirata tenendo conto delle specifiche caratteristiche dell'area oggetto dell'intervento in relazione alle opere in progetto.

Nonostante la stratificazione sub orizzontale dei livelli deposizionali, si notano piccole differenze relative alla profondità di ogni singolo strato all'interno dell'area di progetto. Sono perciò state redatte stratigrafie di progetto rappresentative delle successioni in corrispondenza dei portoni est ed ovest della conca in modo da cogliere queste differenze.

Per quanto riguarda i valori dei parametri geotecnici, essi sono da ritenersi caratteristici del singolo livello deposizionale, indipendentemente dalle variazioni di quota che questo assume.

Si riportano nelle pagine seguenti, le tabelle riepilogative della caratterizzazione geotecnica.

TAB. 7.1 - SPALLA NORD DI S.NICOLÒ – STRATIGRAFIA DI PROGETTO

LIDO - ISOLA		
STRATIGRAFIA DI PROGETTO		
Quota m s.l.m.	Strato	Note
fondale + -13	A	Lo strato si approfondisce verso S. Nicolò a spese dello spessore di B
-13 ÷ -18	B	
-18 + -28	C	
-28 + -38	D	Si approfondisce verso Treporti e verso San Nicolò
-38 + -77	E - E'	
-77 + -97	F	
-97 + -108	G	
-108 + -120	H	

TAB. 7.2 - SPALLA NORD DI S.NICOLÒ – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA																				
Livello Layer	Y (kNm ³)	IP (-)	G _s (-)	OCR (-)	DR (%)	K (ms)	C _v (m ² /s)	C _z (kPa)	C' (kPa)	φ' (°)	E _o (MPa)	G _{max} (MPa)	CR (-)	RR (-)	C _u ε _{cr} (-)	M _u (MPa)	M _c (MPa)	v (-)	i _v (-)	
A	19		2.70	1	60	1E-6			0	38	10-30 (1)	40-80 (1)							0.30	0.5
B	19	12	2.72	5-2 (1)		1E-8	5E-7	50	10	32		65	0.20	0.03	1E-3	1.5	8		0.35	0.5
C	18.5		2.70	1	50	1E-6			0	36	25	70							0.30	0.5
D	19	15	2.72	1-2 (2)		1E-7	1E-6	75	0	32	25	80	0.18	0.03	2E-3	3	20		0.35	0.5
E	18.5		2.70	1	50	1E-6			0	36	30-50 (1)	80-150 (1)							0.30	0.5
E'	19	15	2.72	1.5		1E-8	5E-7	90	20	32		120	0.20	0.03	2E-3				0.35	0.5
F	19.5	12	2.72	1		1E-8	5E-7	150	10	34	40	140	0.20	0.02	1E-3	8	40		0.35	0.5
G	18.5		2.70	1	50	1E-6			0	36	70	180							0.30	0.5
H	19	15	2.72	1		5E-8	1E-6	180	0	34	50	200	0.20	0.025	2E-3	11	50		0.35	0.5
Strato torboso (S)	15			2		5E-7	5E-6		30	30			0.50	0.10	1E-2	3	20		0.40	0.5

NOTE

Strato A = può contenere piccoli strati limo/argillosi

Strato B = strati sottili sabbiosi limosi con OCR = 1 sono possibili

Strato C = può avere intercalati strati argillo/limosi

Strato B, D = i valori di c' e φ tengono conto della presenza degli strati sabbiosi

(1) Aumenta (diminuisce) linearmente con la profondità

(3) La caratterizzazione dello strato torboso è valida per qualunque livello torboso nella stratigrafia A qualunque quota si incontra

7.3. Condizioni ambientali: marea e moto ondoso

Si riportano nel seguito alcune considerazioni di sintesi in relazione al progetto delle opere della spalla Nord di San Nicolò.

7.3.1. Livelli di marea

Nel progetto il livello dell'acqua è riferito al livello medio mare (l.m.m), il cui riferimento (0.00 m s l.m.m.) attualmente si trova 23 cm sopra il livello misurato a Punta della Salute, dove è collocato il mareografo storico di Venezia. Nella situazione attuale il livello a Punta della Salute durante la marea è praticamente uguale (a parte uno sfasamento temporale) a quello delle bocche di porto: pertanto nel dimensionamento delle opere in esame si farà riferimento alla statistica dei livelli misurati a Punta della Salute.

Statistica campionaria:

Durante gli anni 1955-2000 sono stati misurati i livelli del mare (una misura ogni ora).

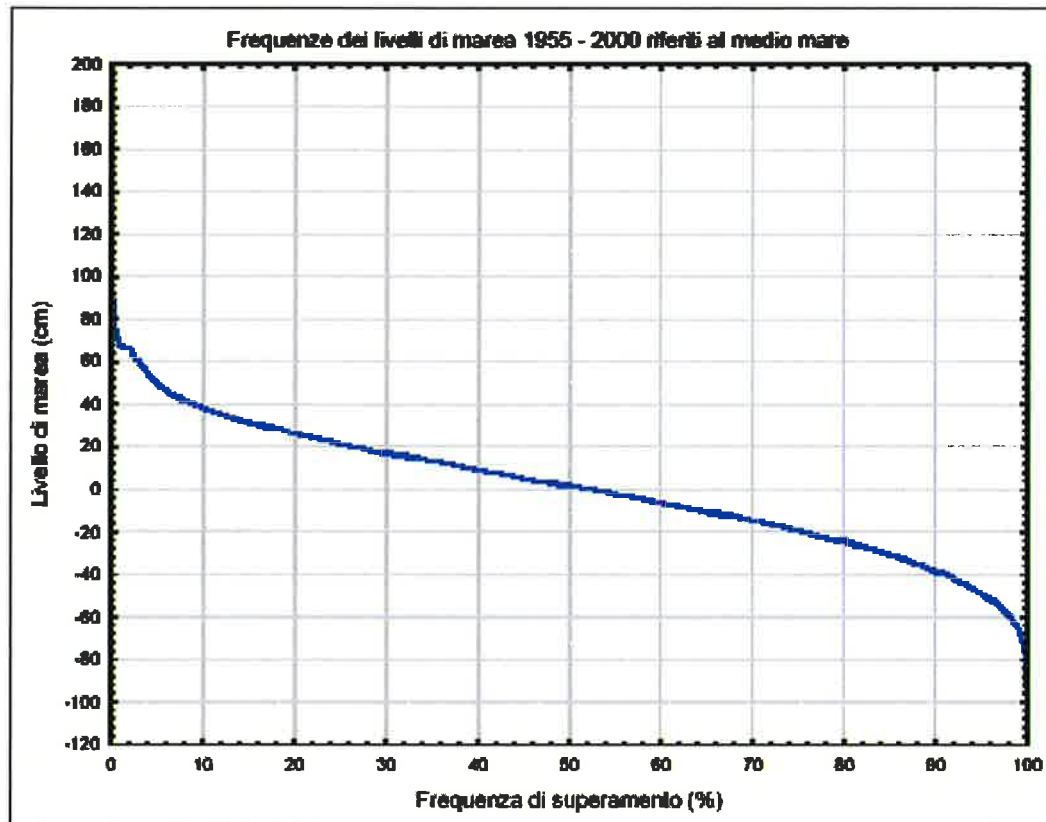


FIG. 7.1 - PUNTA DELLA SALUTE. STATISTICA CAMPIONARIA DEI LIVELLI DI MAREA – FREQUENZA DI SUPERAMENTO

Da queste misure viene ricavata la statistica campionaria dei livelli del mare ed il grafico che indica le frequenze di superamento dei livelli di marea riferiti al medio mare.

Dal grafico si deducono i livelli di marea caratteristici ($p < 5\%$; $p > 95\%$), rappresentativi di condizioni frequenti:

+0,50 m s.l.m.m.

- 0,50 m s.l.m.m.

Statistica dei colmi di marea:

I livelli ai colmi vengono rielaborati secondo una statistica ai valori estremi (distribuzione di Gumbel):

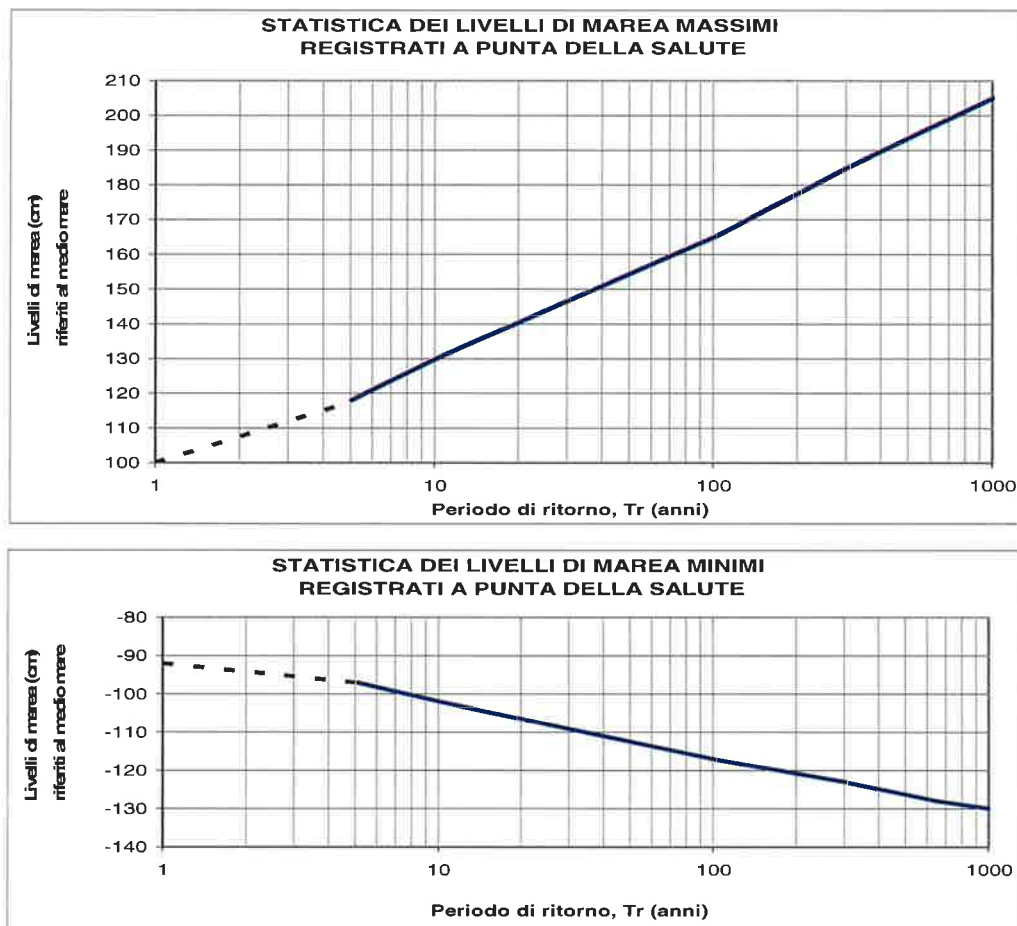


FIG. 7.2 - STATISTICA DEI LIVELLI MASSIMI E MINIMI REGISTRATI A PUNTA DELLA SALUTE

Si ricavano i seguenti livelli per i diversi periodi di ritorno degli eventi estremi:

Periodo di ritorno (anni)	10	100	650	1000
Livelli di marea positivi (cm)	130	165	200	205
Livelli di marea negativi (cm)	-102	-117	-128	-130

7.3.2. Eustatismo

Il valore massimo considerato nel progetto definitivo è di 60 cm; tale valore va considerato solo nelle verifiche di stabilità delle opere definitive, indipendentemente dal periodo di ritorno esaminato.

Per le verifiche in condizioni operative massime si fa riferimento allo scenario previsto per il 2100 assumendo, in accordo con il documento del Co.Ri.La del novembre 1999 “Scenari di crescita del livello del mare per la Laguna di Venezia”, un incremento del livello medio mare di 22 cm. In questo documento infatti lo Scenario probabile cautelativo (SPC) di crescita relativa del livello medio mare a

Venezia (somma di 1.5 – 1.7 mm/anno di eustatismo + 0.4 mm/anno di subsidenza naturale) per il 2100 prevede una crescita di 22 cm.

7.3.3. Moto ondoso e livelli in corrispondenza delle opere

Per la progettazione delle opere di spalla Nord di San Nicolò vengono considerate le seguenti condizioni di moto ondoso e livelli.

Eventi estremi:

Per la progettazione e la verifica delle opere è da considerare la statistica degli eventi estremi, combinata di onde e maree, riportata nella tabella seguente:

TAB. 7.3 - S.NICOLÒ SPALLA NORD – STATISTICA COMBINATA DI MAREA E MOTO ONDOSO

STATISTICA COMBINATA ALLA PIATTAFORMA			STATISTICA COMBINATA IN L2 BORA				ALLA SPALLA NORD DI S. NICOLÒ BORA			
Tr (anni)	liv (m)	Hs (m)	Tp (s)	Hs L2 (m)	Tp (s)	Hs L2 (m)	Hs (m) corta	Hs (m) lunga	Hs (m) corta	Hs (m) lunga
5	<0.7	4.4	8.4	3.7	9.4	4.2	1.5	0.7	1.9	0.8
5	1.00	4.0	8.0	3.4	9.0	3.8	1.4	0.6	1.7	0.7
5	1.18	3.0	6.6	2.6	7.8	3.0	1.1	0.4	1.4	0.5
10	<0.75	4.7	8.7	3.9	9.8	4.4	1.6	0.8	2.0	0.9
10	1.00	4.4	8.4	3.7	9.4	4.2	1.5	0.7	1.9	0.8
10	1.30	3.5	7.5	3.0	8.4	3.4	1.2	0.5	1.6	0.6
100	<0.8	5.6	9.5	4.6	10.6	4.9	2.0	0.9	2.4	1.0
100	1.30	5.0	8.9	4.1	10.1	4.6	1.8	0.8	2.2	0.9
100	1.50	4.6	8.6	3.8	9.7	4.3	1.6	0.7	2.0	0.9
100	1.65	4.0	8.0	3.4	9.0	3.8	1.4	0.6	1.8	0.7
300	<1.0	6.0	9.8	4.8	11.0	5.2	2.1	1.0	2.6	1.1
300	1.50	5.5	9.4	4.5	10.6	4.8	1.9	0.9	2.4	1.0
300	1.70	5.0	8.9	4.1	10.1	4.6	1.8	0.8	2.2	0.9
300	1.85	4.0	8.0	3.4	9.0	3.8	1.4	0.6	1.9	0.7
650	<1.2	6.2	10.0	5.0	11.2	5.3	2.2	1.1	2.7	1.1
650	1.60	5.8	9.6	4.7	10.8	5.1	2.0	1.0	2.6	1.1
650	1.90	5.0	8.9	4.1	10.1	4.6	1.8	0.8	2.3	0.9
650	2.00	4.0	8.0	3.4	9.0	3.8	1.4	0.6	1.9	0.7
1000	<1.25	6.4	10.1	5.1	11.4	5.4	2.2	1.1	2.8	1.2
1000	1.70	6.0	9.8	4.8	11.0	5.2	2.1	1.0	2.7	1.1
1000	2.00	5.0	8.9	4.1	10.1	4.6	1.8	0.8	2.3	0.9
1000	2.05	4.0	8.0	3.4	9.0	3.8	1.4	0.6	2.0	0.7

Per definire la quota di cresta della struttura di spalla si è applicata la teoria di Sainflou nel caso di riflessione obliqua (“clapotis gaufre”), adottando come altezza d’onda massima il valore $H_{max}=2*H_s$ e $=1.8*H_s$, un angolo di incidenza di 30° e livelli di marea comprensivi dei 60 cm dovuti all’eustatismo.

Il valore della sopraelevazione η così ottenuto è stato incrementato della quantità $h_{lunga}=0.5*H_{lunga}$ per tener conto delle oscillazioni di lungo periodo.

Per definire l’onda a tergo della barriera in condizioni di varco chiuso si è calcolato il coefficiente di trasmissione delle paratoie di San Nicolò come rapporto tra l’altezza d’onda misurata nel modello fisico di Lido nella sonda 8 dietro la barriera e quella nella sonda 10 davanti alla barriera. Per le onde di breve periodo tale

coefficiente è risultato compreso tra lo 0.6 e lo 0.8, per le onde lunghe tra lo 0.4 e lo 0.5.

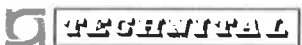
Onde frequenti in prossimità della barriera:

Nella tabella seguente è rappresentata la statistica campionaria del moto ondoso, ricavata dalle rilevazioni effettuate.

TAB. 7.4 - FREQUENZE DI ACCADIMENTO DEL MOTO ONDOSO NELLA ZONA DELLA FUTURA BARRIERA DI SAN NICOLÒ'

		Valore centrale della classe Hs (m)								Tot. parz.
		0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	
Hs (m)	≥ 0.00	≥ 0.125	≥ 0.375	≥ 0.625	≥ 0.875	≥ 1.125	≥ 1.375	≥ 1.625	≥ 1.875	
Ts (s)	< 0.125	< 0.375	< 0.625	< 0.875	< 1.125	< 1.375	< 1.625	< 1.875	< 2.125	
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.12	8.68	1.19	0.11	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	11.12
3	6.33	44.56	5.70	1.21	0.40	0.08	0.02	0.02	0.00	58.32
4	2.77	14.84	2.25	1.23	0.23	0.04	0.04	0.00	0.00	21.39
5	1.57	4.57	0.64	0.21	0.09	0.08	0.04	0.00	0.00	7.20
6	0.32	1.00	0.15	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	1.59
7	0.06	0.19	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.32
8	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
9	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tot. Parz.	12.18	73.85	10.00	2.88	0.76	0.21	0.09	0.02	0.00	100
Tot. Cum.		86.04	96.04	98.92	99.68	99.89	99.98	100.00	100.00	
	% sup	13.96	3.96	1.08	0.32	0.11	0.02	0.00	0.00	

		Valore centrale della classe Hs (m)								Tot. parz.
		0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	
Hs (m)	≥ 0.00	≥ 0.125	≥ 0.375	≥ 0.625	≥ 0.875	≥ 1.125	≥ 1.375	≥ 1.625	≥ 1.875	
Ts (s)	< 0.125	< 0.375	< 0.625	< 0.875	< 1.125	< 1.375	< 1.625	< 1.875	< 2.125	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	98	760	105	10	0	2	0	0	0	974
3	554	3904	500	106	35	7	2	2	0	5109
4	242	1300	198	108	20	3	3	0	0	1874
5	138	400	56	18	8	7	3	0	0	631
6	28	88	13	8	2	0	0	0	0	139
7	5	17	3	2	2	0	0	0	0	28
8	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3
9	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot. Parz.	1067	6470	876	252	66	18	8	2	0	8760
Tot. Cum.		7537	8413	8665	8732	8750	8758	8760	8760	
	sup	1223	347	95	28	10	2	0	0	

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 59
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

7.4. Sisma

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che si verifichi in un certo intervallo temporale un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato.

Il lasso di tempo in questione è il “ V_R che, associato alla “probabilità di superamento nel periodo di riferimento” P_{VR} , determina il periodo di ritorno T_R del sisma:

Il periodo di ritorno del sisma per le analisi agli stati limite eseguite è pari a:

$T_R = V_R$ stato limite di danno (SLD)

$T_R = 9.50 \cdot V_R$ stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

La vita di riferimento dell’opera si calcola dal prodotto tra la vita nominale V_N , da intendersi pari al numero di anni durante i quali deve essere usata, pur con la necessaria manutenzione ordinaria, per gli scopi previsti, ed il coefficiente d’uso C_U che traduce la destinazione d’uso dell’opera quantificandone l’importanza/pericolosità.

Per le opere in oggetto è assunto $V_N = 100$ anni, coerentemente alla vita utile del sistema Mose e $C_U = 1$, corrispondente alla classe d’uso II definita dalla Norma.

La V_R risulta di conseguenza pari a 100 anni ed i periodi di riferimento del sisma diventano:

$T_R = 100$ anni stato limite di danno (SLD)

$T_R = 950$ anni stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

Fissato il sito di interesse, Venezia, i valori di accelerazione su suolo rigido sono:

$a_g = 0.043 \cdot g$ stato limite di danno (SLD)

$a_g = 0.092 \cdot g$ stato limite di salvaguardia della vita (SLV)

7.5. Indagini archeologiche e bonifica bellica

Si riportano di seguito le planimetrie delle indagini di bonifica bellica ed archeologica eseguite alla bocca di Lido, dalle quali si evince che nell'area in corrispondenza del progetto in oggetto le attività di indagine archeologica sono state concluse nell'ambito dell'OP/295.

Le attività di bonifica bellica sono state concluse nell'ambito dell'OP/295, per quanto riguarda la parte centrale dell'isola, nell'ambito dell'OP/369 per quanto riguarda l'area in corrispondenza della spalla ovest.

In particolare il nucleo centrale dell'isola è costituito dai materiali provenienti dal dragaggio del canale retrostante l'isola, già bonificati prima dell'escavo nell'ambito dell'OP/295 e dell'OP/369.

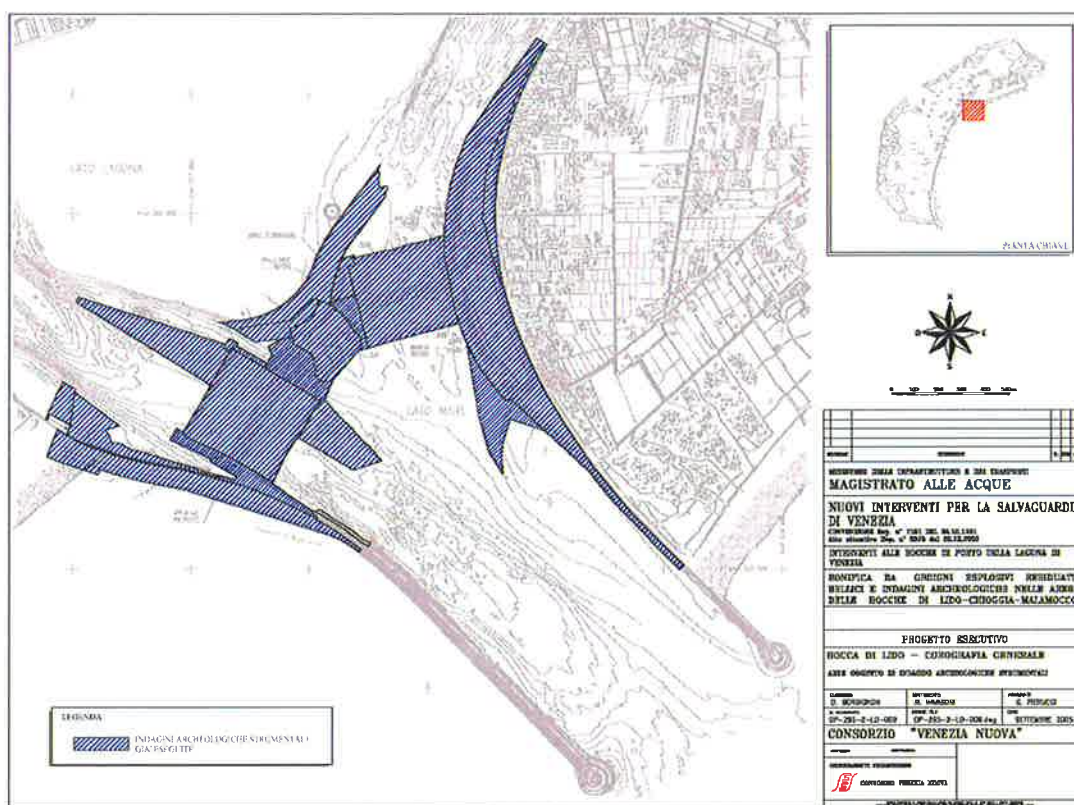


FIG. 7.3 - STATO DI AVANZAMENTO DELLE INDAGINI ARCHEOLOGICHE ALLA BOCCA DI LIDO

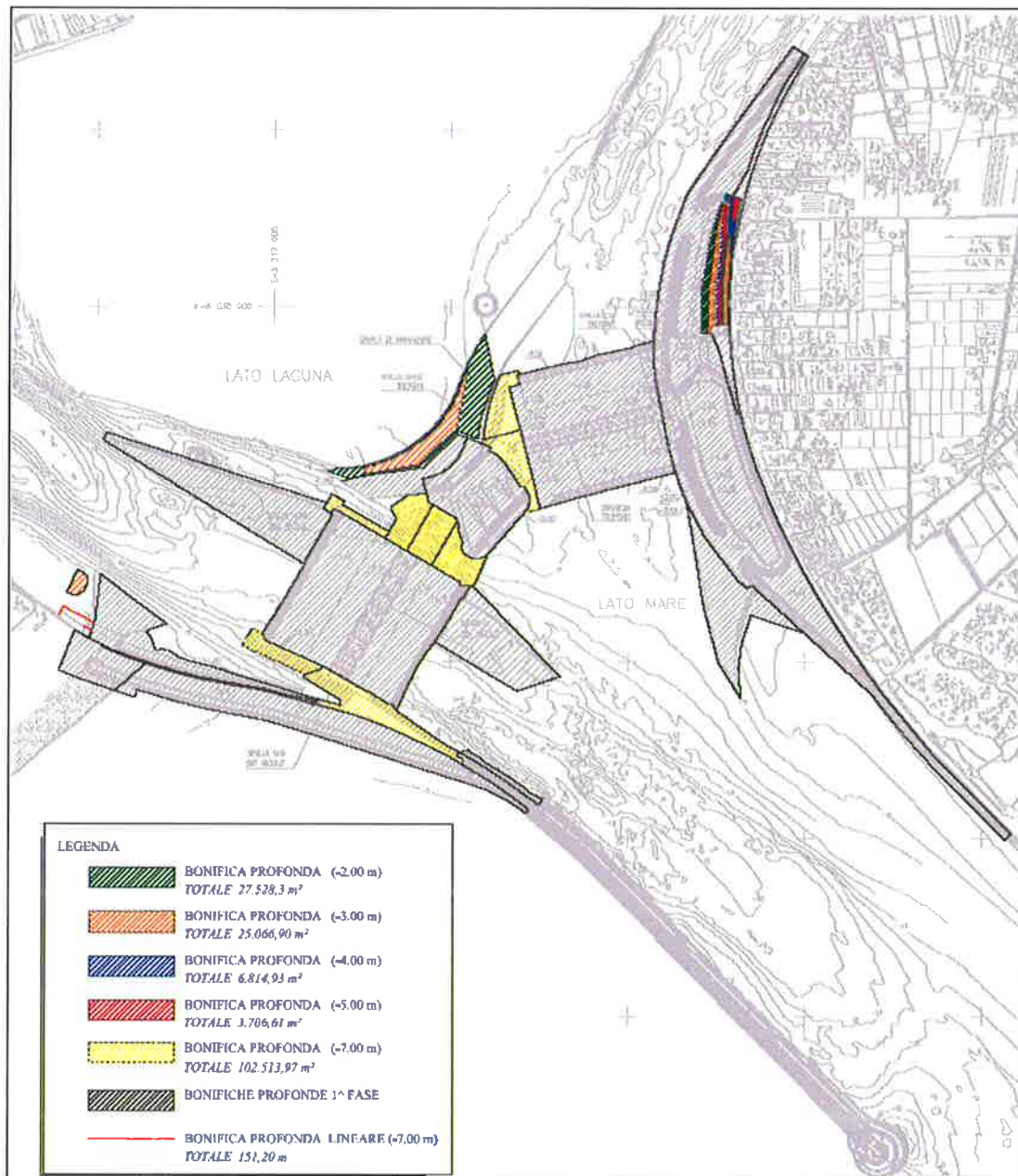
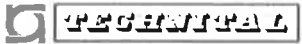


FIG. 7.4 - STATO DI AVANZAMENTO DELLA BONIFICA BELLICA ALLA BOCCA DI LIDO

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 62
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

8. MATERIALI

8.1. Acciaio

8.1.1. Acciaio per carpenteria metallica

Le caratteristiche degli elementi di carpenteria metallica impiegate nel presente progetto sono le seguenti:

- Profili, piatti e tondi: S355J0 (ex Fe510-C) $f_y \geq 355$ MPa
- Viti: 10.9-8.8 EN-20898 (parte prima UNI 5712)
- Dadi: 10-8 EN-20898 (parte seconda UNI 5713)
- Rondelle: C-50 (HRC 32-40) EN10083 (UNI 5714)

8.1.2. Acciaio per l'armatura del conglomerato cementizio


Le caratteristiche dell'acciaio per barre d'armatura da calcestruzzo armato impiegate nel presente progetto sono le seguenti:

- barre d'armatura in acciaio laminato a caldo per calcestruzzo B450C (ex FeB44K) saldabile con $f_{y\text{nom.}} 450$ MPa
 $f_{t\text{nom.}} 540$ MPa.

Prescrizioni di duttilità relative alla zona sismica:

- $(f_t/f_y)_k \leq 1.35$; $(f_t/f_y)_k \geq 1.13$
- $(f_y/f_{y,\text{nom}})_k < 1.25$;
- $A_{gt,k} \geq 7\%$;
- dove:
- f_y è il singolo valore di snervamento;
- f_t è il singolo valore di tensione a rottura;
- $A_{gt,k}$ è il valore di allungamento

Per le armature in acciaio inossidabile si considerano barre ad aderenza migliorata in acciaio austenitico AISI 316 L, avente caratteristiche meccaniche di resistenza e duttilità almeno pari a quelle dell'acciaio B450C di cui sopra.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 63
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

8.2. Calcestruzzo

8.2.1. Calcestruzzo dei pozzetti, cunicoli, basamenti ed elementi prefabbricati in genere

Il calcestruzzo da utilizzare per il getto dei pozzetti, dei cunicoli, dei basamenti e degli elementi prefabbricati in genere dovrà essere conforme alle prescrizioni della UNI EN 206-1/2001 “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità” e dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- Classe di resistenza (Rck): $\geq 37\text{MPa}$ (C30/37);
- Classe di consistenza al getto: S4;
- Dimensione nominale massima dell'aggregato: 25 mm;
- Tipo di cemento: CEM III o CEM IV
- Rapporto acqua/cemento massimo: 0.50;
- Contenuto minimo di cemento: 300 kg/m^3 ;
- Classe di esposizione: XS1;
- Copriferro: 40 mm.


Gli inerti dovranno essere conformi alle UNI 8520/2 di categoria A.

8.2.2. Calcestruzzo per pavimentazioni

Il calcestruzzo da utilizzare per il getto delle pavimentazioni in c.a. dovrà essere conforme alle prescrizioni della UNI EN 206-1/2001 “Calcestruzzo: Specificazione, prestazione, produzione e conformità” e dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- Classe di resistenza (Rck): $\geq 45\text{MPa}$ (C35/45)
- Classe di consistenza al getto: S4 ÷ S5
- Dimensione nominale massima dell'aggregato: 25 mm
- Tipo di cemento: CEM III o CEM IV
- Rapporto acqua/cemento massimo: 0.45
- Contenuto minimo di cemento: 340 kg/m^3
- Classe di esposizione: XS1 ÷ XS3
- Copriferro: 40 mm (classe XS1)

Gli inerti dovranno essere conformi alle UNI 8520/2 di categoria A.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 64
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

9. CRITERI GENERALI DI ANALISI E VERIFICA DELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE E GEOTECNICA

Le verifiche strutturali e geotecniche vengono effettuate facendo riferimento al metodo semi-probabilistico agli stati limite applicato così come descritto negli Eurocodici (in particolare EN-1990, EC1, EC2, EC3, EC7, EC8) e richiamato nella vigente normativa.

Vengono considerati sia gli *stati limite ultimi*, che sono quelli associati al collasso della struttura (o dell'insieme struttura-terreno) o alla rottura di parti di essa, sia gli *stati limite di servizio*, che corrispondono a condizioni oltre le quali specifiche richieste d'uso per una struttura o per un elemento strutturale non sono più soddisfatte.

Le verifiche di sicurezza verranno condotte con il *Metodo dei coefficienti parziali*: in tutte le *situazioni progettuali* significative, si verificherà che gli stati limite non vengono superati quando *i valori di progetto* delle *azioni*, delle *proprietà del materiale* e dei *dati geometrici* sono introdotti nei modelli strutturali e di carico impiegati.

La verifica del non superamento delle situazioni limite consente di concludere che la probabilità di raggiungere una certa situazione limite, durante la *vita utile* della struttura (o durante l'orizzonte temporale di riferimento nel caso di una fase esecutiva/costruttiva), è inferiore al valore prefissato dalla norma.

Le verifiche effettuate consentiranno di assicurare che:

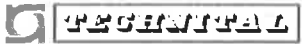
- le azioni di progetto non provochino il collasso globale della struttura o del terreno (anche in situazioni eccezionali/accidentali, ad esempio sisma);
- gli effetti delle azioni di progetto non superino la resistenza di progetto della struttura allo stato limite ultimo;
- gli effetti delle azioni di progetto non superino i criteri di funzionalità per lo stato limite di servizio.

9.1. Situazioni progettuali

Nel prossimo capitolo verranno individuate le situazioni di progetto significative tenendo conto delle circostanze nelle quali si richiede alla struttura di esercitare la propria funzione.

In generale, le situazioni progettuali saranno classificate nella maniera seguente:

- situazioni persistenti, che si riferiscono a condizioni di esercizio normale;
- situazioni transitorie, che si riferiscono a condizioni temporanee applicabili alla struttura, per esempio in fase di esecuzione o di riparazione ;
- situazioni eccezionali o accidentali, che si riferiscono a condizioni eccezionali applicabili alla struttura, quali urti, incendi, esplosioni, ecc.;

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 65
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- situazioni sismiche, che si riferiscono a condizioni applicabili alla struttura quando è soggetta ad eventi sismici.

Occorre definire le situazioni progettuali significative per le strutture in esame, considerando le azioni che agiscono sulla struttura in tali situazioni e definendone i corrispondenti valori di progetto appropriati; in particolare devono essere considerate le seguenti situazioni progettuali maggiormente significative:


- **COSTRUZIONE**: coincide con la fase di costruzione delle opere e corrisponde a una situazione transitoria, alla quale viene associato un periodo di riferimento di 0.5÷1.5 anni;
- **CONFIGURAZIONE FINALE**: è la situazione di esercizio per la struttura, a cui corrisponde un orizzonte temporale pari al periodo di vita programmato (o vita utile) dell'opera.
- **SITUAZIONE ACCIDENTALE**: corrisponde alla situazione poco probabile, ma estremamente gravosa di una mareggiata particolarmente intensa o dell'urto di un natante contro le opere (solo per il caso degli edifici sui cassoni);
- **SITUAZIONE SISMICA**: rappresenta la situazione in cui si verifica nell'area in cui sono ubicate le opere il sisma di progetto.

9.2. Azioni sulle strutture e periodi di ritorno

Le azioni che agiscono sulle strutture sono classificate in base alla loro variazione nel tempo:

- azioni permanenti (G), come ad esempio il peso proprio delle strutture ed i carichi permanenti portati;
- azioni variabili (Q), come per esempio i sovraccarichi, le azioni dovute alle maree e alle onde;
- azioni eccezionali o accidentali (A), come l'azione di una mareggiata eccezionale o la forza di impatto dovuta all'urto di un natante;
- azioni sismiche (E).

Tutte le azioni che agiscono sulla struttura vengono introdotte nei calcoli di verifica in termini di un *valore rappresentativo* $F_{rep} = \psi \cdot F_k$. Il principale valore rappresentativo di una azione è il suo *valore caratteristico* $F_{rep} = F_k$, che viene specificato in genere come valore medio, valore superiore o inferiore o valore nominale, secondo la natura dell'azione e i dati disponibili. Tale scelta verrà di volta in volta evidenziata e discussa nei capitoli seguenti.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 66
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Nella definizione del valore caratteristico dell'azione si procederà secondo i seguenti criteri. Qualora sia definita, sulla base di un adeguato campione di osservazioni, la distribuzione statistica dell'azione, il valore caratteristico corrisponde al valore avente una prefissata probabilità di superamento, durante il periodo di riferimento che si considera (nel caso delle situazioni persistenti coincidente con la vita utile di progetto della struttura). Nel caso in cui la variabilità dell'azione è piccola o non ne è compiutamente definita la distribuzione statistica, si farà riferimento ad un valore medio o ad un valore nominale dell'azione.

Nel progetto verranno impiegati anche altri valori rappresentativi delle azioni variabili, in particolare:

- il valore $\psi_0 \times Q_k$, detto valore di combinazione, che riduce il valore caratteristico ad un valore con periodo di ritorno inferiore; esso rappresenta il valore dell'azione da considerare concomitante con il valore caratteristico dell'azione variabile dominante⁽¹⁾;
- il valore $\psi_1 \times Q_k$, detto valore frequente, che viene ottenuto dal valore caratteristico attraverso un fattore positivo inferiore a 1, scelto in modo che il valore dell'azione abbia una specifica probabilità di essere superato durante il tempo di riferimento della situazione progettuale⁽²⁾;
- il valore $\psi_2 \times Q_k$, detto valore quasi-permanente, che viene ottenuto dal valore caratteristico attraverso un fattore positivo inferiore a 1, scelto in modo che il valore dell'azione abbia il 50% di probabilità di essere superato durante il tempo di riferimento della situazione progettuale.

Sulla base di questa classificazione generale, nel capitolo seguente verranno definite tutte le azioni significative che agiscono sulle strutture in esame nelle diverse situazioni progettuali considerate ed i corrispondenti valori caratteristici e rappresentativi.

9.3. Verifica con il metodo dei coefficienti parziali


I coefficienti parziali si applicano ai valori rappresentativi dei parametri (ottenuti fattorizzando i rispettivi valori caratteristici con i coefficienti ψ) per determinare i corrispondenti valori di progetto (contrassegnati col pedice "d").

9.3.1. Valore di progetto delle azioni

Il valore di progetto F_d di una azione viene espresso in termini generali da:

⁽¹⁾ La definizione del valore appropriato di ψ_0 è dipendente dalla probabilità di rovina P_f ammessa per la struttura durante la sua vita utile; la norma lo assume in genere pari a 0.7.

⁽²⁾ Normalmente si è considerata una probabilità di superamento pari al 10% del periodo di riferimento della situazione progettuale.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 67
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

$$F_d = \gamma_f \times (\psi \times F_k)$$

essendo $F_{rep} = \psi \times F_k$ il valore rappresentativo dell'azione considerata e γ_f il coefficiente parziale che tiene conto della possibilità di scostamenti sfavorevoli dei valori dell'azione rispetto al valore rappresentativo stesso.

Le azioni di progetto opportunamente combinate, insieme alle proprietà del materiale e ai dati geometrici, vengono applicate al modello di calcolo che idealizza la struttura per determinarne gli effetti E_d :

$$E_d = \gamma_{sd} \times E\{\gamma_{f,i} \times F_{rep,i}; a_d\} \quad \text{con } i \geq 1$$

dove a_d rappresenta i valori di progetto delle caratteristiche geometriche (di cui nel seguito sono stati considerati i valori nominali), mentre γ_{sd} è un coefficiente che tiene conto della modellazione degli effetti o delle stesse azioni.

Nel caso in cui il problema sia lineare (analisi elastica), vale il principio di sovrapposizione degli effetti, pertanto è possibile applicare al modello le azioni caratteristiche singolarmente e combinarne gli effetti.

Tuttavia il terreno, così come schematizzato nei modelli di analisi utilizzati di sovente, ha un comportamento non lineare; pertanto i coefficienti parziali devono essere applicati alle azioni e le analisi di interazione terreno-struttura vengono condotte applicando al modello le azioni di progetto, derivate dalle azioni caratteristiche amplificate per i corrispondenti coefficienti parziali.

D'altra parte, in taluni "approcci progettuali" definiti nel seguito, i coefficienti di combinazione delle azioni vengono applicati direttamente agli effetti (le sollecitazioni negli elementi strutturali) derivati da una analisi condotta applicando al modello i valori caratteristici delle azioni; e quindi si avrà:

$$E_d = \sum_{i \geq 1} \gamma_{F,i} \cdot E\{F_{k,i}; a_d\}$$


avendo considerato $\gamma_{F,i} = \gamma_{sd} \cdot \gamma_{f,i}$.

9.3.2. Valore di progetto delle proprietà dei materiali

Il valore di progetto X_d di una proprietà del materiale viene espresso in termini generali da:

$$X_d = \gamma_m \cdot X_k$$

essendo X_k il valore caratteristico della proprietà del materiale considerata e γ_m il coefficiente parziale che tiene conto sia di possibili variazioni sfavorevoli dei valori caratteristici, sia della parte aleatoria delle prove, misure e conversioni che portano

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 68
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

alla determinazione dei valori caratteristici (nel seguito, in genere, tale coefficiente è tenuto implicitamente in conto nello stesso valore caratteristico) .

La resistenza di progetto R_d viene espressa nel modo seguente:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot R\{X_{d,i}; a_d\} \quad \text{con } i \geq 1$$

dove γ_{Rd} è un coefficiente parziale che tiene conto dell'incertezza del modello di resistenza.

9.3.3. Stati limite ultimi

Per le strutture in progetto sono stati verificati, secondo i casi, i seguenti stati limite ultimi (la codifica si rifà alla EN 1990 e all'EC7):

- lo stato limite ultimo EQU: perdita di equilibrio statico della struttura o di qualsiasi parte di essa considerata come rigida;
- lo stato limite ultimo STR: collasso interno o deformazione eccessiva della struttura o degli elementi strutturali;
- lo stato limite ultimo GEO: collasso o deformazione eccessiva del terreno;
- lo stato limite ultimo UPL: perdita di equilibrio della struttura o del terreno dovuta a forze di sollevamento indotte dalla sottopressione dell'acqua;
- lo stato limite ultimo HYD: sifonamento del terreno indotto da gradienti idraulici.

In generale, quando si è considerato uno stato limite di equilibrio statico (EQU), di sollevamento (UPL) o di sifonamento (HYD) si è verificato che :

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$


dove $E_{d,dst}$ è il valore di progetto dell'effetto delle azioni instabilizzanti ed $E_{d,stab}$ è il valore di progetto dell'effetto delle azioni stabilizzanti.

Negli altri casi (STR e GEO), trattandosi di stati limite di rottura o di eccessiva deformazione, si è verificato che:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il citato valore di progetto dell'effetto delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza corrispondente.

Per ogni stato limite ultimo considerato, i valori di progetto delle azioni (o dei loro effetti, secondo quanto precisato nei diversi casi) sono stati determinati combinando il valore rappresentativo delle azioni che si verificano simultaneamente nel modo seguente:

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 69
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- situazioni persistenti e transitorie – basate sul valore di progetto delle azioni permanenti e dell'azione variabile dominante e sui valori di combinazione delle altre azioni variabili non dominanti⁽³⁾:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- situazioni di progetto eccezionali (o accidentali) – basate sui valori di progetto delle azioni permanenti e dell'azione eccezionale (o accidentale), sul valore frequente (o quasi permanente⁽⁴⁾) dell'azione variabile dominante e sui valori quasi permanenti delle altre azioni variabili:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \circ \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- situazioni di progetto sismiche – basate sui valori caratteristici delle azioni permanenti, sui i valori quasi permanenti delle azioni variabili e sul valore di progetto dell'azione sismica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

9.3.4. Stati limite di esercizio

Le combinazioni da considerare per le verifiche agli stati limite di servizio sono definite dalle seguenti espressioni:

Combinazione caratteristica (o rara):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinazione frequente:

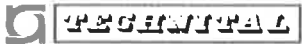
$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinazione quasi permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

⁽³⁾ La notazione “+” significa “si combina con”. Nell'espressione si è passati, secondo le modalità già descritte, dal valore caratteristico al valore rappresentativo delle azioni attraverso il coefficiente ψ

⁽⁴⁾ La scelta fra il valore frequente o quello quasi permanente dell'azione dipende dalla specifica situazione di progetto eccezionale e viene discusso caso per caso

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 70
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Nelle condizioni di servizio si controllano le ampiezze degli spostamenti delle paratie e delle fessure nel calcestruzzo e, ove significativo, i tassi di lavoro dei materiali.

Si noti che, con riferimento al punto 2 del paragrafo precedente, se per ottenere gli effetti delle azioni della combinazione DA1-C1 si effettua una analisi con valori caratteristici delle azioni per poi applicare i coefficienti di amplificazione/abbattimento a tali effetti, i risultati dell'analisi possono essere direttamente impiegati nelle combinazioni per la verifica degli stati limite di esercizio.

9.3.5. Coefficienti di sicurezza parziali per i materiali (acciaio e calcestruzzo)

I coefficienti di sicurezza parziali per i materiali costituenti gli elementi strutturali oggetto di verifica nelle relazioni di calcolo sono:

Sezioni in cemento armato

- $\gamma_{cls} = 1.50$ coefficiente relativo al calcestruzzo
- $\gamma_s = 1.15$ coefficiente relativo all'acciaio per cls armato

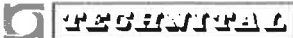
Sezioni in acciaio da carpenteria

- $\gamma_{M0} = 1.05$ sezioni di classe 1-2-3-4
- $\gamma_{M1} = 1.05$ fenomeni di instabilità
- $\gamma_{M2} = 1.2$ resistenza sezioni nette

9.3.6. Coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti

I coefficienti di sicurezza parziali per i collegamenti (bulloni e saldature) degli elementi strutturali sono:

- $\gamma_{Mb} = 1.35$ bulloni
- $\gamma_{Mw} = 1.35$ saldature d'angolo
- $\gamma_{M1} = 1.05$ saldature di Ia classe
- $\gamma_{M2} = 1.2$ saldature di IIa classe

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 71
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

10. AZIONI DI PROGETTO

10.1. Azioni permanenti . Pesì propri e carichi permanenti portati

Per le strutture in esame si considerano i seguenti valori (nominali):

- $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$ peso specifico calcestruzzo armato;
- $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$ peso specifico calcestruzzo non armato;
- $\gamma_t = 78.5 \text{ kN/m}^3$ peso specifico acciaio da carpenteria;
- $\gamma_p = 20 \text{ kN/m}^3$ peso specifico massetti
- $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume terreno di riempimento saturo

10.2. Azioni permanenti. Spinta idrostatica e spinta di Archimede

Per la determinazione della spinta idrostatica agente sulle strutture e nel terreno si considera:

$$\gamma_w = 10,10 \text{ kN/m}^3 \quad \text{peso specifico acqua di mare}$$

Nella determinazione di tali azioni si considera un livello del mare prefissato, coincidente con il "livello medio mare", cui corrisponde la parte permanente delle spinte dovute all'acqua; le azioni conseguenza delle variazioni di livello del mare (maree) sono considerate come azioni variabili definite nel seguito.


10.3. Spinta del terreno

La spinta del terreno di riempimento sulle pareti perimetrali delle strutture viene determinata considerando cautelativamente i seguenti parametri geotecnici:

- $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume terreno saturo;
- $\gamma'_t = 10 \text{ kN/m}^3$ peso di volume terreno sommerso;
- $\phi = 32^\circ$ angolo di attrito.
- $K_0 = 0.50$ coefficiente di spinta a riposo

L'azione permanente dovuta al terreno viene determinata considerando la superficie di falda a tergo dell'elemento strutturale, al di sopra della quale agisce la spinta (totale) del terreno saturo, mentre al di sotto si considera la spinta efficace.

Le variazioni di spinta del terreno provocate dalle variazioni del livello del mare (maree ed eustatismo) vengono considerate come azioni variabili conseguenza di tali "eventi" e pertanto direttamente dipendenti da essi.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 72
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

10.4. Azioni variabili. Sovraccarichi accidentali

Il carico mobile agente sulla pavimentazione del piazzale, dovuto al transito di mezzi per la manutenzione degli impianti tecnologici, è assunto (in via cautelativa) corrispondente allo Schema di Carico 1 definito al punto 5.1.3.3.3 del D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008 (“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”).

In particolare, il carico considerato è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (carico per asse equivalente a 300kN), applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m.

10.5. Azioni variabili. Maree

Durante tutte le fasi di costruzione delle sovrastrutture si considera un livello massimo pari a +1,00 m s.l.m.m..

COSTRUZIONE:

- Coincide con la fase di costruzione delle opere, alla quale può essere associato un livello di marea di +1,00m s.m.m..

CONFIGURAZIONE FINALE:

- E' la situazione normale per la struttura, a cui corrisponde un orizzonte temporale pari al periodo di vita programmato (o vita utile) dell'opera alla quale può essere associato un livello di marea e onde con periodo di ritorno pari a 1000 anni.

SITUAZIONE SISMICA:

- Nella situazione sismica occorre considerare la presenza concomitante di una marea frequente di ± 50 cm.

10.6. Azioni sismiche

Per il sisma si fa riferimento a quanto indicato in precedenza e nelle Norme tecniche per le costruzioni DM. 14/01/2008.

10.6.1. Accelerazione sismica di progetto

Le verifiche in fase sismica della struttura sono condotte mediante una analisi pseudostatica. L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per il coefficiente sismico orizzontale k_h e verticale k_v , dove:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

essendo a_{\max} la massima accelerazione attesa al sito, valutata con la relazione

$$a_{\max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$$

in cui S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Il coefficiente β_m dipende dalla stratigrafia del terreno e dalla capacità dell'opera di subire spostamenti rispetto al terreno. Nei casi in cui l'opera sia vincolata rigidamente, durante l'evento sismico i movimenti concessi alle strutture di sostegno sono minimi. Di conseguenza le Norme prescrivono $\beta_m = 1$

I coefficienti S_T e S_S valgono rispettivamente 1 e 1.5.

I coefficienti k_h e k_v introdotti nelle analisi valgono:

$$k_h = 1 \times 1.5 \times 1 \times 0.043 = 0.0645 \quad \text{stato limite di danno (SLD);}$$

$$k_v = \pm 0.0323 \quad \text{stato limite di danno (SLD);}$$

$$k_h = 1 \times 1.5 \times 1 \times 0.092 = 0.138 \quad \text{stato limite di salvaguardia della vita (SLV);}$$

10.6.2. Spinta del terreno in fase sismica

La spinta sismica esercitata dal terreno in fase sismica è stata valutata mediante la formula di Mononobe-Okabe; pertanto si ha:

$$E_{d,t} = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K H^2$$

essendo H l'altezza dell'opera e K il coefficiente di spinta attiva in fase sismica:

$$K = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos\theta \cos(\theta + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \theta)}{\cos(\theta + \delta)}} \right]^2}$$


γ^* è pari al peso specifico del terreno (saturo) al di sopra del livello di falda, mentre per il terreno sotto falda è pari al peso sommerso.

Si considera che l'incremento di spinta dinamica dovuto al sisma è applicato a metà altezza della parete.

L'angolo θ della formula assume un diverso valore a seconda che ci si trovi sopra o sotto falda:

$$\tan \theta = \frac{k_k}{1 \mp k_v} \quad \text{sopra falda}$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \frac{k_k}{1 \mp k_v} \quad \text{sotto falda}$$

	Rev. C0	Data: 20/05/14	EI. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 74
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

10.6.3. Spinta idrodinamica

In presenza di sisma la forza idrodinamica è preso in conto secondo la formulazione di Westergaard E_{wd} , applicata a $0.4 H'$.

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$

dove γ_w = peso specifico dell'acqua

H' = altezza del livello dell'acqua a partire dalla base dell'edificio

11. ANALISI STRUTTURALE PAVIMENTAZIONE IN CALCESTRUZZO

La finitura del piazzale è costituita da una pavimentazione in calcestruzzo con finitura di tipo industriale, dello spessore di 20 centimetri ed armato con un doppio strato di barre di armatura $\Phi 12/20 \times 20$.

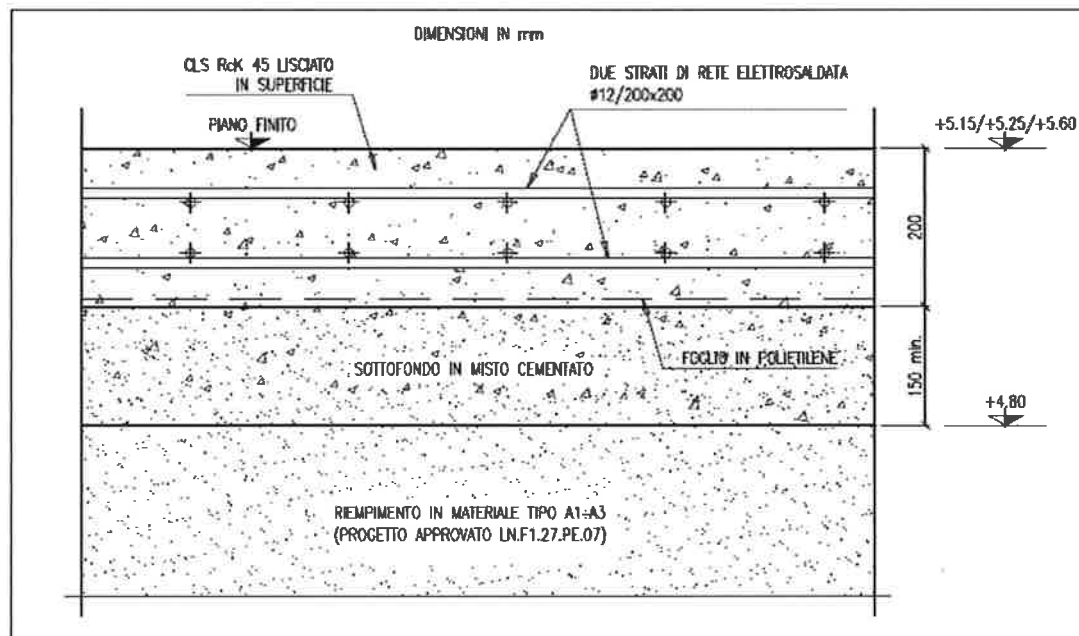


FIG. 11.1 - DETTAGLIO PAVIMENTAZIONE IN C.A. PIAZZALE IMPIANTI

Il getto della pavimentazione viene suddiviso in piastre aventi dimensione massima di 8 x 8 metri tramite l'utilizzo di giunti di dilatazione tra pannelli limitrofi per contenere i fenomeni fessurativi.

Data l'impossibilità di prevenire completamente la formazione di fessure, le piastre della pavimentazione vengono successivamente trattate in modo da avere un giunto di indebolimento ogni 4 metri circa in modo da poter pianificare la posizione delle fessure in maniera prefissata.

E' prevista quindi una finitura superficiale con funzione antiabrasiva da realizzarsi con metodo a spolvero (aggregato: graniglia al quarzo) e scopatura antisdrucchiolo e la sigillatura dei giunti.

La pavimentazione sarà finita in modo da ospitare le canalette per il drenaggio delle acque meteoriche, i relativi pozzetti, i pozzetti di ispezione/derivazione degli impianti elettrici ed i plinti di fondazione dei pali d'illuminazione.

Sul perimetro della pavimentazione ed in corrispondenza delle elevazioni delle strutture si realizzeranno dei giunti di isolamento, come meglio indicato negli elaborati grafici di progetto.

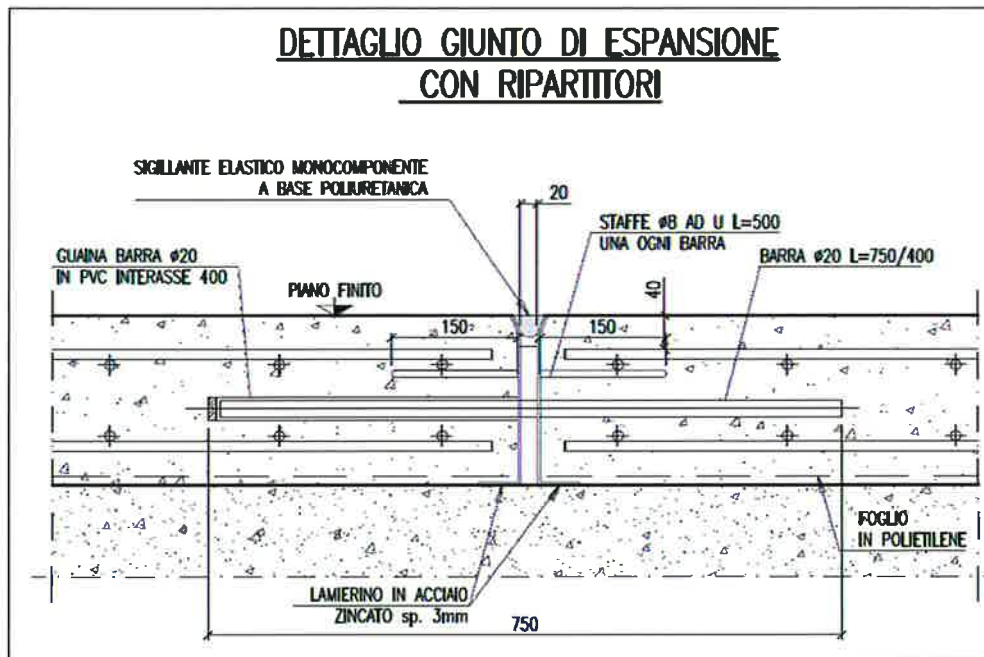


FIG. 11.2 - DETTAGLIO GIUNTO DI ESPANSIONE

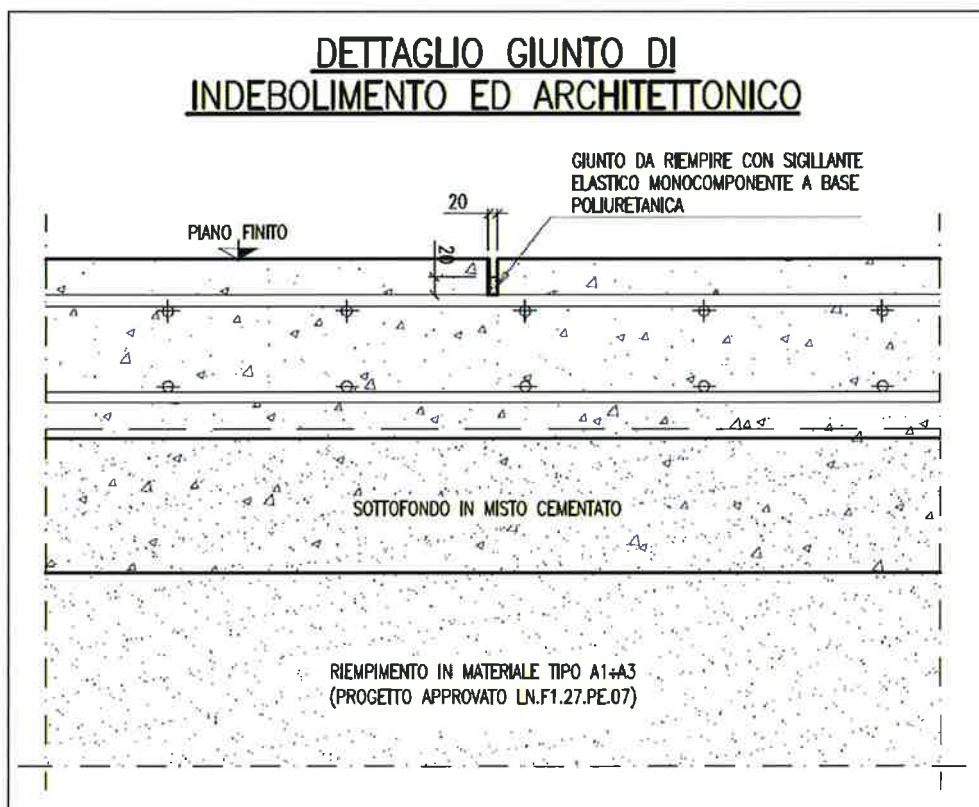
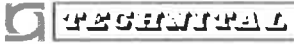


FIG. 11.3 - DETTAGLIO GIUNTO DI INDEBOLIMENTO

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 77
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11.1. Metodo di calcolo

Per la progettazione della pavimentazione in calcestruzzo si sono presi in considerazione i seguenti parametri:

- stato limite di fessurazione indotto dai fenomeni di ritiro del calcestruzzo;
- stato limite di esercizio;
- stato limite ultimo.

Lo stato limite di fessurazione per gli effetti del ritiro è verificato secondo le indicazioni della guida AASHTO “Design of pavement Structures”, mentre le verifiche di resistenza della pavimentazione sotto i carichi esterni sono eseguite impiegando una modellazione a elementi finiti del tipo ‘a piastra’ (con programma di calcolo elastico lineare a elementi finiti SAP2000).

11.2. Analisi strutturale

Nel modello di calcolo si considera un tratto di pavimentazione con lunghezza 24 m, formato da tre campi quadrati di piastra di lato 8 m.

Il peso proprio della pavimentazione si scarica direttamente sul terreno e non produce sollecitazioni nella struttura. Le deformazioni prodotte dalle variazioni termiche sono libere di svilupparsi grazie ai giunti di dilatazione disposti tra i vari campi di piastra e lungo il perimetro esterno.


Le sollecitazioni che si sviluppano nella pavimentazione sono pertanto generate dal ritiro del calcestruzzo e dai carichi esterni.

Il carico mobile agente sulla pavimentazione del piazzale, dovuto al transito di mezzi per la manutenzione degli impianti tecnologici, è assunto (in via cautelativa) corrispondente allo Schema di Carico 1 definito al punto 5.1.3.3.3 del D.M. Infrastrutture 14 Gennaio 2008 (“Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”).

In particolare, il carico considerato è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (carico per asse equivalente a 300kN), applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40 m. Il carico è disposto in tre possibili configurazioni come illustrato nelle figure seguenti.

Il modello è generato mediante l’ausilio del citato modellatore strutturale SAP2000.

- L’inserimento nel modello di calcolo di tutti i dati riguardanti geometria, vincoli esterni fissi o cedevoli, proprietà associate agli elementi, svincolamenti esterni e carichi; avviene per via grafica-interattiva.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 78
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

- Il programma calcola la matrice di rigidezza elastica del sistema e perviene alla soluzione in termini di spostamenti dei nodi e sollecitazioni negli elementi.

La soletta è modellata mediante elementi finiti isoparametrici tipo “SHELL” formulati secondo la teoria proposta da Bathe e Dvorkin (elemento finito isoparametrico a quattro nodi), basata sulla teoria dei gusci spessi (Mindlin Reissner) che consente di mettere in conto, nel calcolo dell’energia di deformazione, il contributo dovuto alle azioni taglianti fuori piano. Tali elementi consentono di tenere in conto sia il comportamento flessionale sia quello membranale (che coincide con quello dell’elemento isoparametrico classico a tre o quattro nodi). Per ogni nodo sono attivi tutti e sei i gradi di libertà (tre spostamenti e tre rotazioni).

La cedevolezza del terreno è rappresentata con molle elastiche di costante $k=30000$ kN/m³ (valore giustificato dalla natura particolarmente compatta del riempimento dei terrapieni).

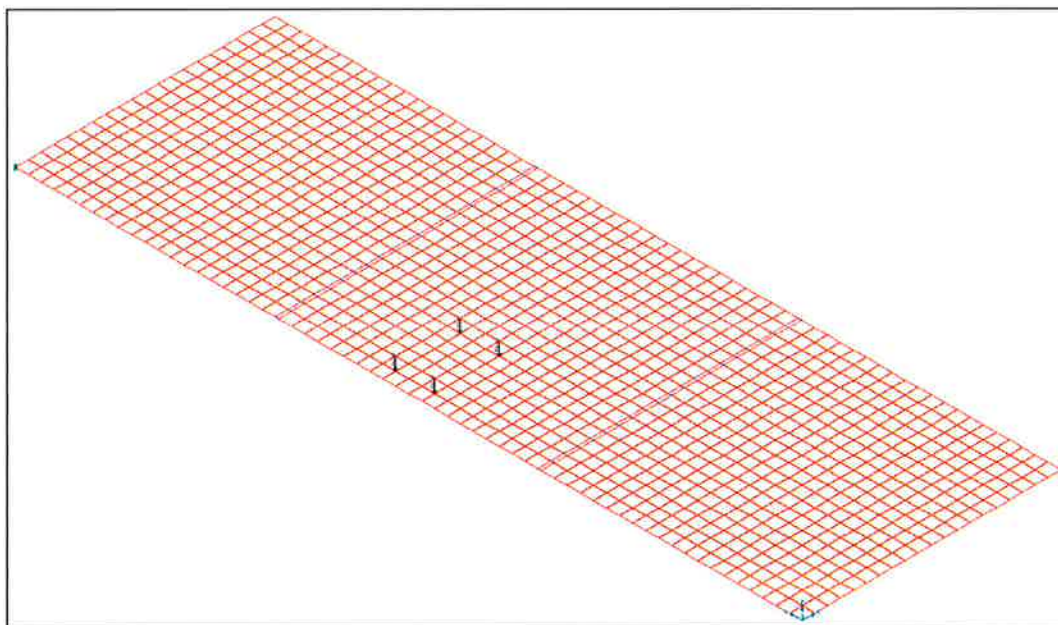


FIG. 11.4 - MODELLO DI CALCOLO CON CARICO PROSSIMO ALL’ASSE LONGITUDINALE DELLA PAVIMENTAZIONE

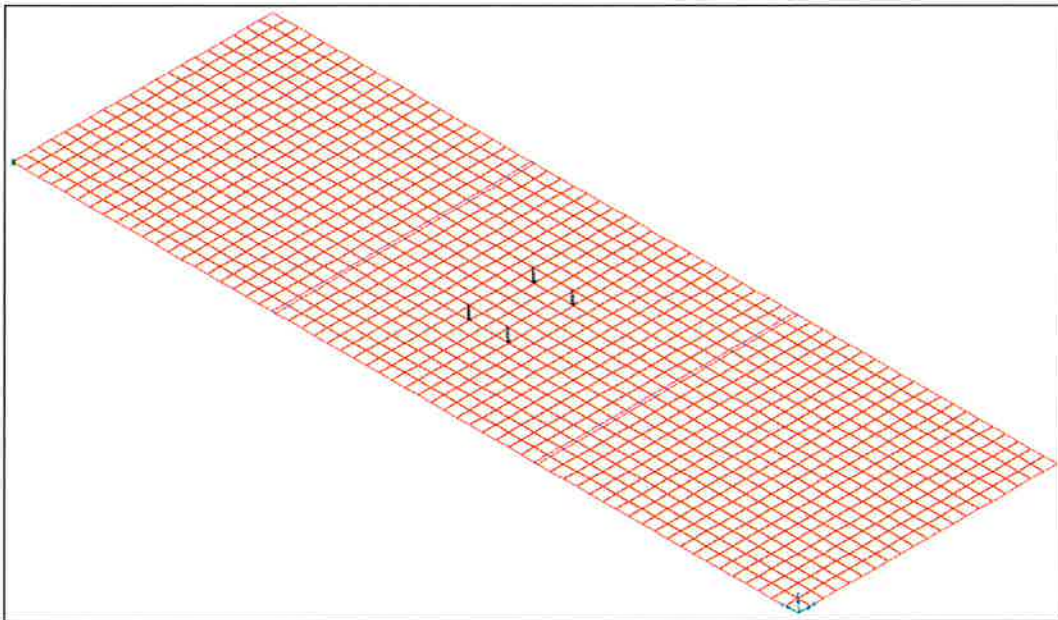


FIG. 11.5 - MODELLO DI CALCOLO CON CARICO AL CENTRO DELLA PIASTRA 8×8

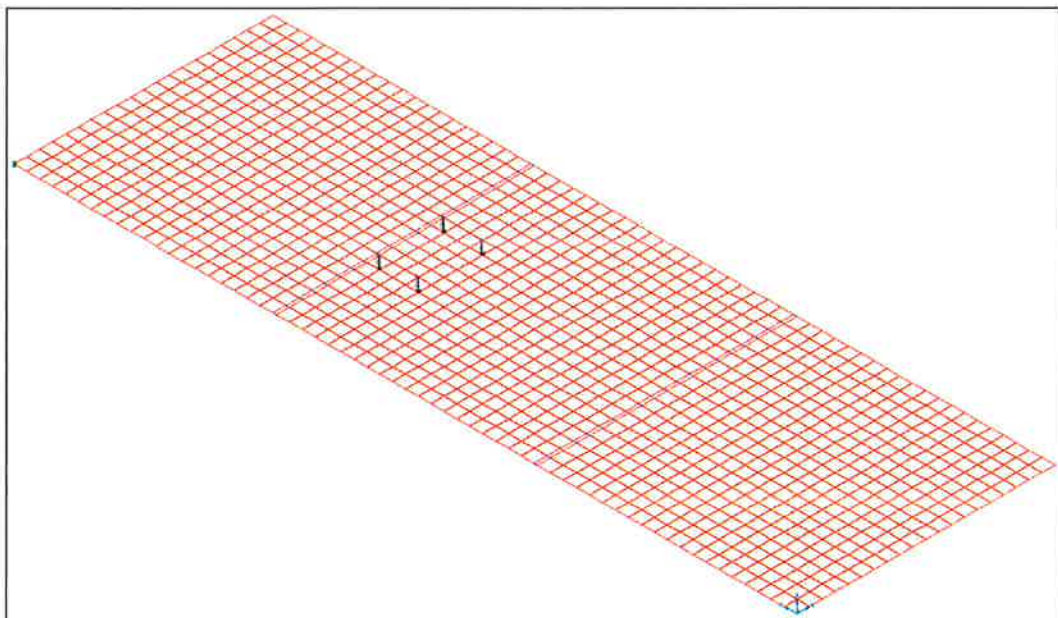


FIG. 11.6 - MODELLO DI CALCOLO CON CARICO AL BORDO DELLA PIASTRA 8×8

11.3. Risultati

Le figure seguenti mostrano rispettivamente l'andamento delle sollecitazioni flettenti e di taglio nella pavimentazione per effetto dei carichi esterni.

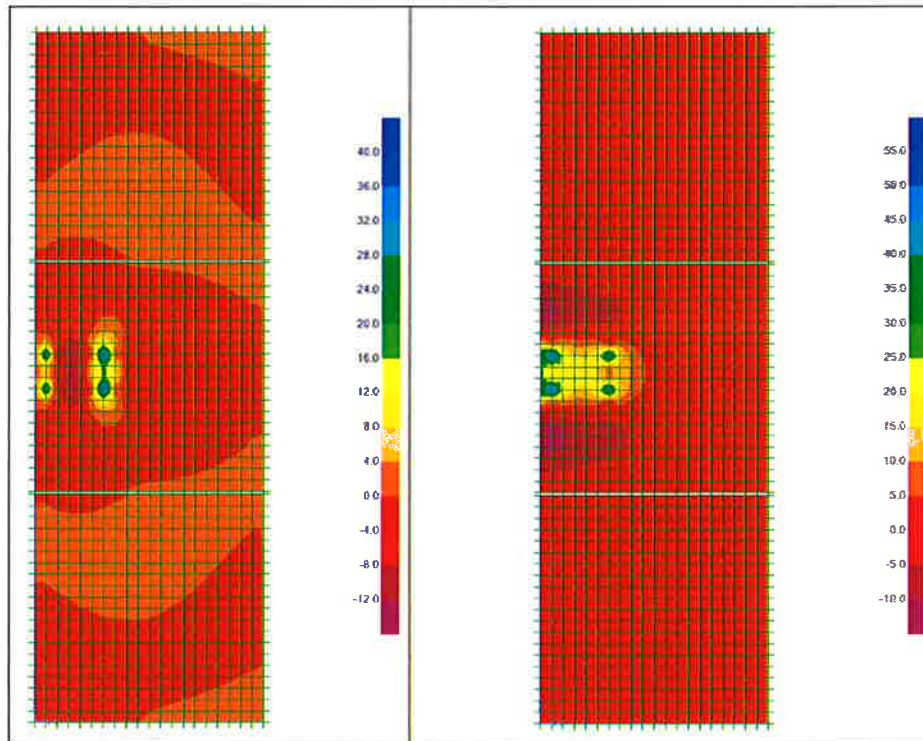


FIG. 11.7 - MOMENTO FLETTENTE M11 E M22 (CARICO PROSSIMO ALL'ASSE DELLA PAVIMENTAZIONE)

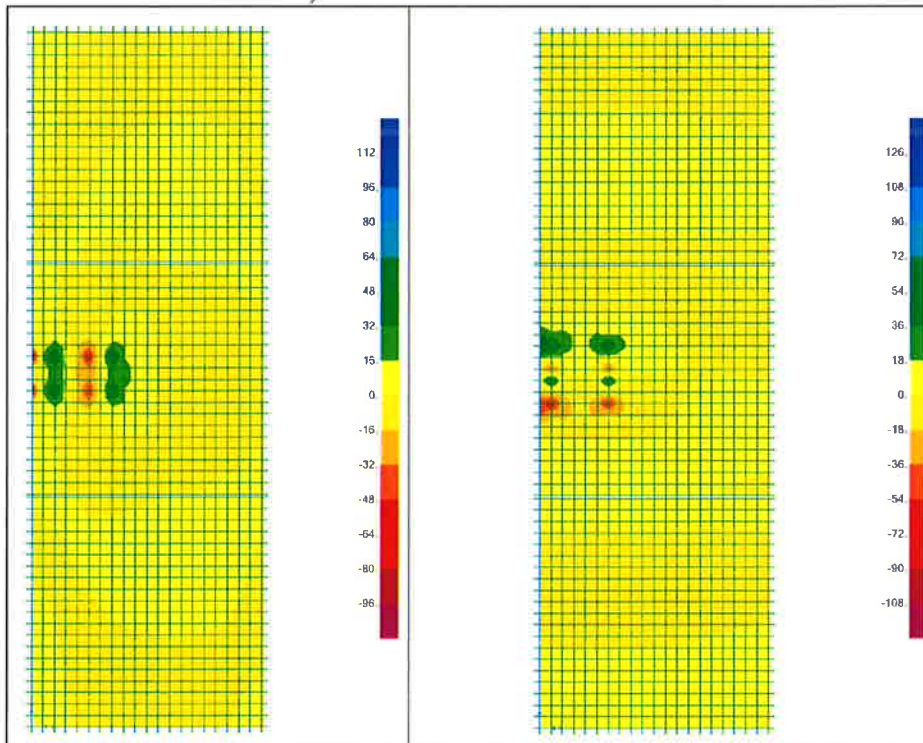


FIG. 11.8 - AZIONE DI TAGLIO V13 E V23 (CARICO PROSSIMO ALL'ASSE DELLA PAVIMENTAZIONE)

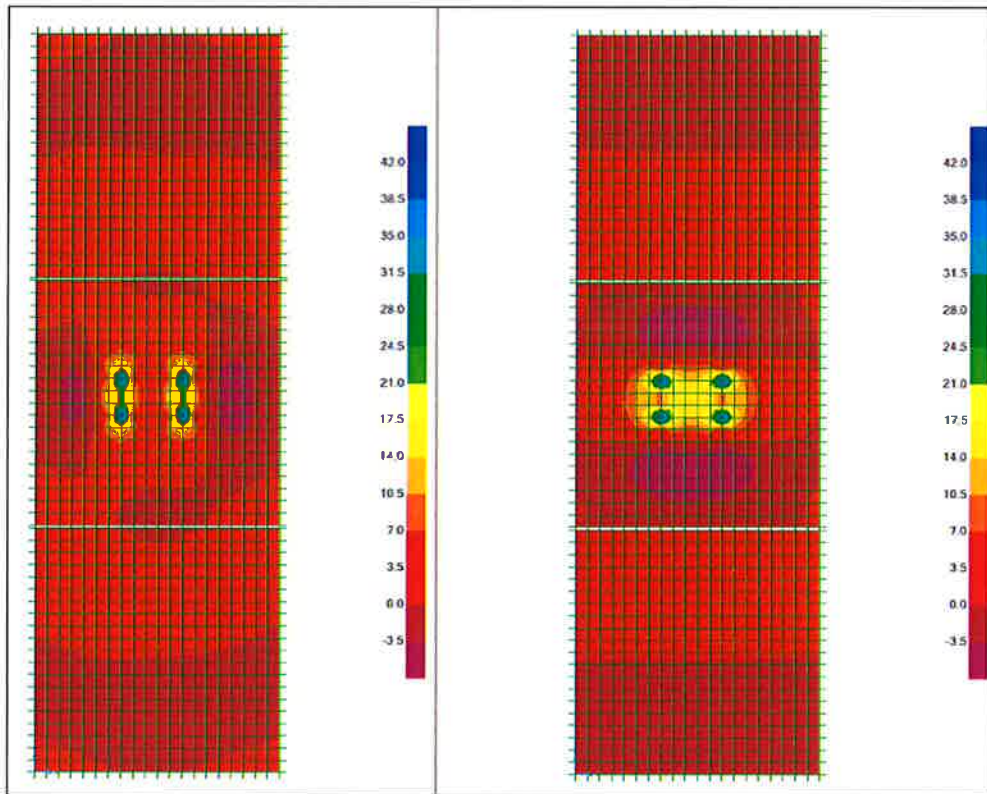


FIG. 11.9 - MOMENTO FLETTENTE M11 E M22 (CARICO AL CENTRO DELLA PIASTRA)

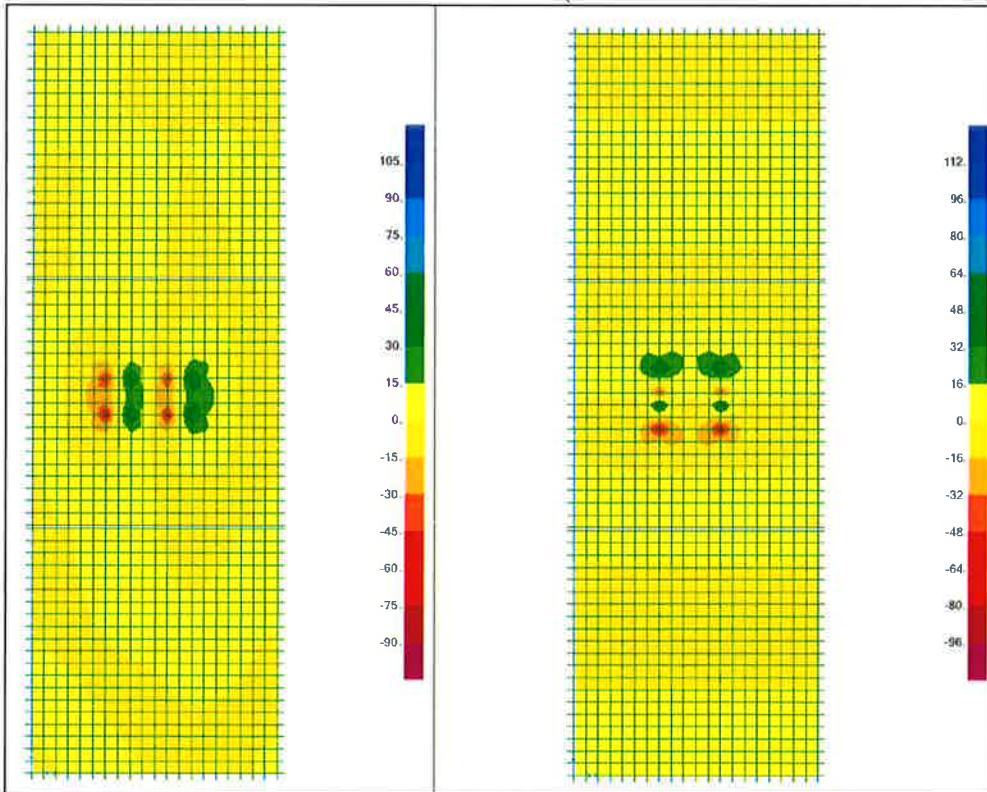


FIG. 11.10 - AZIONE DI TAGLIO V13 E V23 (CARICO AL CENTRO DELLA PIASTRA)

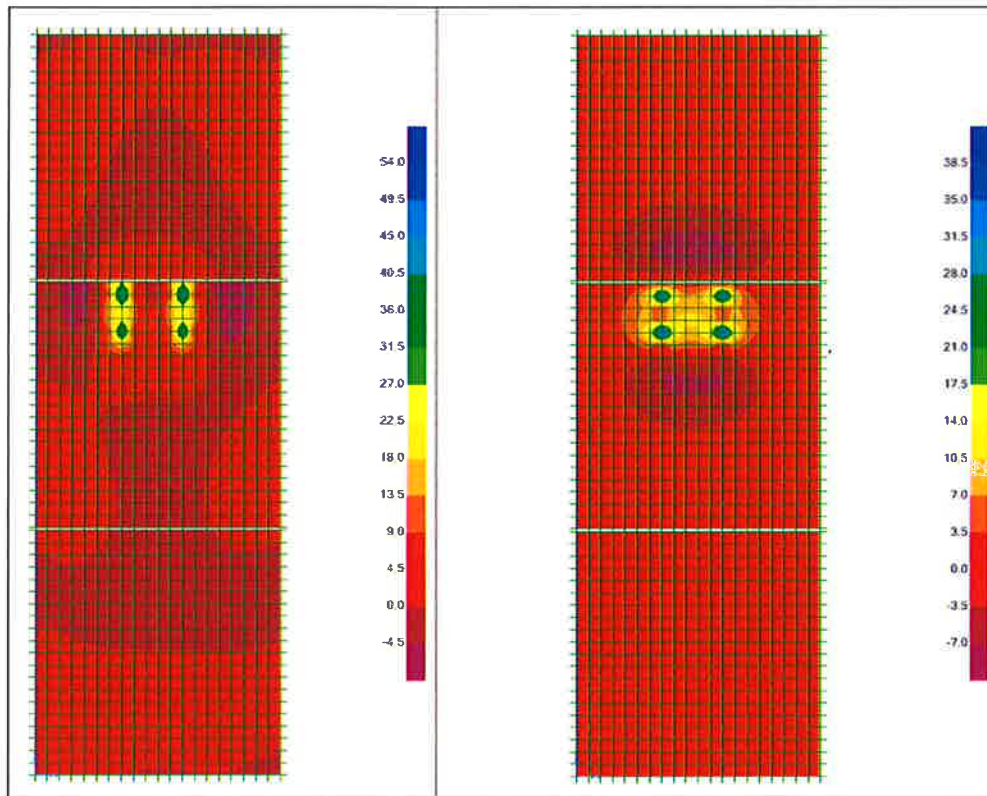


FIG. 11.11 - MOMENTO FLETTENTE M11 E M22 (CARICO AL BORDO DELLA PIASTRA 8x8)

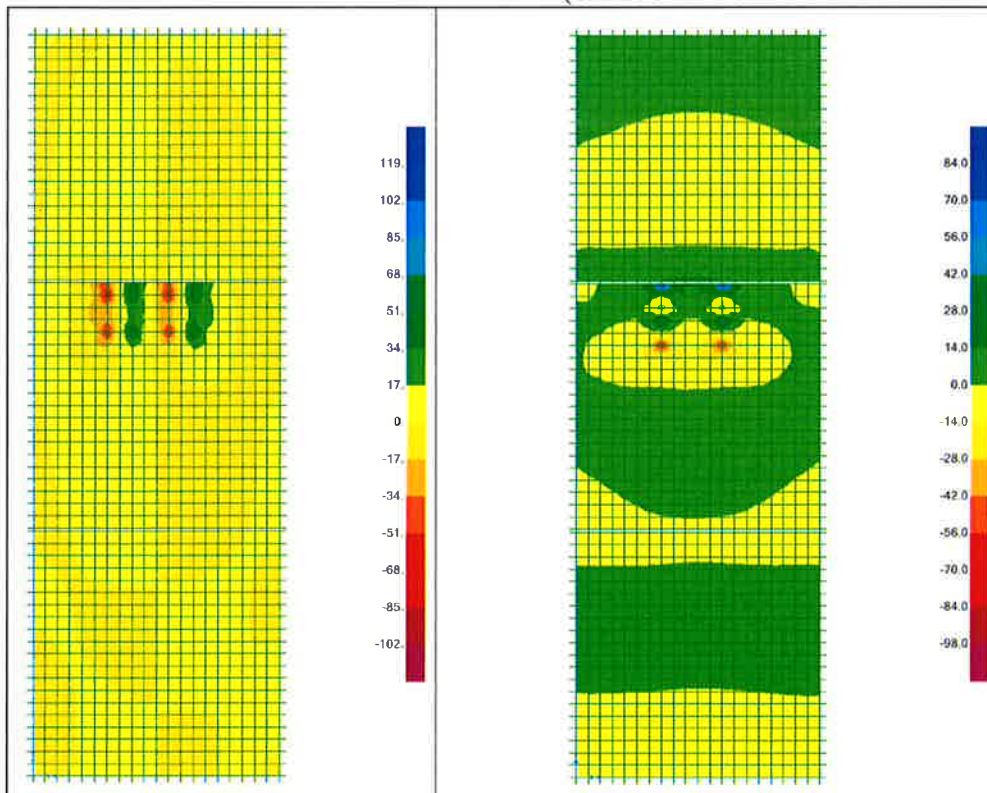



FIG. 11.12 - AZIONE DI TAGLIO V13 E V23 (CARICO AL BORDO DELLA PIASTRA 8x8)

 GENERAL	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 83
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11.4. Stato limite di fessurazione indotto dai fenomeni di ritiro del calcestruzzo

Lo stato limite di fessurazione, indotto dai fenomeni di ritiro del calcestruzzo, è stato verificato secondo le indicazioni della guida AASHTO “Design of pavement Structures”.

La guida AASHTO prevede che la sezione di una pavimentazione sia armata in modo da poter assorbire una tensione pari alla forza d’attrito sviluppata tra pavimentazione e sottofondo, senza raggiungere lo snervamento delle barre d’armatura. Infatti una volta che lo stato tensionale indotto dal ritiro all’interno della pavimentazione supera la resistenza indotta dall’attrito di base, la pavimentazione è libera di scorrere sfogando le tensioni interne.

Secondo quanto contenuto nella guida, per pavimentazioni in calcestruzzo con giunti di espansione, la percentuale d’armatura necessaria per il contenimento dei fenomeni fessurativi da ritiro può essere calcolata usando la formula:

$$P_s = 100 \times \frac{LF}{2f_s}$$


dove

- L è la lunghezza di tratto di pavimentazione compresa tra due giunti successivi;
- F è un fattore di attrito;
- f_s è lo sforzo di lavoro dell’acciaio in sezione (considerato come $0.75f_y$).

La percentuale di armatura calcolata, considerando un giunto di espansione ogni otto metri, è dello 0.06 % corrispondente a una rete $\Phi 6$ passo 20 cm (circa $1.40 \text{ cm}^2/\text{m}$).

La sezione corrente presenta un’armatura doppia simmetrica equivalente a $\Phi 12$ passo 20 cm (circa $5.65 \text{ cm}^2/\text{m}$): tale armatura è ampiamente sufficiente a sopportare le sollecitazioni indotte dai fenomeni di ritiro del calcestruzzo.

Nelle successive verifiche agli S.L.E. e S.L.U. dovute ai carichi esterni, si considererà come armatura resistente quella effettivamente disponibile, calcolata detraendo dal totale la quota parte necessaria a evitare l’insorgere di fenomeni fessurativi da ritiro $\Rightarrow A_s = A_s' = 5.65 \text{ cm}^2/\text{m} - 1.40 \text{ cm}^2/\text{m} = 4.25 \text{ cm}^2/\text{m}$.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 84
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

11.5. Stato limite di esercizio

La sezione di verifica possiede le seguenti caratteristiche:

$$\begin{aligned}
 B &= 100 \text{ cm} \\
 H &= 20 \text{ cm} \\
 A_s &= 4.25 \text{ cm}^2 \\
 A_s' &= 4.25 \text{ cm}^2 \\
 C &= 4 \text{ cm.}
 \end{aligned}$$

I tassi di lavoro (positivi se di trazione) nel calcestruzzo e nelle barre di armatura devono essere inferiori ai valori limite stabiliti dalle NTC2008 per combinazioni di carico rare (pari a 360 MPa per le armature e -22.4 MPa per il calcestruzzo).

Verifica a flessione e fessurazione

La massima sollecitazione flettente di calcolo vale:

$$M_{SLE} = 20.86 \text{ kNm/m}$$

Le tensioni risultanti nel calcestruzzo e nell'acciaio sono:

$$\begin{aligned}
 \sigma_c &= -9.15 \text{ MPa;} \\
 \sigma_s &= 357.99 \text{ MPa.}
 \end{aligned}$$

I valori di tensione sono inferiori ai limiti di Normativa. Il momento di prima fessurazione è pari a 23.05 kNm/m ed è superiore al momento sollecitante.

Pertanto, le sollecitazioni di calcolo non producono fenomeni fessurativi. La verifica si considera soddisfatta.

11.6. Stato limite ultimo


Le caratteristiche della sezione resistente sono quelle sopra riportate.

Le azioni resistenti devono essere superiori alle azioni sollecitanti fattorizzate. Il coefficiente di amplificazione dei carichi stabilito dalle NTC2008 per carichi da traffico è pari a 1.35.

Verifica a flessione

La massima sollecitazione flettente di calcolo vale:

$$M_{SLU} = 1.35 \times M_{SLE} = 28.16 \text{ kNm/m}$$

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 85
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Il momento resistente e il fattore di sicurezza della sezione valgono:

$$M_{Rd} = 30.39 \text{ kNm/m}$$

$$F_S = M_{Rd}/M_{SLU} = 1.08 > 1$$

La verifica si considera soddisfatta.

Verifica a taglio

La massima sollecitazione tagliante di calcolo vale:

$$V_{SLU} = 1.35 \times 61 = 82 \text{ kNm/m}$$

Poiché non si prevede di armare a taglio la soletta, la resistenza offerta dalla sezione è quella riguardante il calcestruzzo e l'armatura longitudinale. La resistenza a taglio è pari a (par.4.1.2.1.3.1 delle NTC2008):

$$V_{Rd} = V_{Rdmin} = 86 \text{ kN/m} > V_{SLU}$$

La verifica si considera soddisfatta.

Verifica a punzonamento

La massima sollecitazione di calcolo a punzonamento vale:

$$V_{Ed} = 1.35 \times 150 \text{ kN} = 202.5 \text{ kN}$$

Il perimetro di verifica è considerato, nell'ipotesi più sfavorevole d'impronta di carico prossima al bordo della piastra, pari a $u_1 = 2.48 \text{ m}$.


La massima tensione di punzonamento, lungo il perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Ed} = V_{Ed} / u_1 / d = 202.5 \text{ kN} / 2.48 \text{ m} / 0.16 \text{ m} = 510 \text{ kN/m}^2 = 0.51 \text{ MPa}$$

La massima resistenza a taglio-punzonamento, lungo il perimetro di verifica, è pari a:

$$v_{Rd,c} = 0.53 \text{ MPa} > v_{Ed}$$

La verifica si considera soddisfatta.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 86
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

12. MANUTENZIONE E DURABILITA'

12.1. Premessa

La vita utile di 100 anni prevista per le strutture, gioca un ruolo fondamentale nelle scelte di progetto e dei materiali.

L'obiettivo di garantire una vita utile (o di servizio) di 100 anni viene perseguito:

- analizzando in maniera sistematica le condizioni di servizio e valutando l'azione di tutte le situazioni di carico ad esse correlate, sia per quel che concerne le prestazioni richieste all'esercizio, sia individuando la necessaria riserva ultima di risorsa delle strutture;
- geometrizzando i manufatti in modo che siano tutti facilmente ispezionabili e, laddove sia più complicato ripararli o sostituirli, dotarli di tutte le caratteristiche e le risorse necessarie per mantenersi efficienti durante l'arco della vita di servizio, inclusa la pianificazione di un'adeguata attività di manutenzione;
- progettando i materiali in funzione dell'aggressività dell'ambiente o provvedendoli del sistema di protezione più adeguato e duraturo;
- progettando un sistema integrato di monitoraggio e manutenzione che qualifichi e pianifichi gli interventi necessari.

Questo capitolo individua le principali cause di attacco ai manufatti da parte di agenti aggressivi ambientali e le contromisure attuate in termini di progettazione dei materiali e dei sistemi di protezione.

12.2. Corrosione di elementi metallici minori

Si riportano di seguito alcune informazioni relative al comportamento a corrosione dei principali materiali metallici impiegati nella realizzazione delle parti minori della struttura.

12.2.1. Strutture in acciaio al carbonio

L'acciaio al carbonio presenta in atmosfera marina una velocità di corrosione di alcune centinaia di micron all'anno, in relazione anche alla presenza di altri inquinanti. Per la loro protezione richiedono un ciclo di pitturazione di 300 µm di spessore, con l'applicazione di un primer zincante di circa 75 µm, e opportuni interventi di manutenzione, riguardanti ad esempio riparazione sul circa il 3% della superficie dopo 8/10 anni, e il 6% dopo 18 anni. In tal modo si può garantire una durata della protezione fino a 25 anni. Dopo questo periodo il procedimento di verniciatura deve essere ripetuto.

12.2.2. Strutture in acciaio zincato

I rivestimenti di zinco offrono una buona protezione per tempi relativamente lunghi in molte condizioni ambientali senza alcuna manutenzione e per questo possono risultare in definitiva più economici di altri metodi di protezione.

La velocità di corrosione dello zinco, anche in atmosfere marine, è in generale 20-30 volte inferiore a quella dell'acciaio al carbonio.

Come indicato in figura, la velocità di corrosione dello zinco può variare molto e aumentare anche di un ordine di grandezza passando da un ambiente non marino a uno inquinato da anidride solforosa oppure avvicinandosi al mare. La corrosione dello zinco mostra di solito un andamento pressoché lineare nel tempo. Questo rende agevole la previsione della vita di un rivestimento a partire dal suo spessore e dalla velocità di corrosione misurata in un anno di esposizione. In figura sono riportati indicativamente valori di vita di servizio in funzione dello spessore dello strato di zincatura.

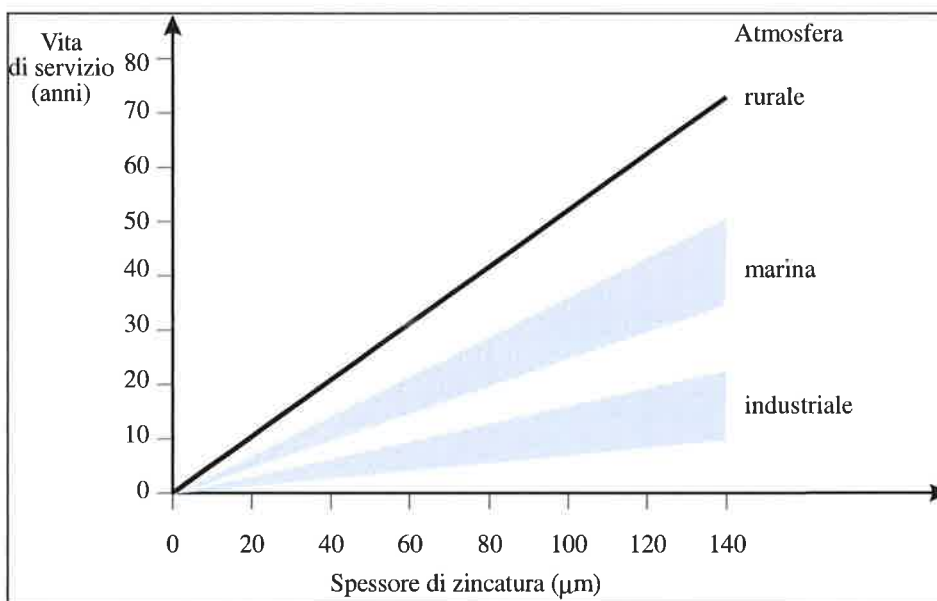
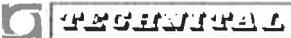


FIG. 12.1 - DURATA DEL RIVESTIMENTO DI ZINCO IN DIVERSE CONDIZIONI AMBIENTALI

Solitamente per una zincatura a caldo lo spessore è prossimo a 80-100 µm, pertanto la vita di servizio in ambiente marino è circa pari a 30 anni. Un aumento della durata è ottenibile mediante un ulteriore rivestimento protettivo sullo zinco.

Lo zinco, comportandosi da anodo sacrificale, impedisce la corrosione nelle zone dove le discontinuità del rivestimento zincante, lascia scoperto l'acciaio al carbonio sottostante. Sulle strutture esposte all'atmosfera, in cui l'elettrolita è costituito dal sottile strato di acqua di condensa, questa protezione si estende solo a una distanza relativamente piccola. Pertanto la protezione attiva previene la corrosione solo nel caso di discontinuità di piccole dimensioni.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 88
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

12.2.3. Strutture in acciaio inossidabile

In atmosfera marina l'acciaio inossidabile austenitico AISI 316 e 316L presenta un buon comportamento. Subisce invece attacco corrosivo per pitting e in fessura nelle zone a diretto contatto con l'acqua di mare, almeno che le parti immerse non siano connesse con parti in acciaio al carbonio, catodicamente protette o meno, che in effetti funzionano da anodo sacrificale.

12.2.4. Interventi progettuali per la durabilità di elementi metallici minori

Nel caso della carpenteria metallica minore (quando non in acciaio inox) le contromisure attuate nell'ambito del progetto sono:

- sabbiatura completa delle superfici esterne e verniciatura (descritta nelle pagine precedenti).
- in alternativa, zincatura a caldo o metallizzazione (per gli elementi metallici parzialmente ighisati nel calcestruzzo).

12.3. **Corrosione di manufatti in calcestruzzo armato**


La zona più critica per strutture marine in calcestruzzo armato è quella degli spruzzi.

La durabilità di elementi in calcestruzzo armato in ambiente marino può essere garantita agendo in una di queste direzioni:

- la scelta di un tipo di calcestruzzo adeguato a garantire un basso coefficiente di diffusione dei cloruri (rapporto a/c, tipo di cemento);
- l'adozione di un copriferro adeguato, a seconda del tipo di armature e della classe di esposizione ambientale;
- l'utilizzo, nelle zone più critiche, di armature inox;
- la limitazione dell'apertura delle fessure in esercizio.

12.4. **Interventi progettuali attuati per la durabilità delle opere in calcestruzzo armato**

In merito alla durabilità delle strutture in cemento armato e al controllo della fessurazione sono state adottate le prescrizioni più avanzate in materia di prevenzione degli effetti della corrosione nelle opere marittime, ovvero le Raccomandazioni del Dipartimento delle Opere Marittime Norvegese e le indicazioni di Pedeferris e Elsener (testo citato in bibliografia).

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 89
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Tali raccomandazioni/prescrizioni sono fortemente orientate alla cura del progetto dei materiali e presentano un approccio innovativo al proporzionamento del copriferro.

In effetti, gli estensori delle raccomandazioni evidenziano come l'approccio classico al problema della fessurazione non sia sempre di uso appropriato nel caso delle opere marittime: le relazioni contenute negli Eurocodici inducono al contenimento del copriferro, all'incremento della percentuale e della diffusione di armatura al crescere dello stesso e al decrescere dell'ampiezza di fessura ammissibile.

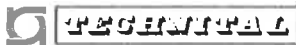
L'analisi di opere esistenti e recenti e diffuse esperienze di riparazione di strutture ammalorate hanno dimostrato che è particolarmente opportuno l'impiego di spessi copriferri nelle parti esposte agli spruzzi e comunque copriferri di 40÷50mm sono fortemente consigliati in tutte le altre zone.

A tale scopo le raccomandazioni citate suggeriscono quanto segue:

- nella zona degli spruzzi copriferri non inferiori a 50÷80mm sono fortemente consigliati quando l'armatura sia in acciaio al carbonio; inoltre, come è intuitivo, devono essere tanto più elevati quanto maggiore è la vita di servizio della struttura;
- qualora nella zona degli spruzzi si ricorresse all'impiego di armature in acciaio inox, benché diverse norme sui calcestruzzi in zone marittime (ad esempio quelle del BSI) consentano di ridurre i copriferri fino a 30mm, le raccomandazioni citate suggeriscono di non scendere al di sotto dei 40mm;
- il progetto convenzionale della fessurazione porta ad avere sezioni fortemente armate con armatura diffusa e copriferri non superiori a 40mm; l'esperienza sul campo dimostra che questo approccio è controproducente ai fini della durabilità; va rilevato inoltre che, nelle zone permanentemente immerse, fessure dell'ordine di 0.2÷0.3mm tendono ad autosigillarsi e quindi a non possedere lo stesso potenziale di veicolazione di agenti corrosivi di fessure di pari ampiezza esposte all'atmosfera; gli studi citati suggeriscono, pertanto, di progettare con una larghezza di fessurazione di riferimento non superiore a 0.2mm, con copriferro almeno pari a 50mm e di impiegare un'armatura più concentrata in maniera da ridurre il rischio di corrosione diffusa; in sintesi: copriferri abbondanti e barre meno diffuse, ma di maggior diametro, si sono dimostrate più efficaci nel resistere alla corrosione rispetto a copriferri ridotti associati ad armatura diffusa.

Scelta del tipo di calcestruzzo:

Sul fronte della progettazione del materiale si è, innanzitutto, adottato quanto prescritto dalla EN 206-1 in merito alle classi di esposizione menzionate, adottando calcestruzzi aventi $R_{ck} = 45$ Mpa e caratterizzati da bassi rapporti a/c.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 90
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

Limitazione delle tensioni e controllo della fessurazione in esercizio:

Per tutti gli elementi strutturali in calcestruzzo armato è necessario curare particolarmente la progettazione delle condizioni di esercizio, contenendo la fessurazione e le tensioni di lavoro dei materiali.

Pertanto le ampiezze di calcolo di fessurazione vengono contenute a 0.2 mm per le combinazioni di carico frequenti e 0.3 mm nelle combinazioni rare.

Inoltre l'impiego del cemento d'altoforno, che riduce il calore di idratazione, rappresenta una soluzione decisamente migliorativa anche per quel che riguarda le fessurazioni che si producono durante la maturazione del calcestruzzo.

Utilizzo di barre di armatura in acciaio inox:

Occorre adottare armatura inox nella zona del bagnasciuga (XS3) sulla faccia esposta all'acqua di mare e per una profondità di almeno 100 mm dalla superficie.

Per tale applicazione si impiegano attualmente tre tipi di acciaio inossidabile (si veda la tabella seguente):

- austenitico AISI 304L (1.4307)
- austenitico AISI 316L (1.4404)
- duplex 318 (1.4462)

Tipi di acciaio	C max	Si max	Mn	S max	Cr	Ni	Mo	P max	N
1.4301 (304L)	0.3	1	2	0.003	17.0-19.5	8.0-10.5	-	0.045	<0.11
1.4436 (316L)	0.3	1	2	0.015	16.5-18.5	10.5-13	2.5-3.5	0.0045	<0.11
1.4462 (318 duplex)	0.3	1	2	0.0015	21-23	4.5-6.5	2.5-3.5	0.0045	0.1-0.2


In particolare, la soluzione ottimale è l'utilizzo di acciaio inossidabile AISI 316 o duplex AISI 318 nella zona degli spruzzi fino ad una profondità di 10 cm sul fronte esposto.

Copriferro minimo per armature in acciaio ordinario:

- zone in classe di esposizione XS1: 40 mm sul ferro più esterno (spilla)
- zone in classe di esposizione XS2/XS3: 50 mm sul ferro più esterno (spilla)

Monitoraggio delle strutture:

Si prevede di mettere in atto un piano di monitoraggio dell'andamento della corrosione che si baserà sostanzialmente su controlli visivi e non distruttivi. Il piano di monitoraggio e il piano di manutenzione verranno redatti nell'ultimo stralcio di opere della sistemazione della spalla, interesseranno la globalità dell'opera e comprenderanno i citati aspetti di cui, nello stralcio attuale, si cura solo il recepimento delle predisposizioni.

	Rev. C0	Data: 20/05/14	El. MV054P-PE-NCR-7001	Pag. n. 91
	Rev.	Data:	RELAZIONE TECNICA GENERALE	

12.4.1. Definizione delle classi di esposizione ambientale

Le normative classificano l'ambiente marino secondo tre classi di esposizione ambientale, a severità crescente, per ciascuna delle quali è necessario adottare provvedimenti differenti per garantire la durabilità:

Classe XS1: è la zona interessata dall'aerosol marino, ma non direttamente a contatto con l'acqua di mare.

Classe XS2: è caratteristica della parti permanentemente immerse in acqua di mare o interrate.

Classe XS3: è la zona del bagnasciuga, caratterizzata dal maggior grado di aggressività, trovandosi in presenza di elevati tenori di cloruri e di ossigeno.

I vari elementi che costituiscono le opere in progetto possono essere suddivisi in base alla classe di esposizione:

- Pavimentazioni: le pavimentazioni in calcestruzzo sono a q.ta +5.00 m s.l.m. o superiori e sono protette dal moto ondoso dai muri paraonde. Esse, pertanto, possono essere considerate in classe di esposizione XS1;
- Pozzetti, cunicoli, elementi prefabbricati in genere: gli elementi imbasati sotto q.ta +3.50 m si troveranno a contatto con un ambiente marino caratterizzato da alternanza di situazioni di asciutto e bagnato per tutta la vita di servizio e pertanto devono essere considerati in classe di esposizione XS3, quelli invece imbasati sopra q.ta +3.50 m s.l.m. possono essere considerati in classe di esposizione XS1.

12.4.2. Considerazioni conclusive

I requisiti di progetto adottati e la messa in atto di piani di monitoraggio e di manutenzione garantiscono la funzionalità dell'opera per tutta la vita di progetto considerata (100 anni) e la predispongono all'intervento per necessari ripristini periodici locali.