



Programma Operativo  
Complementare 2014/2020



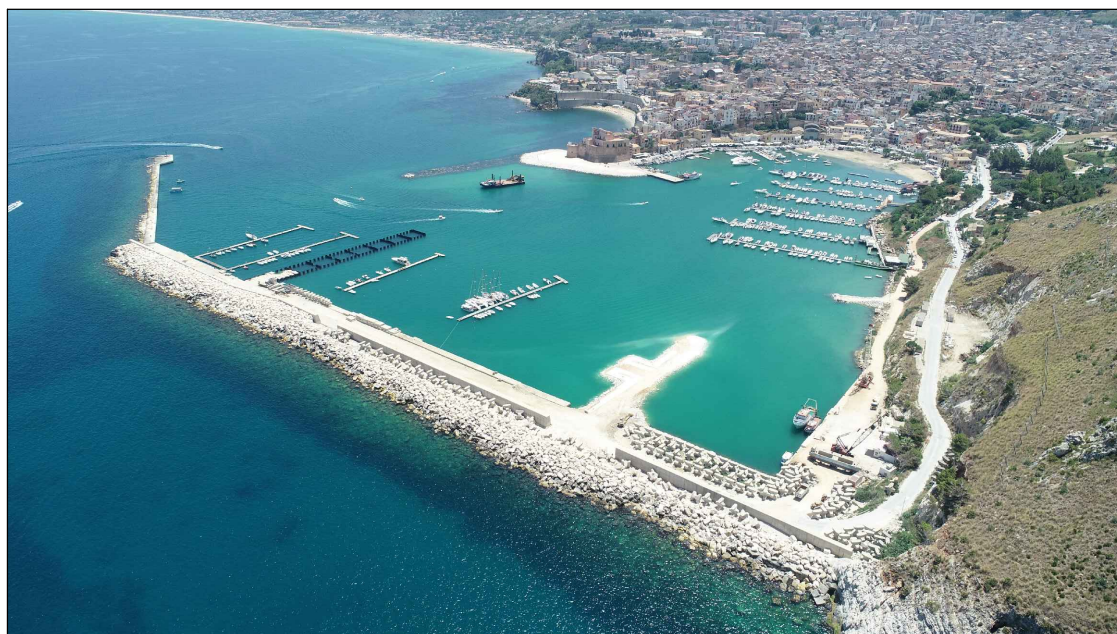
**REGIONE  
SICILIANA**

Assessorato regionale delle  
infrastrutture e della Mobilità



Repubblica Italiana

## Dipartimento delle Infrastrutture e della mobilità e dei trasporti Servizio 8 - Infrastrutture marittime e portuali



### POTENZIAMENTO DELLE OPERE MARITTIME ESISTENTI PER LA MESSA IN SICUREZZA E PROLUNGAMENTO DIGA FORANEA DEL PORTO DI CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP)

## PROGETTO DEFINITIVO

**R.T.P.**



**Il Progettista**

**Mada Engineering s.r.l.**  
Ing. Daniele D. Cianciolo  
a) civile e ambientale



**Gruppo di Progettazione**

Ing. Paolo Atzeni

Ing. Adamo Cali

Ing. Salvatore Torrisi

**Il RUP**

Geom. Giuseppe Bruno

*Dipartimento regionale delle  
infrastrutture, della  
Mobilità e dei Trasporti*

**Il Dirigente del Servizio 8**  
Arch. Carmelo Ricciardo

Titolo elaborato:

**RELAZIONE DI CALCOLO BANCHINA**

CODICE ELABORATO: 01_ED_RE_05		REVISIONE: <b>B</b>		SCALA: -	
B	EMISSIONE A SEGUITO DI RAPPORTO DI VERIFICA	GIUGNO 2021	S. TORRISI	P.ATZENI	D. CIANCIOLO
A	PRIMA EMISSIONE	FEBBRAIO 2021	S. TORRISI	P.ATZENI	D. CIANCIOLO
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**Relazione di calcolo banchina**

**INDICE**

1.	PREMESSA.....	5
2.	descrizione delle opere.....	5
2.1.	Banchina .....	6
3.	Normative di riferimento .....	8
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	8
4.1.	Calcestruzzi .....	8
4.2.	Acciaio d'armatura .....	10
5.	PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI .....	11
5.1.	Masse sismiche associate .....	12
5.2.	Parametri sismici.....	12
6.	CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI CALCOLO.....	14
6.1.	Metodi di verifica e considerazioni di progetto .....	14
6.2.	Criteri di modellazione strutturale .....	15
6.3.	Criteri di modellazione geotecnica .....	15
6.4.	Modalità di presentazione dei risultati e informazioni generali sull'elaborazione 18	
6.5.	Tipo di analisi svolta.....	18
6.6.	Discretizzazione della struttura .....	18
7.	Analisi dei carichi.....	21
7.1.	Condizioni di carico.....	21
7.2.	Combinazioni di carico.....	25
8.	Spostamenti per condizioni di carico .....	33
9.	Risultati delle verifiche STRUTTURALI .....	42
9.1.	Pali .....	42
9.2.	Cordoli.....	49
9.3.	Solettone .....	51

**Relazione di calcolo banchina**

10.	Risultati delle verifiche geotecniche .....	62
10.1.	Descrizione dei terreni.....	62
10.2.	Descrizione stratigrafia e falda .....	62
10.3.	Costante di Winkler .....	63
10.4.	Carichi agenti .....	63
10.5.	Normativa - Coefficienti di sicurezza .....	64
10.6.	Impostazioni di analisi .....	65
10.7.	Pali .....	65
10.8.	Risultati inviluppo .....	66
11.	Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2).....	68

Relazione di calcolo banchina

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Planimetria generale .....	5
Figura 2 – Sezione tipo .....	6
Figura 3 – Pianta impalcato tipologico .....	6
Figura 4 – Sezione impalcato tipologico.....	7
Figura 5 – Modello agli elementi finiti .....	19
Figura 6 – Vista estrusa .....	20
Figura 7 – Deformata struttura dovuta ai Pesi Propri (PP).....	33
Figura 8 – Deformata struttura dovuta ai carichi Permanenti Non Strutturali (PNS) .....	34
Figura 9 – Deformata struttura dovuta al carico da traffico (VT) .....	35
Figura 10 – Deformata struttura dovuta al carico da vento (VN).....	36
Figura 11 – Deformata struttura dovuta al carico da neve (NV).....	37
Figura 12 – Deformata struttura dovuta al carico della bitta lungo x (BTx) .....	38
Figura 13 – Deformata struttura dovuta al carico della bitta lungo y (BTy) .....	39
Figura 14 – Deformata struttura dovuta al carico della bitta a 45° (BTxy).....	40
Figura 15 – Deformata struttura dovuta al carico del parabordo (PB).....	41
Figura 16 – Verifica pali per sforzo normale.....	42
Figura 17 – Verifica pali per taglio lungo y .....	43
Figura 18 – Verifica pali per taglio lungo x .....	44
Figura 19 – Verifica pali per $M_y$ .....	45
Figura 20 – Verifica pali per $M_x$ .....	46
Figura 21 – Verifica pali per presso-flessione .....	47
Figura 22 – Verifica cordoli a taglio .....	49
Figura 23 – Verifica cordoli a momento flettente .....	49
Figura 24 – Verifica a flessione armatura superiore in direzione x .....	51
Figura 25 – Verifica a flessione armatura inferiore in direzione x .....	51
Figura 26 – Verifica a flessione armatura inferiore in direzione y .....	52

**Relazione di calcolo banchina**

Figura 27 – Verifica a flessione calcestruzzo (superiore).....	52
Figura 28 – Verifica calcestruzzo (inferiore).....	53
Figura 29 – Verifica a taglio.....	53

**INDICE DELLE TABELLE**

Tabella I – Casi di carico .....	26
Tabella II – Combinazioni di carico .....	26

## Relazione di calcolo banchina

### 1. PREMESSA

La presente relazione riguarda i calcoli di stabilità, anche sotto l'azione sismica, della banchina prevista nell'ambito della progettazione definitiva del progetto di "Potenziamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza e prolungamento diga foranea del porto di Castellammare del Golfo (TP)".

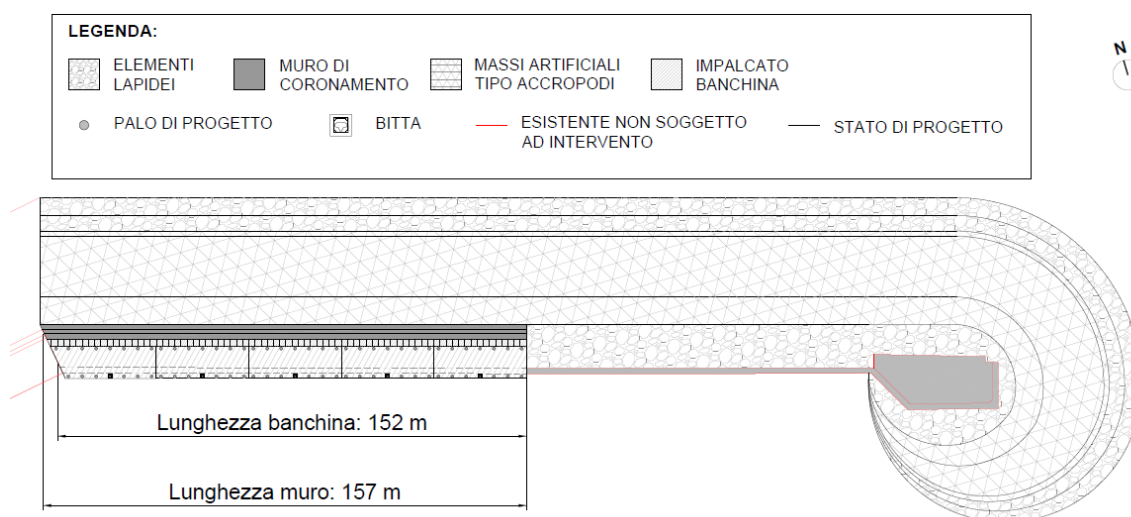
Le scelte progettuali sono state condotte in modo da definire opere sicure e di adeguata durata sulla base dei criteri di economicità e dei vincoli idraulici, strutturali, geotecnici, ambientali, paesaggistici e geomorfologici.

Le soluzioni adottate sono state esaminate con l'ausilio dei codici di calcolo (modelli matematici) idraulico-marittimo per verificarne le prestazioni in termini di protezione dal moto ondoso, tranquillità delle aree portuali nei confronti di venti e correnti, di navigabilità, e di inserimento ambientale.

### 2. DESCRIZIONE DELLE OPERE

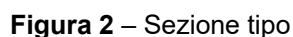
Il progetto prevede la realizzazione di un impalcato banchina fondato su pali avente lunghezza pari a 152 m e un muro di coronamento avente funzione di paraonde della lunghezza di 157 m. A tergo della struttura così composta e proseguendo per tutta l'estensione del molo foraneo, si prevede una scogliera lato mare costituita da massi naturali e da massi artificiali della tipologia Accropode™.

Nella figura successiva si riporta uno stralcio planimetrico della configurazione in progetto.

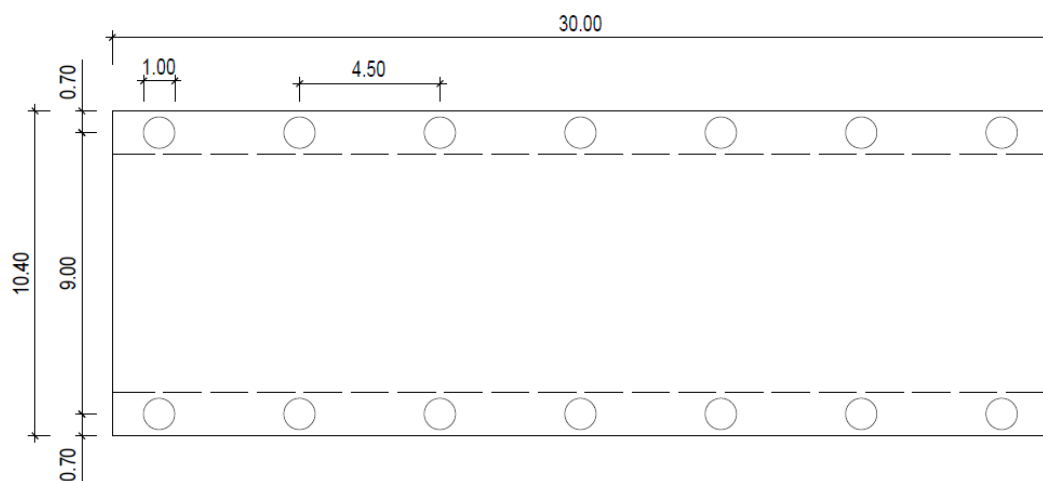


**Figura 1** – Planimetria generale

Nella successiva figura si riporta invece la sezione tipo nel tratto in corrispondenza della banchina e del muro di coronamento di nuova realizzazione.

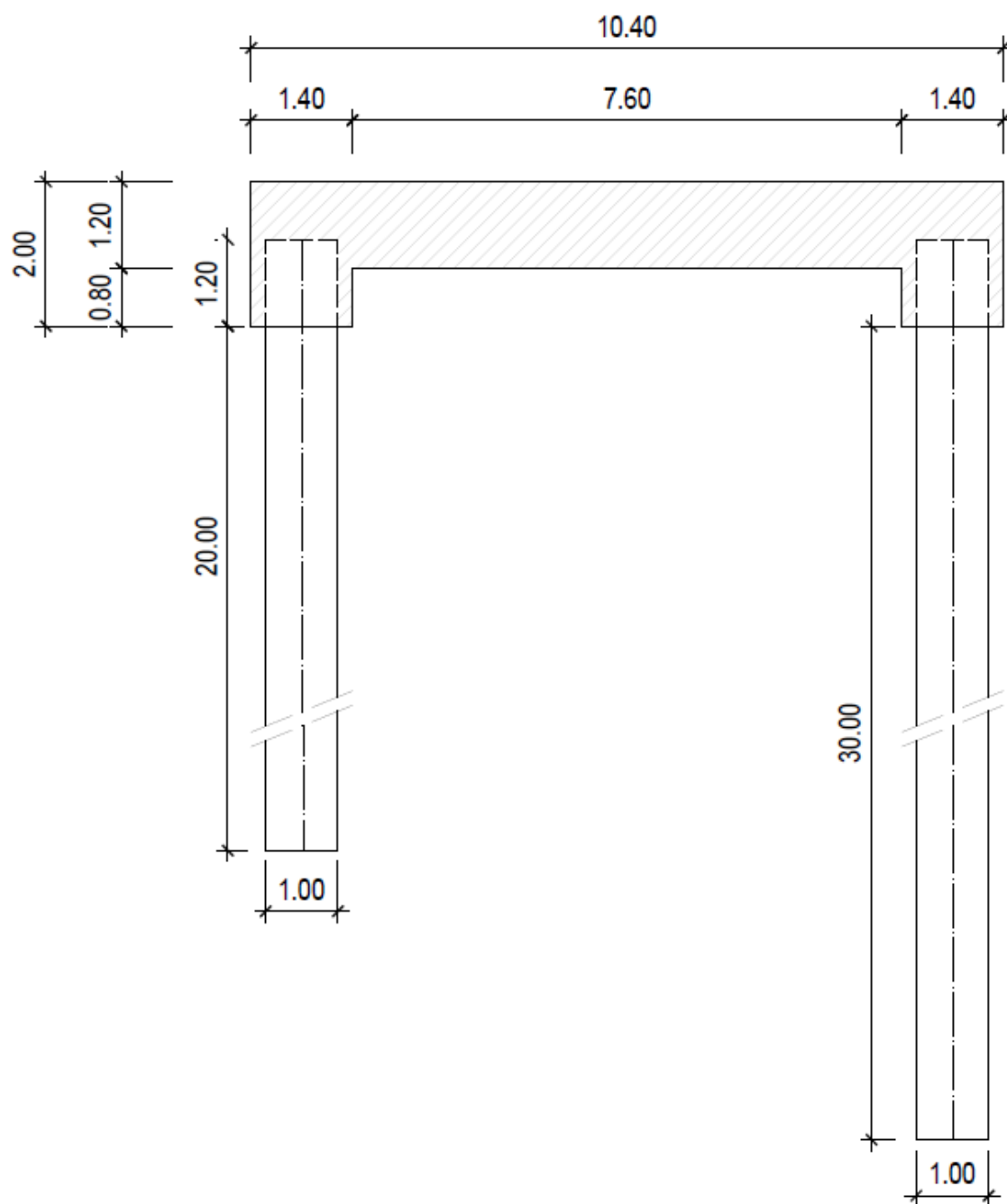


In corrispondenza del 4° palo della fila lato terra si prevede l'alloggiamento della bitta. Quella considerata resisterà per un tiro di 100 t.



**Figura 3 – Pianta impalcato tipologico**

Relazione di calcolo banchina



**Figura 4** – Sezione impalcato tipologico



Relazione di calcolo banchina

### 3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

**[1] Legge nr. 1086 del 05/11/1971.**

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

**[2] Legge nr. 64 del 02/02/1974.**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

**[3] Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)**

**[4] Circolare del 21/01/2019 n. 7**

Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 4.1. Calcestruzzi

CALCESTRUZZO PER CEMENTO ARMATO ORDINARIO - <i>Legami Costitutivi</i>		
Per classi di resistenza pari o inferiori a C50/60		
$\varepsilon_{c2} =$	0.200%	
$\varepsilon_{c3} =$	0.175%	
$\varepsilon_{c4} =$	0.070%	
$\varepsilon_{cu} =$	0.350%	

Caratteristiche Generali			
cl-res =	C35\45		Classe di Resistenza
cl-esp =	XS3		Classe di Esposizione
Cond. Ambientale =	Molto Aggressive		Condizioni Ambientali
Cemento =			Tipo di Cemento
Dosaggio =	400	kg/mc	Dosaggio del Cemento
Rapporto A/C =	0.45		Rapporto acqua / cemento
Cl max =		%	Contenuto massimo di cloruri
aggr max =	25	mm	Dimensione nominale massima degli Aggregati
res gelo =			Inerti resistenti al Gelo
Cons =	S4 - Fluida		Consistenza
c =	50	mm	Copriferro minimo
r =	40	mm	Ricoprimento minimo

Relazione di calcolo banchina

<b>Valori Caratteristici</b>			
$R_{ck} =$	45	MPa	Resistenza caratteristica cubica a compressione
$f_{ck} =$	37.35	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione
$f_{ctk,5\%} =$	2.35	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 5%
$f_{ctk,95\%} =$	4.36	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice - frattile 95%
$f_{cfk,5\%} =$	2.82	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 5%
$f_{cfk,95\%} =$	5.23	MPa	Resistenza caratteristica a trazione per flessione - frattile 95%
<b>Valori Medi</b>			
$f_{cm} =$	45.35	MPa	Resistenza media cilindrica a compressione
$f_{ctm} =$	3.35	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	4.023	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$E_{cm} =$	34625.4852	MPa	Modulo Elastico
<b>Resistenze di Calcolo - SLU</b>			
$\gamma_c =$	1.5		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata
<b>Resistenza di calcolo a compressione</b>			
$f_{cd} =$	21.17	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	16.93	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenza di calcolo a trazione</b>			
$f_{ctd} =$	1.56	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.25	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{cfd} =$	1.88	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cfd.sp<50} =$	1.50	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenze di Calcolo - Azioni Eccezionali</b>			
$\gamma_c =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$\alpha_c =$	0.85		Coefficiente per i carichi di lunga durata
<b>Resistenza di calcolo a compressione</b>			
$f_{cd} =$	31.75	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione
$f_{cd.sp<50} =$	25.40	MPa	Resistenza di Calcolo a compressione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm

Relazione di calcolo banchina

<u>Resistenza di calcolo a trazione</u>			
$f_{ctd} =$	2.35	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice
$f_{ctd.sp<50} =$	1.88	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione semplice ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
$f_{cfd} =$	2.82	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione pre flessione
$f_{cfd.sp<50} =$	2.25	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione per flessione ridotta per elementi piani con $Sp < 50$ mm
<b>Resistenze di Calcolo - SLE</b>			
$\sigma_c =$	22.41	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione rara
$\sigma_c =$	16.8075	MPa	tens. max calcestruzzo - combinazione quasi permanente
<b>Tensioni Ammissibili</b>			
$R_{ck} =$	45		Resistenza caratteristica cubica a compressione
$E_c =$	38237	MPa	Modulo Elastico
$\gamma_c =$	25	kN/m <sup>3</sup>	Peso Specifico
$f_{cd} =$	23.34375	MPa	Tensione di Snervamento
$\sigma_{amm\ c} =$	13.5	MPa	Tensione Ammissibile
$\tau_{c0} =$	0.800	MPa	t in assenza armatura a taglio
$\tau_{c1} =$	2.257	MPa	t in presenza di armatura a taglio
$n =$	15		Coff. Omogenizzazione

## 1.2 Acciaio d'armatura

<u>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C</u>			
Valori Caratteristici			
$f_{y.nom} =$	450	MPa	Valore nominale della tensione di snervamento
$f_{t.nom} =$	540	MPa	Valore nominale della tensione di rottura
$E_s =$	206000	MPa	Modulo Elastico
<u>Requisiti prescritti</u>			
$f_{yk.5\%} \geq$	$f_{y.nom}$	Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di snervamento (da prove su campioni in numero significativo)	
$f_{tk.5\%} \geq$	$f_{t.nom}$	Valore caratteristici con frattile 5% della tensione di rottura (da prove su campioni in numero significativo)	
$(f_y / f_{y.nom})_{k.10\%}$	$\leq 1.25$	Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di snervamento effettiva, riscontrata sulla barra, ed il relativo valore nominale	
$(f_t / f_y)_{k.10\%}$	$\geq 1.25$ $< 1.35$	Valore caratteristico con frattile del 10% del rapporto tra la tensione di rottura effettiva e la tensione di snervamento	
$(A_{gt})_{k.10\%}$	$\geq 7.5 \%$	Valore caratteristico con frattile 10% dell'allungamento al massimo sforzo	
$\phi < 12$ mm	4 $\phi$	Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza formazione di cricche:	
$12 \leq \phi \leq 16$ mm	5 $\phi$		
$16 < \phi \leq 25$ mm	8 $\phi$		
$25 < \phi \leq 40$ mm	10 $\phi$		

### Relazione di calcolo banchina

Resistenze di Calcolo – SLU			
$\gamma_s =$	1.15		Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio
$f_{yd} =$	391.30	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} =$	0.190%	MPa	Deformazione a snervamento per trazione
Resistenze di Calcolo - SLE			
$\gamma_s =$	1.00		Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo
$f_{yd} =$	450.00	MPa	Resistenza di Calcolo a trazione
$\epsilon_{yd} =$	0.218%		Deformazione a snervamento per trazione

## 5. PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI

Per il calcolo sismico dell'opera in esame si è fatto riferimento alle indicazioni del NTC 2018 che introducono il concetto di “*pericolosità sismica di base*” come elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Tale pericolosità è quella relativa a condizioni ideali di sito con superficie topografica orizzontale e terreno di tipo rigido (Categoria A).

Le indicazioni sulla pericolosità sismica di base dell'intero territorio nazionale è fornita dalla predetta normativa, in termini di:

- $a_g$  *accelerazione orizzontale massima del terreno;*
- $F_o$  *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*
- $T_c^*$  *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;*

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento con maglia di circa 10 km in cui è stato suddiviso l'intero territorio nazionale. Tali parametri sono forniti anche in funzione di ciascuno dei periodi di ritorno  $T_R$  considerati dalla pericolosità sismica; in particolare:

$$T_R = 30; 50; 72; 101; 140; 201; 475; 975 \text{ e } 2475 \text{ anni.}$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  è ricavabile mediante la relazione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

dove:

- $V_R$  Vita di riferimento per l'azione sismica
- $P_{V_R}$  Probabilità di superamento nel periodo di riferimento

### Relazione di calcolo banchina

Nel caso in cui la *pericolosità sismica* su *reticolo di riferimento* con contempra il periodo di ritorno  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e alla  $P_{V_R}$  fissate, il generico parametro caratterizzante la *pericolosità sismica di base* può essere ricavato mediante interpolazione logaritmica.

La vita di riferimento per l'azione sismica  $V_R$  è funzione della *Vita nominale della struttura*  $V_N$ , intesa come il numero di anni le quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo cui è destinata; e della *classe d'uso*  $C_U$  della stessa:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{V_R}$  è funzione dello stato limite considerato:

**Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato**

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

## 5.1. Masse sismiche associate

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai soli pesi propri e sovraccarichi permanenti.

## 5.2. Parametri sismici

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai soli pesi propri e sovraccarichi permanenti.

Nel caso in esame si è pertanto considerato:

Parametro	Valore	Descrizione	Rif. NTC18
Vita Nominale	$V_N = 100$ anni	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	§ 2.4.1
Classe d'uso	$C_U = IV$	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica	§ 2.4.2

Relazione di calcolo banchina

Parametro	Valore	Descrizione	Rif. NTC18
		per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.	
Coefficiente d'uso	$C_U = 2.0$ -		§ 2.4.3
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	$V_R = 200$ anni		§ 2.4.3
Smorzamento	$\xi = 5\%$		
Fattore di Struttura	$q = 1.5$		

Cui corrispondono:

Stato Limite			$P_{VR}$	$T_R$ [anni]
Stati Limite di Esercizio	SLO	Operatività	81%	120
	SLD	Danno	63%	201
Stati Limite Ultimi	SLV	Salvaguardia della Vita	10%	1898
	SLC	Collasso	5%	2475

\* per  $T_R > 2475$  anni si assume  $T_R = 2475$  come previsto dall'Allegato A delle NTC18

La pericolosità sismica di base così determinata viene poi tramutata in *risposta sismica locale*, mediante degli opportuni coefficienti di amplificazione. Essi apportano delle variazioni così da poter tener conto delle condizioni del sito di ubicazione dell'opera sia in termini di stratigrafia del sottosuolo che di morfologia della superficie.

In relazione alle modalità di calcolo dell'azione sismica secondo le NTC 2018, i parametri sismici ascrivibili al sito di ubicazione dell'opera (funzione tra l'altro proprio delle coordinate geografiche) sono riportati nella tabella seguente.

<b>OPERA:</b>	Banchina								
<b>COMUNE:</b>	Castellammare del Golfo								
<b>PROVINCIA:</b>	Trapani								
<b>LATITUDINE:</b>	38.0199								
<b>LONGITUDINE:</b>	12.8867								
<b>CATEGORIA SOTTOSUOLO:</b>	D	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.							
<b>CATEGORIA TOPOGRAFICA:</b>	T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$							
Stato Limite			$P_{VR}$	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T^*_C$ [s]	$S_S$	$S_T$
Stati Limite di Esercizio	SLO	Operatività	81%	120	0.054	2.438	0.267	1.80	1.00
	SLD	Danno	63%	201	0.067	2.453	0.284	1.80	1.00
Stati Limite Ultimi	SLV	Salvaguardia della Vita	10%	1898	0.154	2.558	0.339	1.80	1.00
	SLC	Collasso	5%	2475	0.169	2.576	0.345	1.75	1.00

\* per  $T_R > 2475$  anni si assume  $T_R = 2475$  come previsto dall'Allegato A delle NTC18

### Relazione di calcolo banchina

In cui si è distinto tra i 4 differenti stati limite introdotti dalla normativa di riferimento, due *Stati Limite di Esercizio*:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

e due *Stati Limite Ultimi*:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

## 6. CRITERI DI PROGETTAZIONE E DI CALCOLO

### 6.1. Metodi di verifica e considerazioni di progetto

Le analisi e le verifiche strutturali sull'opera in esame sono state condotte nel pieno rispetto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni adottando, di conseguenza, un approccio di calcolo di tipo prestazionale basato sul ricorso del *Metodo degli Stati Limite*, espresso formalmente dalla seguente disequazione:

$$R_d > E_d$$

dove  $R_d$  è la resistenza di progetto ed  $E_d$  è il valore di progetto dell'effetto delle azioni, e sulle nuove modalità di calcolo delle *Azioni Sismiche*. In particolare queste ultime risultano funzione di vari parametri così sintetizzabili:

- *Prestazioni attese per l'opera*, intese in termini di Stati Limite secondo cui effettuare la verifica ed anche in termini di *Vita Nominale della Struttura*  $V_N$ , intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla

### Relazione di calcolo banchina

manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo cui è destinata.

- *Classe d'uso della costruzione* parametro che tiene conto del grado di affollamento cui può essere soggetta la struttura nel corso della sua vita.
- *Micro zonazione sismica*. Viene superato l'obsoleto concetto di zona sismica così da condurre la valutazione delle azioni sismiche di progetto a dei parametri di pericolosità sismica locali, determinabili in funzione delle precise coordinate geografiche di ubicazione dell'opera in base ai valori forniti dalla normativa stessa.
- *Caratteristiche Geomorfologiche e topografiche* del sito di ubicazione dell'opera mediante opportuni coefficienti correttivi.

## 6.2. Criteri di modellazione strutturale

È stata eseguita una Analisi Lineare della struttura condotta con l'ausilio del noto programma agli elementi finiti MIDAS GEN. La struttura è stata schematizzata mediante elementi *beam* e *plate*.

## 6.3. Criteri di modellazione geotecnica

È stata eseguita una Analisi Lineare della struttura condotta con l'ausilio del noto programma *API Full* della *Aztec informatica*. L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Per le strutture di fondazione il terreno viene modellato con una serie di molle alla Winkler non reagenti a trazione. Il calcolo delle tensioni indotte nel terreno può essere condotto con i metodi di Boussinesq, Westergaard o Frohlich. Il calcolo dei cedimenti può essere eseguito con il metodo edometrico (con il modulo edometrico o con la curva edometrica) o elastico. Il calcolo della portanza può essere fatto con i metodi di Terzaghi, Meyerhof, Hansen o Vesic.

In presenza di pali viene eseguito il calcolo di portanza verticale (di punta e laterale) e trasversale (portanza per carichi orizzontali).

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.



## Relazione di calcolo banchina

### 6.3.1. Analisi dei pali

Per l'analisi della capacità portante dei pali occorre determinare alcune caratteristiche del terreno in cui si va ad operare. In particolare bisogna conoscere l'angolo d'attrito  $\phi$  e la coesione  $c$ . Per pali soggetti a carichi trasversali è necessario conoscere il modulo di reazione laterale o il modulo elastico laterale.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portata di base (o di punta) e portata per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

$Q_T$  portanza totale del palo

$Q_P$  portanza di base del palo

$Q_L$  portanza per attrito laterale del palo

$W_P$  peso proprio del palo

e le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro.

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando il coefficiente di sicurezza della portanza alla punta  $\eta_p$  ed il coefficiente di sicurezza della portanza per attrito laterale  $\eta_l$ .

Palo compresso:

$$Q_A = Q_P / \eta_p + Q_L / \eta_l - W_P$$

Palo teso:

$$Q_A = Q_L / \eta_l + W_P$$

### Capacità portante di punta

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P(cN'_c + qN'_q)$$

dove  $A_P$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q$  è la pressione geostatica alla quota della punta del palo,  $\gamma$  è il peso di volume del terreno,  $D$  è il diametro del palo ed i coefficienti  $N'_c$   $N'_q$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di forma e di profondità. Possono essere utilizzati sia i coefficienti di Hansen che quelli di Vesic con i corrispondenti fattori correttivi per la profondità e la forma.

### Relazione di calcolo banchina

Il parametro  $\eta$  che compare nell'espressione assume il valore:

$$\eta = \frac{1 + 2K_0}{3}$$

quando si usa la formula di Vesic e viene posto uguale ad 1 per le altre formule.

$K_0$  rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che può essere espresso come:

$$K_0 = 1 - \sin\phi.$$

### Capacità portante per resistenza laterale

La resistenza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limite:

$$Q_L = \int \tau_a dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla relazione di Coulomb

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \tan\delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno,  $\gamma$  è il peso di volume del terreno,  $z$  è la generica quota a partire dalla testa del palo,  $L$  e  $P$  sono rispettivamente la lunghezza ed il perimetro del palo,  $K_s$  è il coefficiente di spinta che dipende dalle caratteristiche meccaniche e fisiche del terreno dal suo stato di addensamento e dalle modalità di realizzazione del palo.

### Portanza trasversale dei pali - Analisi ad elementi finiti

Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante elastica  $K$  espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm.

Il palo viene suddiviso in un certo numero di elementi di eguale lunghezza. Ogni elemento è caratterizzato da una sezione avente area ed inerzia coincidente con quella del palo.

Il terreno viene schematizzato come una serie di molle orizzontali che reagiscono agli spostamenti nei due versi. La rigidezza assiale della singola molla è proporzionale alla costante di Winkler orizzontale del terreno, al diametro del palo ed alla lunghezza dell'elemento. La molla, però, non viene vista come un elemento infinitamente elastico ma come un elemento con comportamento del tipo elastoplastico perfetto (diagramma sforzi-deformazioni di tipo bilatero). Essa presenta una resistenza crescente al crescere degli spostamenti fino a che l'entità degli spostamenti si mantiene al di sotto di un certo spostamento limite,  $X_{\max}$  oppure fino a quando non si raggiunge il valore della pressione limite. Superato tale limite non si ha un incremento di resistenza. È evidente che

### Relazione di calcolo banchina

assumendo un comportamento di questo tipo ci si addentra in un tipico problema non lineare che viene risolto mediante una analisi al passo.

#### 6.4. Modalità di presentazione dei risultati e informazioni generali sull'elaborazione

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Oltre il modello geometrico e meccanico assunto, è stato riportato l'esito dell'elaborazione, sintetizzato in disegni e schemi grafici contenenti, almeno per le parti più significative della struttura, le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione, i diagrammi di involuppo associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari.

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

#### 6.5. Tipo di analisi svolta

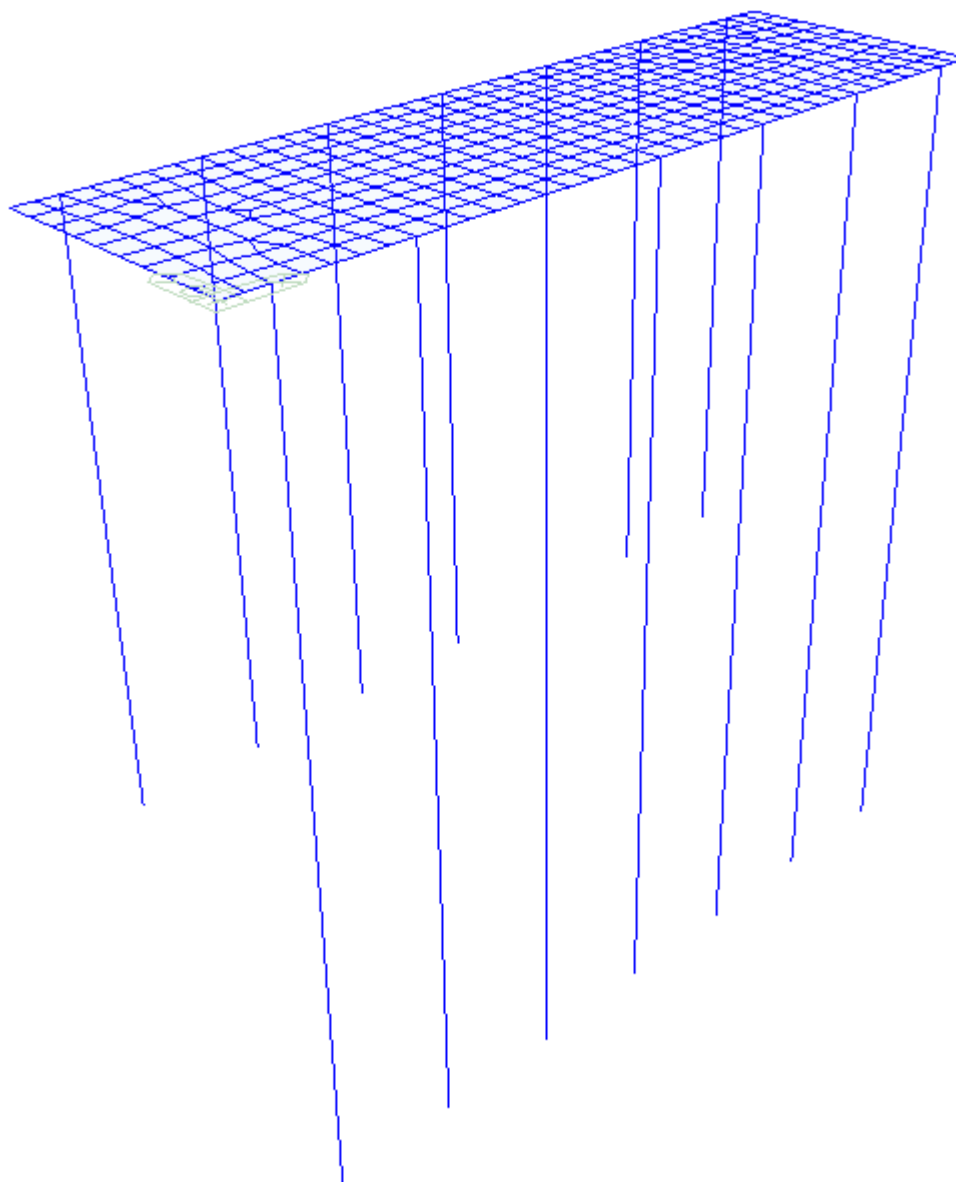
Le analisi statiche generali della struttura sono state eseguite facendo ricorso ad un modello numerico spaziale con elaborazione a mezzo di programmi di calcolo automatico FEM.

L'analisi svolta è di tipo dinamica lineare, determinando i modi di vibrare della struttura e gli effetti dell'azione sismica, e successivamente la combinazione di questi effetti, così come previsto dalle NTC/18.

#### 6.6. Discretizzazione della struttura

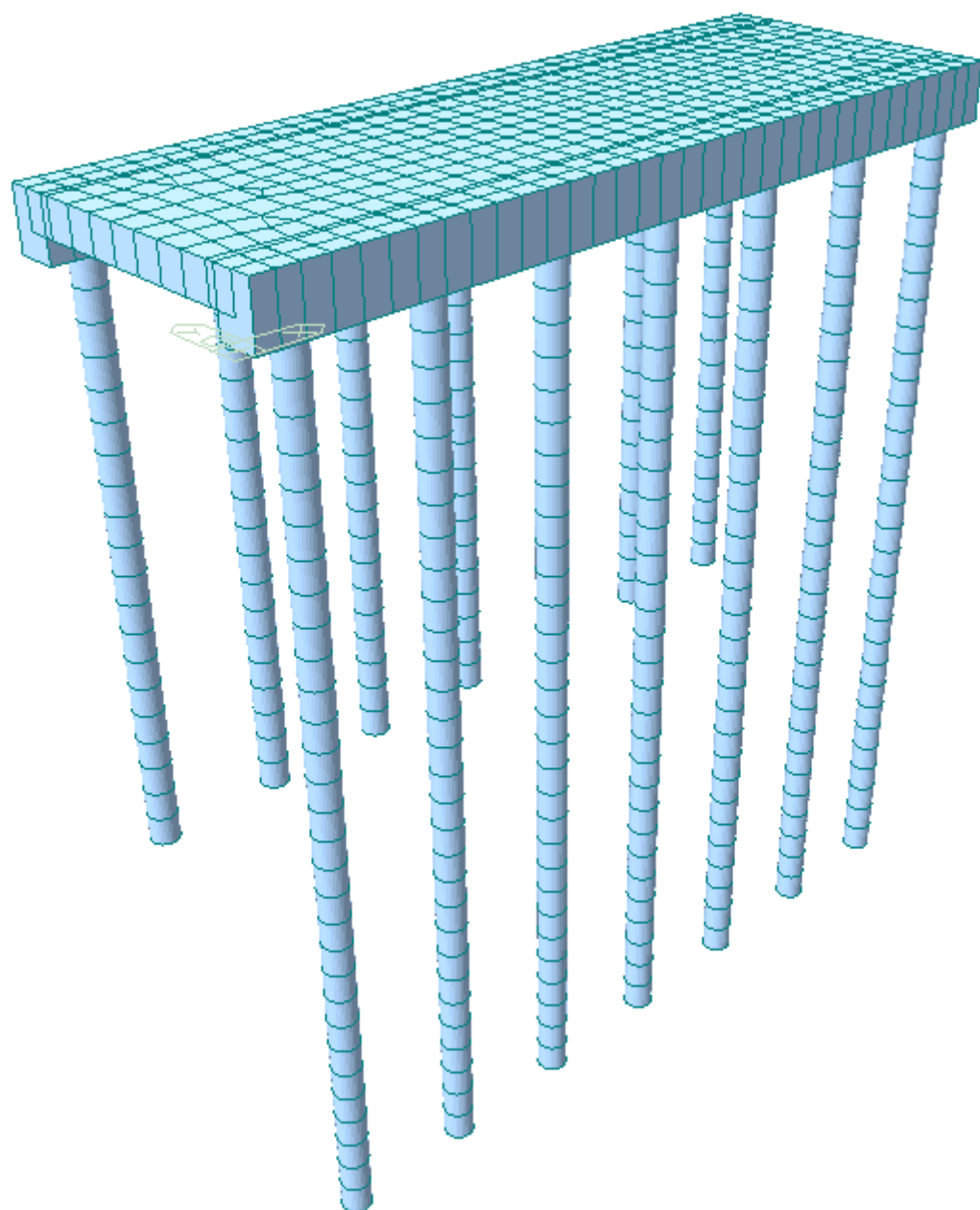
La struttura è stata discretizzata ricorrendo ad elementi finiti monodimensionali di tipo *Beams* e tridimensionali di tipo *Shell*.

**Relazione di calcolo banchina**



**Figura 5** – Modello agli elementi finiti

Relazione di calcolo banchina



**Figura 6** – Vista estrusa

## 7. ANALISI DEI CARICHI

### 7.1. Condizioni di carico

Le azioni di progetto, in accordo con quanto previsto dalle NTC 2018, vengono di seguito delineate.

#### 7.1.1. Peso proprio della struttura (G1)

Il peso proprio della struttura è stato computato in automatico dal codice di calcolo utilizzato.

#### 7.1.2. Carichi permanenti non strutturali (G2)

Si è considerato il peso dato dal pacchetto della pavimentazione stradale, valutato  $1.70 \text{ kN/m}^2$ .

#### 7.1.3. Azione del traffico (Q1)

Nella banchina non si prevede una grande affluenza di veicoli, per tale ragione si è considerato un carico uniformemente distribuito di  $20 \text{ kN/m}^2$ .

#### 7.1.4. Azione del vento (Q2)

Per il calcolo dell'azione del vento si è fatto riferimento ai dettami del paragrafo 3.3 delle NTC 18.

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$
4	28	500	0.36
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			2
$T_R$ (Tempo di ritorno)			100
$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad c_a = 1 \text{ per } a_s \leq a_0$			
$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$			
$c_a = 1$		$v_b$ [m/s] = 28.000	
$v_r = v_b \cdot c_r$		$c_r = 0,75 \cdot \{1 - 0,2 \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T_r)]\}^{0,5}$	
$c_r = 1.03924$		$v_r$ [m/s] = 29.099	

$p$  (pressione del vento [N/mq]) =  $q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$

$q_r$  (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$c_e$  (coefficiente di esposizione)

$c_p$  (coefficiente di pressione)

$c_d$  (coefficiente dinamico)



## Relazione di calcolo banchina

### Pressione cinetica di riferimento

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_r$ [N/mq]	529.21
--------------	--------

### Coefficiente di pressione

Esso dipende dalla tipologia e dalla geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

### Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

### Coefficiente di esposizione

### Classe di rugosità del terreno

D) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa)

### Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1.5 km	0.5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

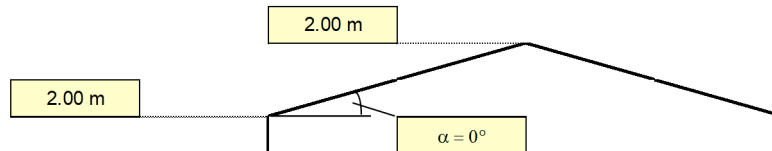
Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
4	D	2

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]	$c_t$
I	0.17	0.01	2	1

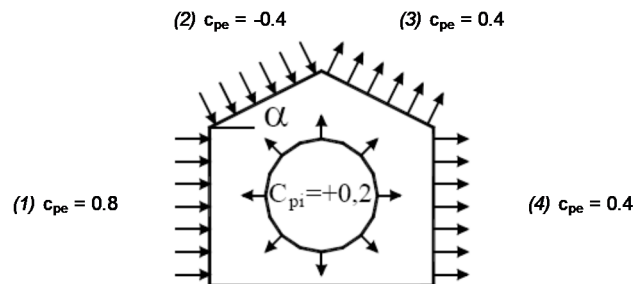
$z$ [m]	$c_e$
$z \leq 2$	1.883
$z = 2$	1.883
$z = 2$	1.883



### Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

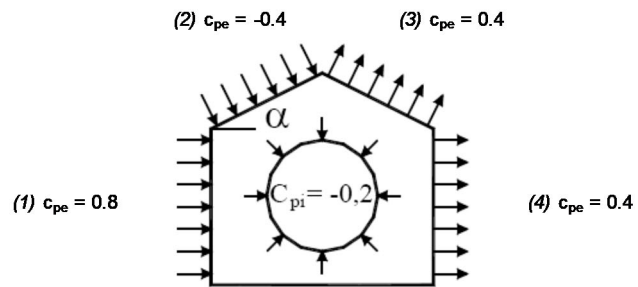
Strutture non stagne

(1)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0.60	0.598
(2)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	-0.60	-0.598
(3)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0.60	0.598
(4)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0.60	0.598



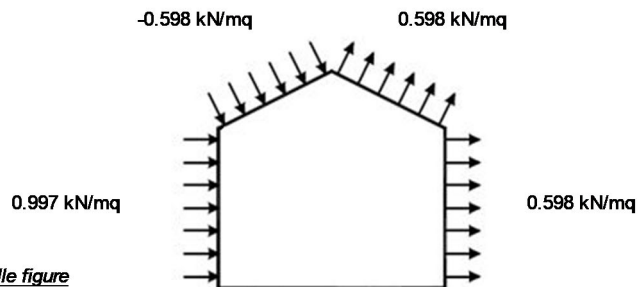
### Relazione di calcolo banchina

(1)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	1.00	0.997
(2)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	-0.20	-0.199
(3)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0.20	0.199
(4)	$c_p$	$p$ [kN/mq]
	0.20	0.199



Combinazione più sfavorevole:

	$p$ [kN/mq]
(1)	0.997
(2)	-0.598
(3)	0.598
(4)	0.598



**N.B.** Se  $p$  (o  $c_{pe}$ ) è  $> 0$  il verso è concorde con le frecce delle figure

### 7.1.5. Carico da neve (Q3)

	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50$ kN/mq	$a_s \leq 200$ m
		$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2]$ kN/mq	$a_s > 200$ m
	<b>Zona I - Mediterranea</b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza, Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50$ kN/mq	$a_s \leq 200$ m
		$q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2]$ kN/mq	$a_s > 200$ m
	<b>Zona II</b> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00$ kN/mq	$a_s \leq 200$ m
		$q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2]$ kN/mq	$a_s > 200$ m
	<b>Zona III</b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60$ kN/mq	$a_s \leq 200$ m
		$q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2]$ kN/mq	$a_s > 200$ m



## Relazione di calcolo banchina

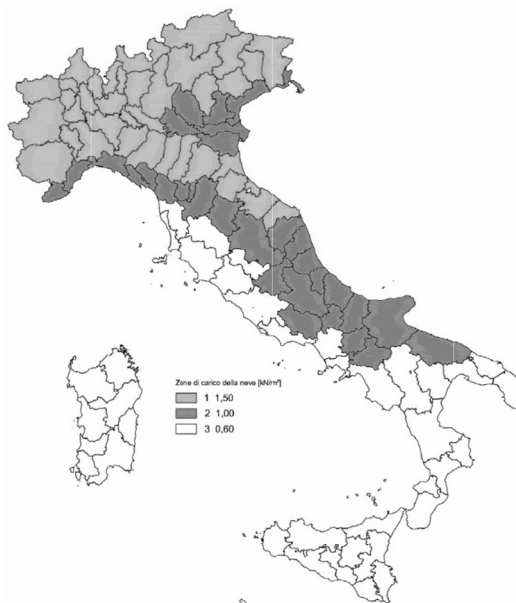
$q_s$  (carico neve sulla copertura [N/mq]) =  $q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$   
 $q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])  
 $\mu_i$  (coefficiente di forma)  
 $C_E$  (coefficiente di esposizione)  
 $C_t$  (coefficiente termico)

### Valore caratteristico della neve al suolo

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	2
$q_{sk}$ (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	0.60

### Coefficiente termico

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .



### Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	$C_E$
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

### Valore del carico della neve al suolo

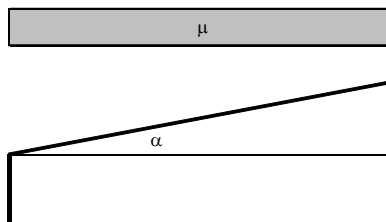
$q_s$ (carico della neve al suolo [kN/mq])	0.60
--	------

### Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

$\alpha$ (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

$\mu$	0.8
-------	-----

0.480 kN/mq

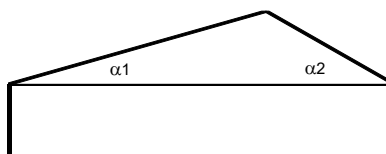
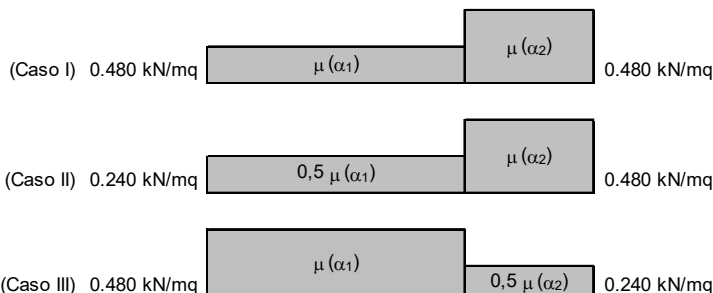


### Coefficiente di forma (copertura a due falde)

$\alpha_1$ (inclinazione falda [°])	0
$\alpha_2$ (inclinazione falda [°])	0

$\mu(\alpha_1)$	0.8
-----------------	-----

$\mu(\alpha_2)$	0.8
-----------------	-----



## Relazione di calcolo banchina

### 7.1.6. Carico bitte (Q4)

Si sono considerate bitte da 100 t, quindi un carico applicato in corrispondenza del palo 4 della fila lato terra di 1000 kN.

### 7.1.7. Carico parabordi (Q5)

Si sono considerate parabordi da 100 t, quindi un carico applicato in corrispondenza del palo 4 della fila lato terra di 1000 kN. Tale carico viene considerato una volta interamente lungo la direzione x, una su y ed un'altra a 45°.

### 7.1.8. Azioni sismiche (E)

Si è condotta un'analisi modale al fine di considerare correttamente gli effetti dovuti al carico sismico.

## 7.2. Combinazioni di carico

L'analisi e le verifiche strutturali sono state sviluppate tramite il metodo degli Stati Limite considerando le combinazioni delle azioni elementari definite nel §2.5.3 del NTC/08 e di seguito riportate:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Relazione di calcolo banchina

Tabella I – Casi di carico

No	Name	Type	Description
1	PP	Dead Load (D)	Peso proprio
2	PNS	Dead Load (D)	Pesi non strutturali
3	VT	Dead Load (D)	Variabile traffico
4	VN	Wind Load on Structure (W)	Vento
5	NV	Snow Load (S)	Neve
6	BTx	Dead Load (D)	Carico bitte su x
7	BTy	Dead Load (D)	Carico bitte su y
8	BTxy	Dead Load (D)	Carico bitte 45°
9	PB	Dead Load (D)	Carico parabordi

Tabella II – Combinazioni di carico

```

+-----+
| MIDAS(Modeling, Integrated Design & Analysis Software) |
| midas Gen - Load Combinations                          |
|                                                         |
|                                                         |
|                                                         |
| MIDAS Information Technology Co.,Ltd. (MIDAS IT)        |
| Gen 2021                                                  |
+-----+

```

-----  
DESIGN TYPE : General  
-----

LIST OF LOAD COMBINATIONS

```

=====
NUM  NAME          ACTIVE          TYPE          LOADCASE(FACTOR) +          LOADCASE(FACTOR)
=====
1    SLU_VT_BTxx   Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.500)
+          VN( 0.900) +          NV( 0.750) +          BTxx( 0.900)
-----
2    SLU_VT_BTyy   Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.500)
+          VN( 0.900) +          NV( 0.750) +          BTyy( 0.900)
-----
3    SLU_VT_BTxy   Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.500)
+          VN( 0.900) +          NV( 0.750) +          BTxy( 0.900)
-----
4    SLU_VT_PB     Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.500)
+          VN( 0.900) +          NV( 0.750) +          PB( 0.900)
-----
5    SLU_VN_BTxx   Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.050)
+          VN( 1.500) +          NV( 0.750) +          BTxx( 0.900)
-----
6    SLU_VN_BTyy   Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.050)
+          VN( 1.500) +          NV( 0.750) +          BTyy( 0.900)
-----
7    SLU_VN_BTxy   Active          Add          PP( 1.300) +          PNS( 1.500) +          VT( 1.050)
+          VN( 1.500) +          NV( 0.750) +          BTxy( 0.900)
=====

```

Relazione di calcolo banchina

8	SLU_VN_PB	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 1.500) +		NV( 0.750) +	PB( 0.900)
9	SLU_NV_BTx	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 1.500) +	BTx( 0.900)
10	SLU_NV_BTy	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 1.500) +	BTy( 0.900)
11	SLU_NV_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 1.500) +	BTxy( 0.900)
12	SLU_NV_PB	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 1.500) +	PB( 0.900)
13	SLU_BTx	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 0.750) +	BTx( 1.500)
14	SLU_BTy	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 0.750) +	BTy( 1.500)
15	SLU_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 0.750) +	BTxy( 1.500)
16	SLU_PB	Active	Add		
		PP( 1.300) +		PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
+		VN( 0.900) +		NV( 0.750) +	PB( 1.500)
17	SLEcr_VT_BTx	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 1.000)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	BTx( 0.600)
18	SLEcr_VT_BTy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 1.000)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	BTy( 0.600)
19	SLEcr_VT_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 1.000)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	BTxy( 0.600)
20	SLEcr_VT_PB	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 1.000)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	PB( 0.500)
21	SLEcr_VN_BTx	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 1.000) +		NV( 0.500) +	BTx( 0.600)
22	SLEcr_VN_BTy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 1.000) +		NV( 0.500) +	BTy( 0.600)
23	SLEcr_VN_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 1.000) +		NV( 0.500) +	BTxy( 0.600)
24	SLEcr_VN_PB	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 1.000) +		NV( 0.500) +	PB( 0.600)

Relazione di calcolo banchina

25	SLEcr_NV_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 1.000) +	BTxy( 0.600)
26	SLEcr_NV_BTy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 1.000) +	BTy( 0.600)
27	SLEcr_NV_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 1.000) +	BTxy( 0.600)
28	SLEcr_NV_PB	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 1.000) +	PB( 0.600)
29	SLEcr_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	BTxy( 1.000)
30	SLEcr_BTy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	BTy( 1.000)
31	SLEcr_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	BTxy( 1.000)
32	SLEcr_PB	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.700)
+		VN( 0.600) +		NV( 0.500) +	PB( 1.000)
33	SLEf_VT	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VT( 0.750)
34	SLEf_VN_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		BTxy( 0.200)			
35	SLEf_VN_BTy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		BTy( 0.200)			
36	SLEf_VN_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		BTxy( 0.200)			
37	SLEf_VN_PB	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		PB( 0.200)			
38	SLEf_NV	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	NV( 0.200)
39	SLEf_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		BTxy( 1.000)			
40	SLEf_BTy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		BTy( 1.000)			
41	SLEf_BTxy	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		BTxy( 1.000)			
42	SLEf_PB	Active	Add		
		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	VN( 0.200)
+		PB( 1.000)			

Relazione di calcolo banchina

43	SLEqp	Active PP( 1.000) +	Add PNS( 1.000)	
44	SLVx+++ +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x( 1.000)
45	SLVx++ +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x( 1.000)
46	SLVx+- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x( 1.000)
47	SLVx-- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x( 1.000)
48	SLVx-+- +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x(-1.000)
49	SLVx-- +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x(-1.000)
50	SLVx--- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x(-1.000)
51	SLVx--- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x(-1.000)
52	SLVy+++ +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x( 0.300)
53	SLVy++ +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x( 0.300)
54	SLVy+- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x( 0.300)
55	SLVy-- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x( 0.300)
56	SLVy-+- +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x(-0.300)
57	SLVy-- +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x(-0.300)
58	SLVy--- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 0.300)	SLV_x(-0.300)
59	SLVy--- +	Active PP( 1.000) + SLV_y(-1.000) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v(-0.300)	SLV_x(-0.300)
60	SLVv+++ +	Active PP( 1.000) + SLV_y( 0.300) +	Add PNS( 1.000) + SLV_v( 1.000)	SLV_x( 0.300)

Relazione di calcolo banchina

61	SLVv++-	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x( 0.300)
		SLV_y( 0.300) +		SLV_v(-1.000)	
62	SLVv++-	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x( 0.300)
		SLV_y(-0.300) +		SLV_v( 1.000)	
63	SLVv---	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x( 0.300)
		SLV_y(-0.300) +		SLV_v(-1.000)	
64	SLVv++-	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x(-0.300)
		SLV_y( 0.300) +		SLV_v( 1.000)	
65	SLVv++-	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x(-0.300)
		SLV_y( 0.300) +		SLV_v(-1.000)	
66	SLVv---+	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x(-0.300)
		SLV_y(-0.300) +		SLV_v( 1.000)	
67	SLVv---	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLV_x(-0.300)
		SLV_y(-0.300) +		SLV_v(-1.000)	
68	SLDx+++	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x( 1.000)
		SLD_y( 0.300) +		SLD_v( 0.300)	
69	SLDx+++	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x( 1.000)
		SLD_y( 0.300) +		SLD_v(-0.300)	
70	SLDx+++	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x( 1.000)
		SLD_y(-0.300) +		SLD_v( 0.300)	
71	SLDx---	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x( 1.000)
		SLD_y(-0.300) +		SLD_v(-0.300)	
72	SLDx++-	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x(-1.000)
		SLD_y( 0.300) +		SLD_v( 0.300)	
73	SLDx--+	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x(-1.000)
		SLD_y( 0.300) +		SLD_v(-0.300)	
74	SLDx--+	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x(-1.000)
		SLD_y(-0.300) +		SLD_v( 0.300)	
75	SLDx---	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x(-1.000)
		SLD_y(-0.300) +		SLD_v(-0.300)	
76	SLDy+++	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x( 0.300)
		SLD_y( 1.000) +		SLD_v( 0.300)	
77	SLDy+++	Active	Add		
+		PP( 1.000) +		PNS( 1.000) +	SLD_x( 0.300)
		SLD_y( 1.000) +		SLD_v(-0.300)	



Relazione di calcolo banchina

78	SLDy++	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-1.000) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 0.300)	SLD_x( 0.300)
79	SLDy--	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-1.000) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-0.300)	SLD_x( 0.300)
80	SLDy++	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y( 1.000) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 0.300)	SLD_x(-0.300)
81	SLDy--	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y( 1.000) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-0.300)	SLD_x(-0.300)
82	SLDy--	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-1.000) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 0.300)	SLD_x(-0.300)
83	SLDy---	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-1.000) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-0.300)	SLD_x(-0.300)
84	SLDv+++	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y( 0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 1.000)	SLD_x( 0.300)
85	SLDv++	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y( 0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-1.000)	SLD_x( 0.300)
86	SLDv++	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 1.000)	SLD_x( 0.300)
87	SLDv--	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-1.000)	SLD_x( 0.300)
88	SLDv++	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y( 0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 1.000)	SLD_x(-0.300)
89	SLDv--	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y( 0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-1.000)	SLD_x(-0.300)
90	SLDv--	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v( 1.000)	SLD_x(-0.300)
91	SLDv---	Active	Add		
	+	PP( 1.000) + SLD_y(-0.300) +		PNS( 1.000) + SLD_v(-1.000)	SLD_x(-0.300)
92	INV_SLU	Active	Envelope		
	+	SLU_VT_BTx( 1.000) +	SLU_VT_BTy( 1.000) +	SLU_VT_BTxy( 1.000)	
	+	SLU_VT_PB( 1.000) +	SLU_VN_BTx( 1.000) +	SLU_VN_BTy( 1.000)	
	+	SLU_VN_BTxy( 1.000) +	SLU_VN_PB( 1.000) +	SLU_NV_BTx( 1.000)	
	+	SLU_NV_BTy( 1.000) +	SLU_NV_BTxy( 1.000) +	SLU_NV_PB( 1.000)	
	+	SLU_BTx( 1.000) +	SLU_BTy( 1.000) +	SLU_BTxy( 1.000)	
	+	SLU_PB( 1.000)			



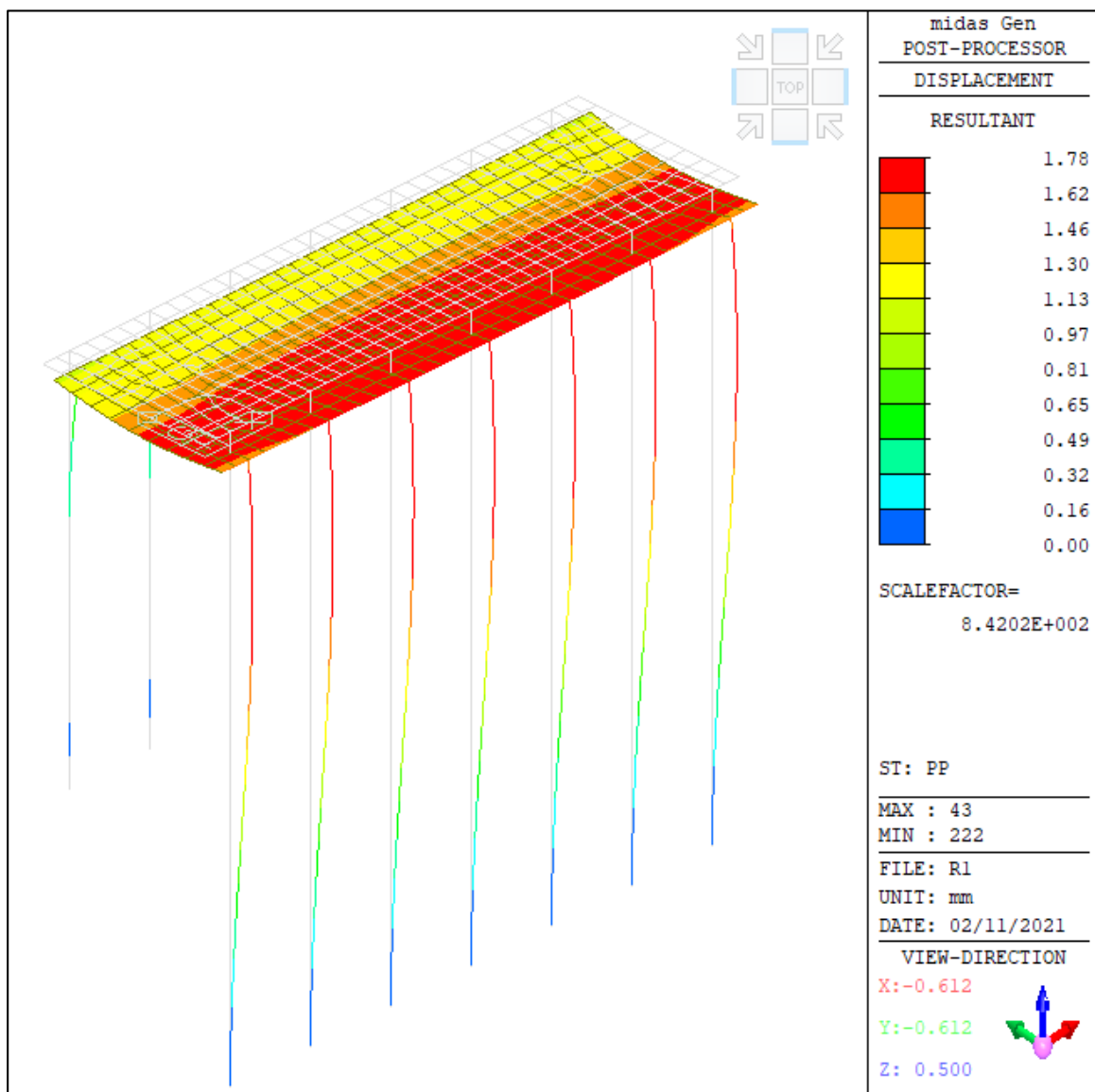
Relazione di calcolo banchina

93	INV_SLV	Active	Envelope	
		SLVx+++ ( 1.000) +	SLVx++- ( 1.000) +	SLVx++- ( 1.000)
+		SLVx+-- ( 1.000) +	SLVx+++ ( 1.000) +	SLVx+-- ( 1.000)
+		SLVx--- ( 1.000) +	SLVx--- ( 1.000) +	SLVx--- ( 1.000)
+		SLVy+++ ( 1.000) +	SLVy+++ ( 1.000) +	SLVy+++ ( 1.000)
+		SLVy++- ( 1.000) +	SLVy++- ( 1.000) +	SLVy++- ( 1.000)
+		SLVy+-+ ( 1.000) +	SLVy+-+ ( 1.000) +	SLVy+-+ ( 1.000)
+		SLVy--- ( 1.000) +	SLVy--- ( 1.000) +	SLVy--- ( 1.000)
+		SLVv+++ ( 1.000) +	SLVv+++ ( 1.000) +	SLVv+++ ( 1.000)
+		SLVv++- ( 1.000) +	SLVv++- ( 1.000) +	SLVv++- ( 1.000)
+		SLVv+-+ ( 1.000) +	SLVv+-+ ( 1.000) +	SLVv+-+ ( 1.000)
+		SLVv--- ( 1.000) +	SLVv--- ( 1.000) +	SLVv--- ( 1.000)
94	INV_SLE	Active	Envelope	
		SLEcr_VT_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_VT_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_VT_BTxy ( 1.000)
+		SLEcr_VT_PB ( 1.000) +	SLEcr_VN_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_VN_BTxy ( 1.000)
+		SLEcr_VN_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_VN_PB ( 1.000) +	SLEcr_NV_BTxy ( 1.000)
+		SLEcr_NV_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_NV_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_NV_PB ( 1.000)
+		SLEcr_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_BTxy ( 1.000) +	SLEcr_BTxy ( 1.000)
+		SLEcr_PB ( 1.000) +	SLEf_VT ( 1.000) +	SLEf_VN_BTxy ( 1.000)
+		SLEf_VN_BTxy ( 1.000) +	SLEf_VN_BTxy ( 1.000) +	SLEf_VN_PB ( 1.000)
+		SLEf_NV ( 1.000) +	SLEf_BTxy ( 1.000) +	SLEf_BTxy ( 1.000)
+		SLEf_BTxy ( 1.000) +	SLEf_PB ( 1.000) +	SLEq ( 1.000)
95	INV_SLD	Active	Envelope	
		SLDx+++ ( 1.000) +	SLDx++- ( 1.000) +	SLDx++- ( 1.000)
+		SLDx+-- ( 1.000) +	SLDx+++ ( 1.000) +	SLDx+-- ( 1.000)
+		SLDx--- ( 1.000) +	SLDx--- ( 1.000) +	SLDx--- ( 1.000)
+		SLDy+++ ( 1.000) +	SLDy+++ ( 1.000) +	SLDy+++ ( 1.000)
+		SLDy++- ( 1.000) +	SLDy++- ( 1.000) +	SLDy++- ( 1.000)
+		SLDy+-+ ( 1.000) +	SLDy+-+ ( 1.000) +	SLDy+-+ ( 1.000)
+		SLDy--- ( 1.000) +	SLDy--- ( 1.000) +	SLDy--- ( 1.000)
+		SLDv+++ ( 1.000) +	SLDv+++ ( 1.000) +	SLDv+++ ( 1.000)
+		SLDv++- ( 1.000) +	SLDv++- ( 1.000) +	SLDv++- ( 1.000)
+		SLDv+-+ ( 1.000) +	SLDv+-+ ( 1.000) +	SLDv+-+ ( 1.000)
+		SLDv--- ( 1.000) +	SLDv--- ( 1.000) +	SLDv--- ( 1.000)

## Relazione di calcolo banchina

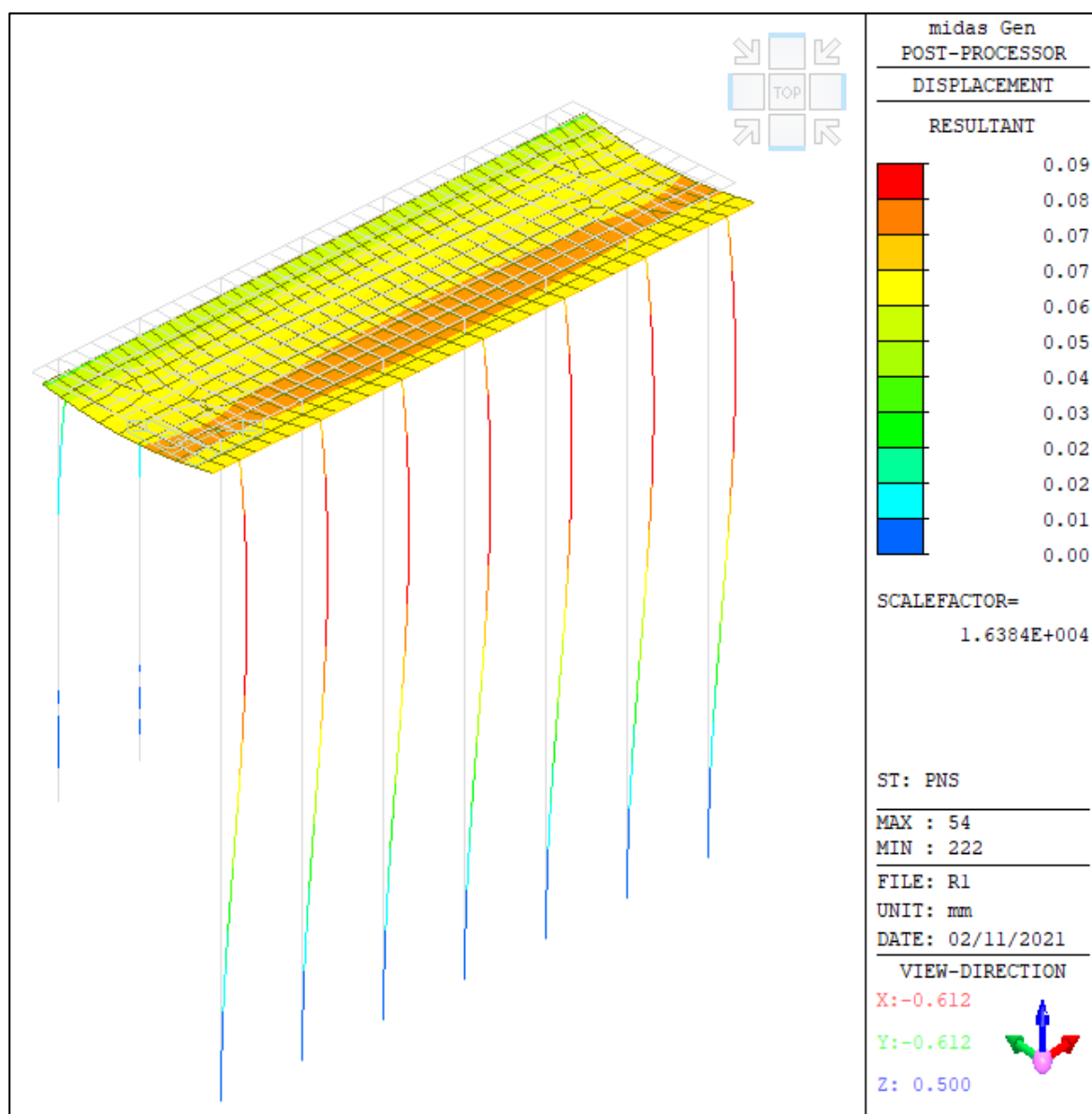
### 8. SPOSTAMENTI PER CONDIZIONI DI CARICO

Di seguito si riportano delle immagini che illustrano gli spostamenti che subisce la struttura per le varie condizioni di calcolo. Tali immagini sono utili per avere una prima verifica sulla bontà della modellazione perché la deformata, in caso contrario, evidenzierebbe comportamenti anomali della stessa.



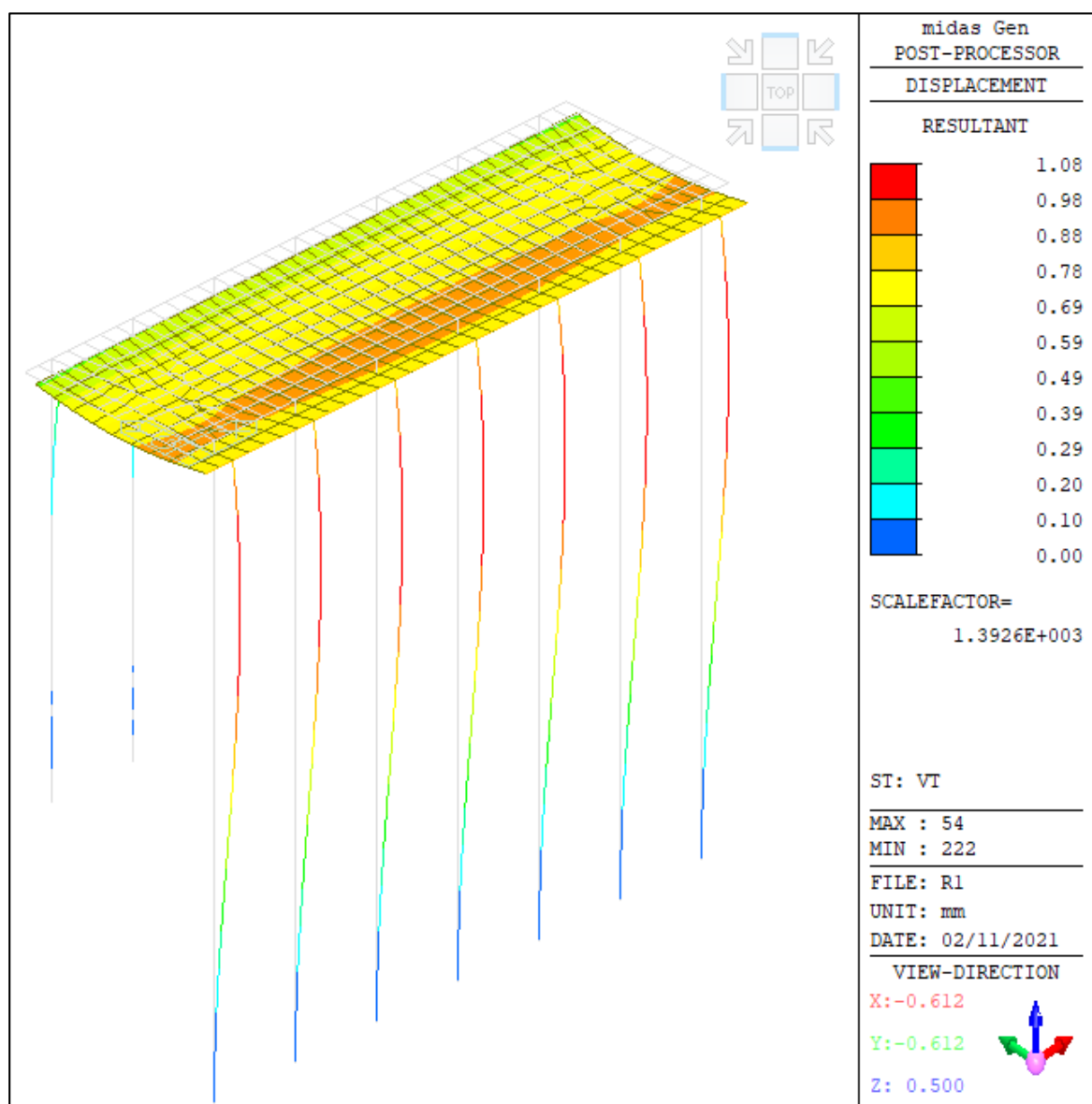
**Figura 7** – Deformata struttura dovuta ai Pesi Propri (PP)

Relazione di calcolo banchina



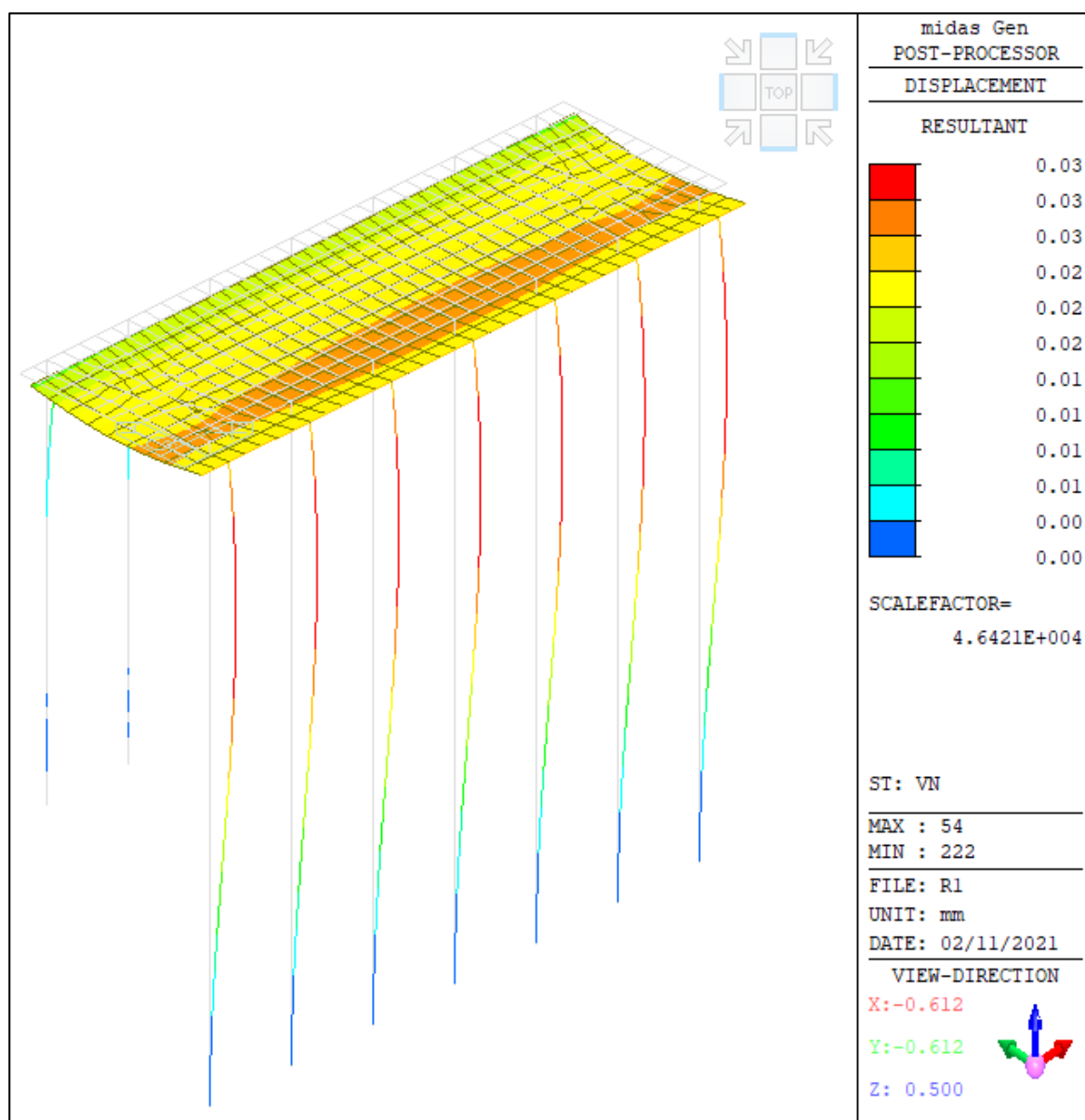
**Figura 8** – Deformata struttura dovuta ai carichi Permanenti Non Strutturali (PNS)

# Relazione di calcolo banchina



**Figura 9** – Deformata struttura dovuta al carico da traffico (VT)

Relazione di calcolo banchina



**Figura 10** – Deformata struttura dovuta al carico da vento (VN)

Relazione di calcolo banchina

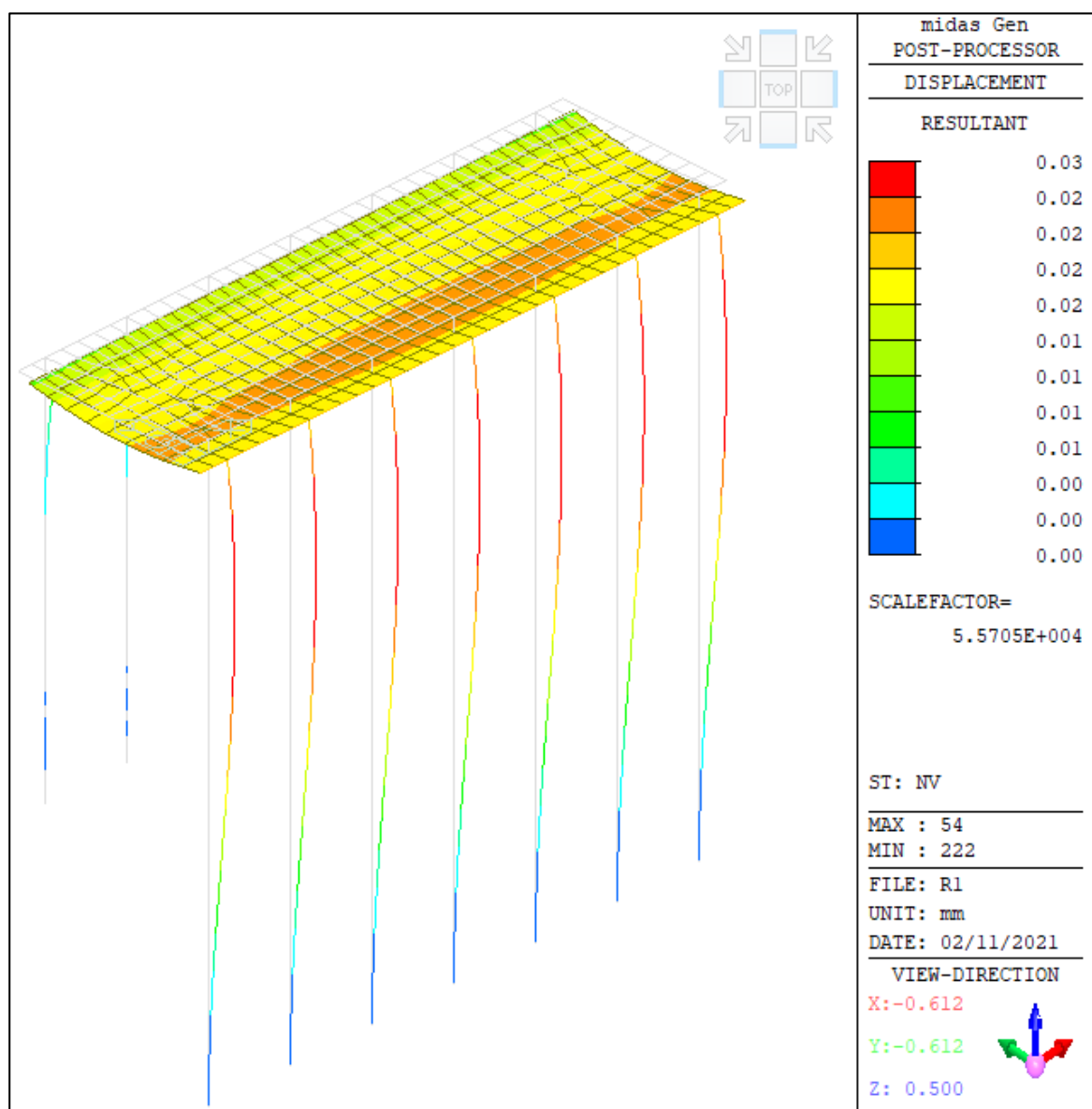


Figura 11 – Deformata struttura dovuta al carico da neve (NV)

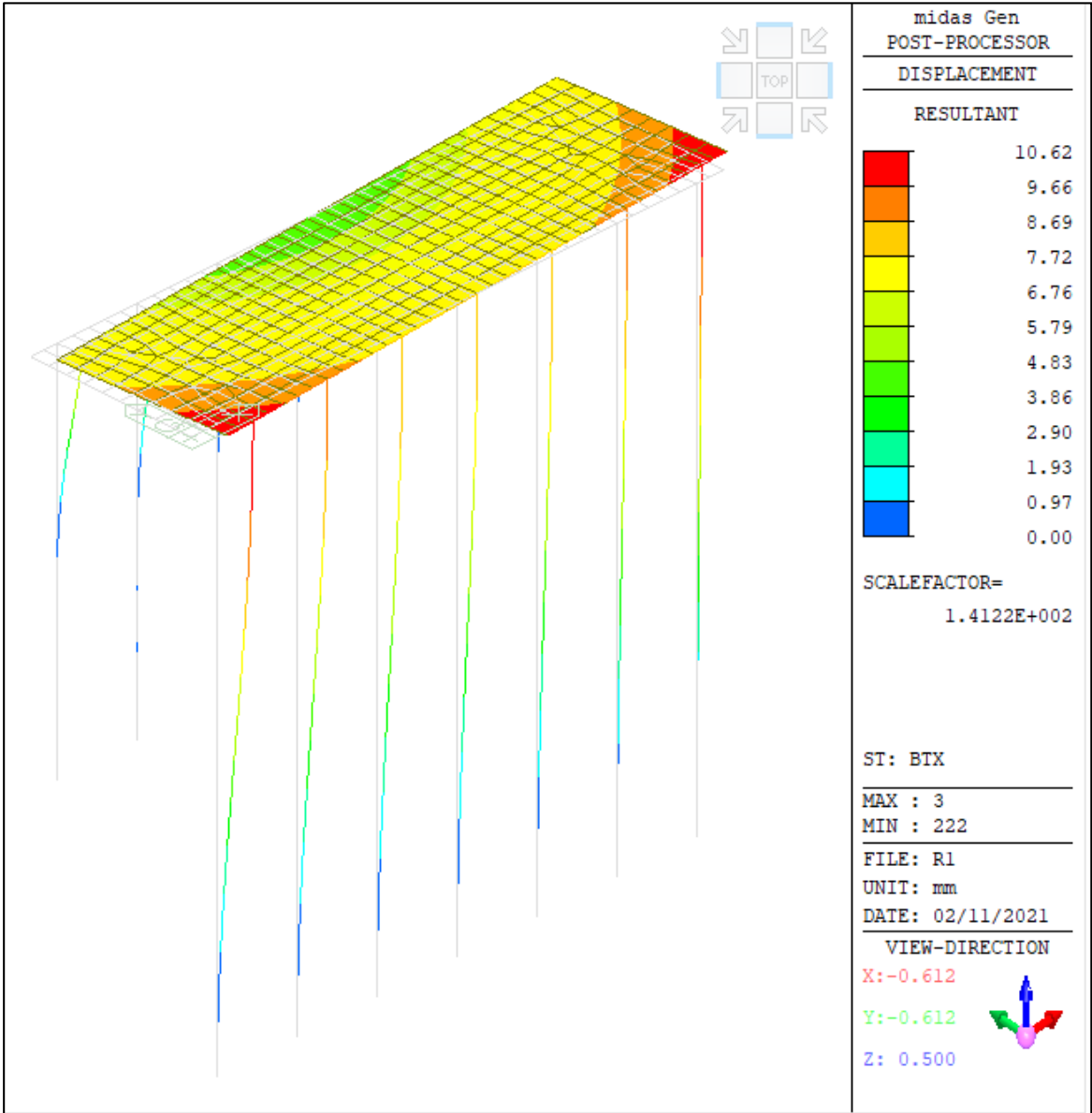
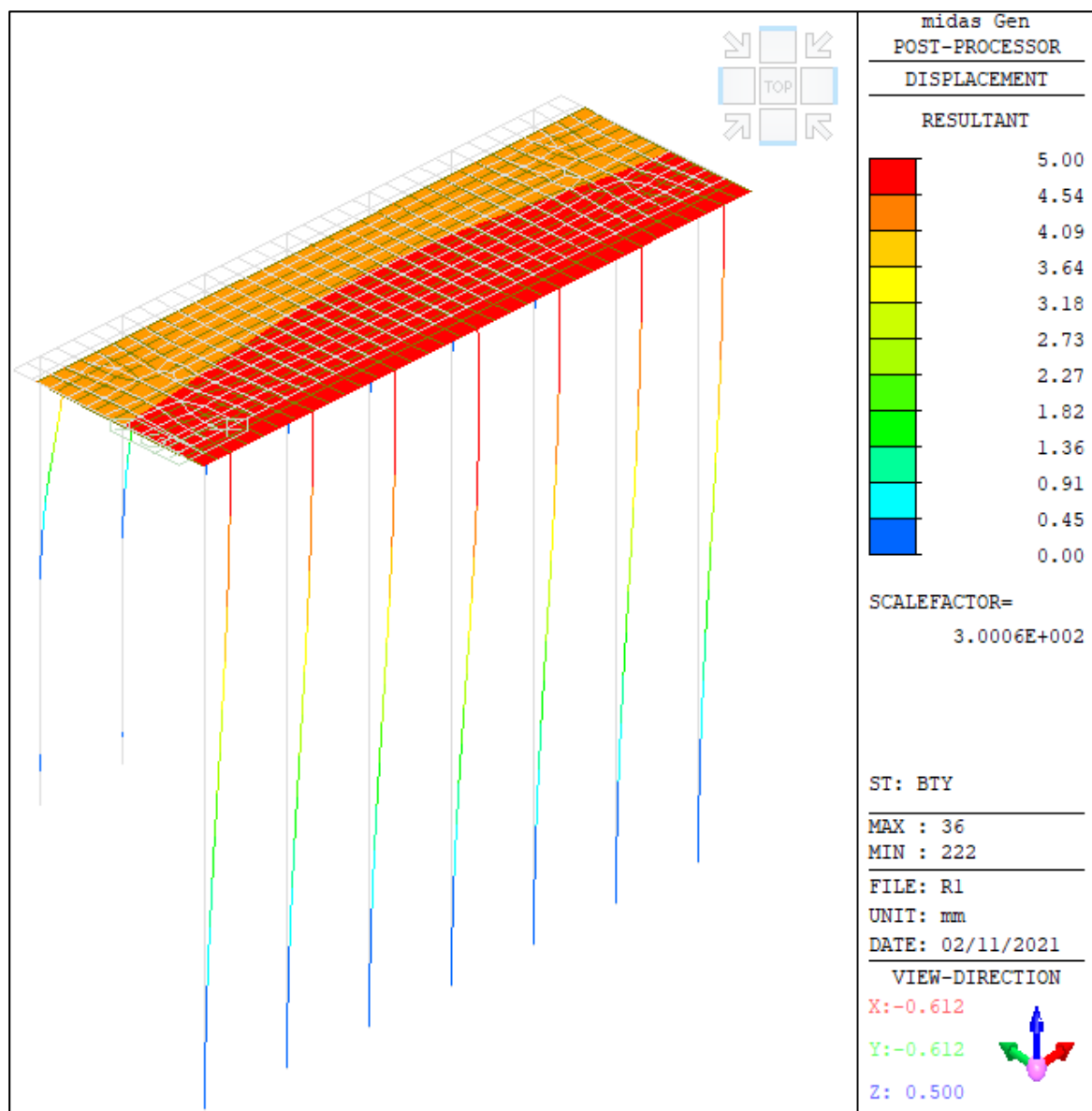


Figura 12 – Deformata struttura dovuta al carico della bitta lungo x (BTx)

Relazione di calcolo banchina



**Figura 13** – Deformata struttura dovuta al carico della bitta lungo y (BTy)



Relazione di calcolo banchina

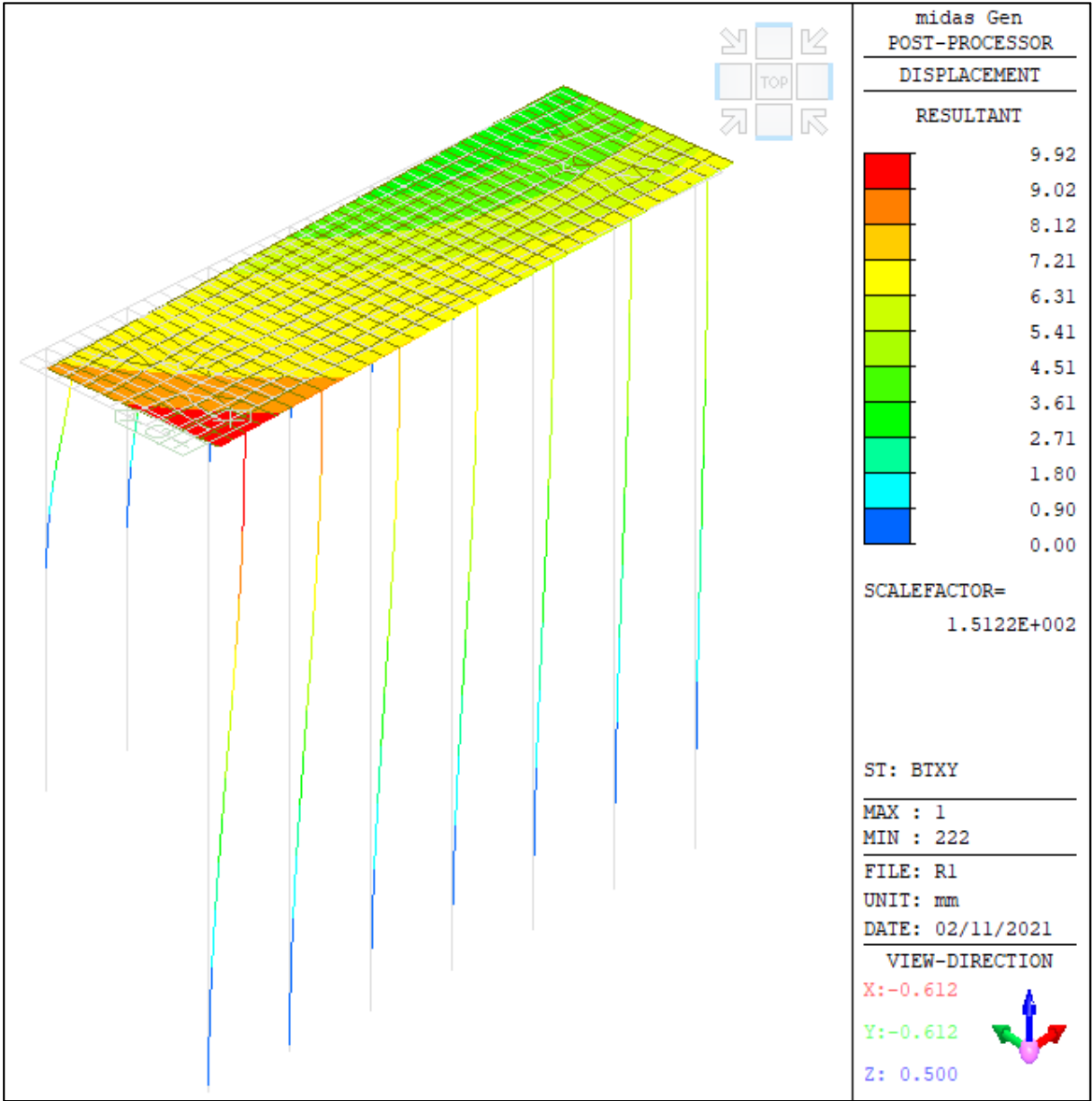
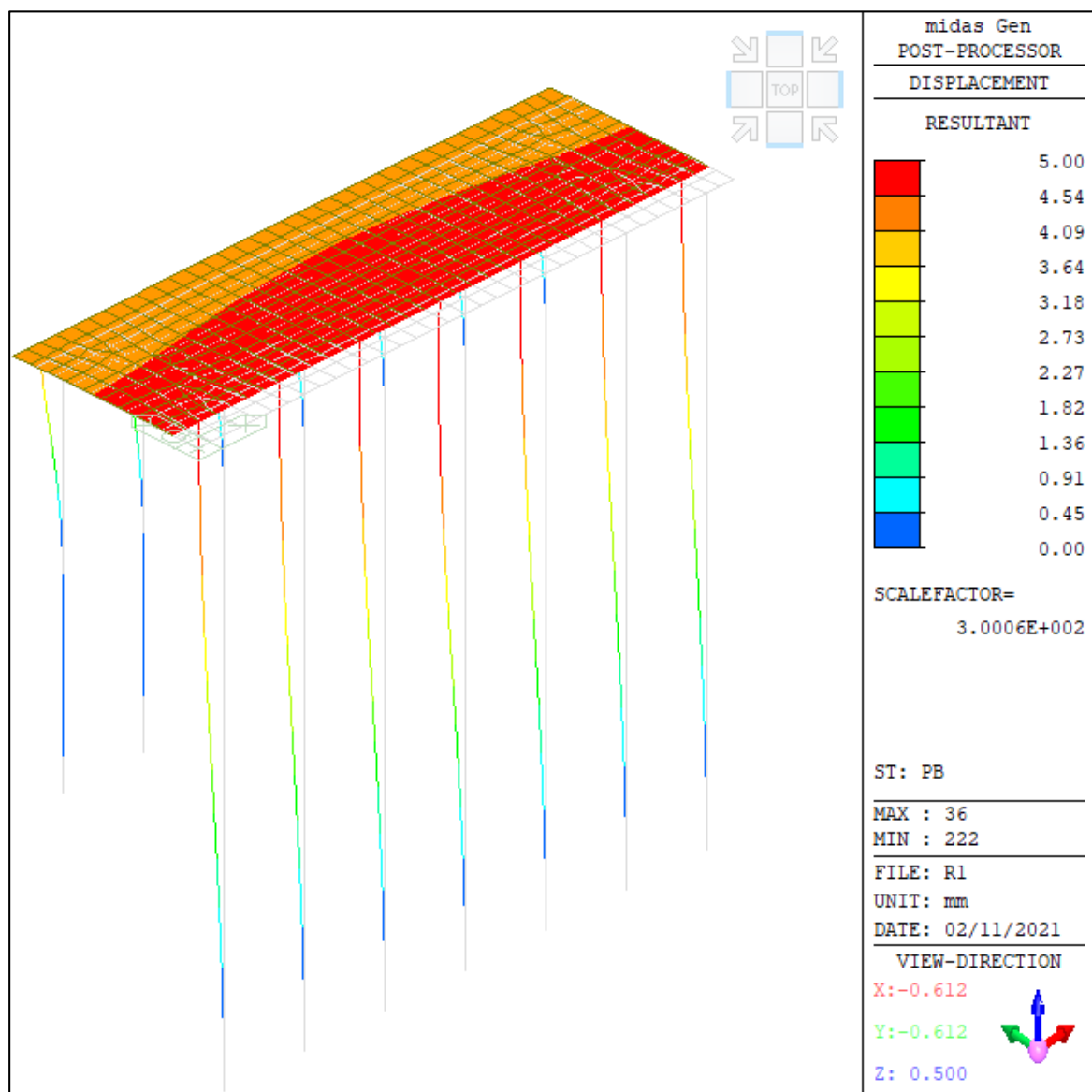


Figura 14 – Deformata struttura dovuta al carico della bitta a 45° (BTxy)

Relazione di calcolo banchina

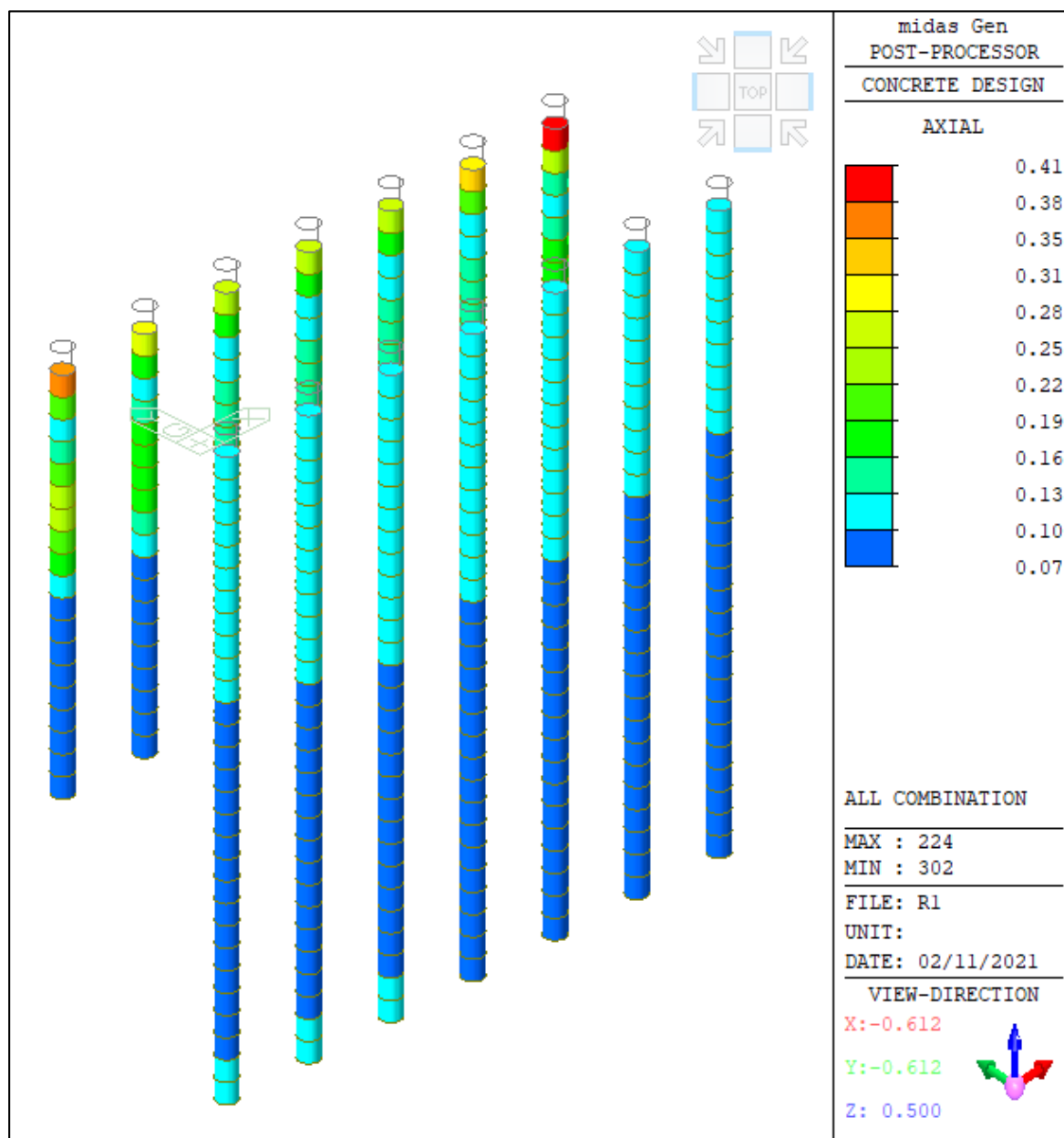


**Figura 15** – Deformata struttura dovuta al carico del parabordo (PB)

Relazione di calcolo banchina

## 9. RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI

### 9.1. Pali



**Figura 16** – Verifica pali per sforzo normale

Relazione di calcolo banchina

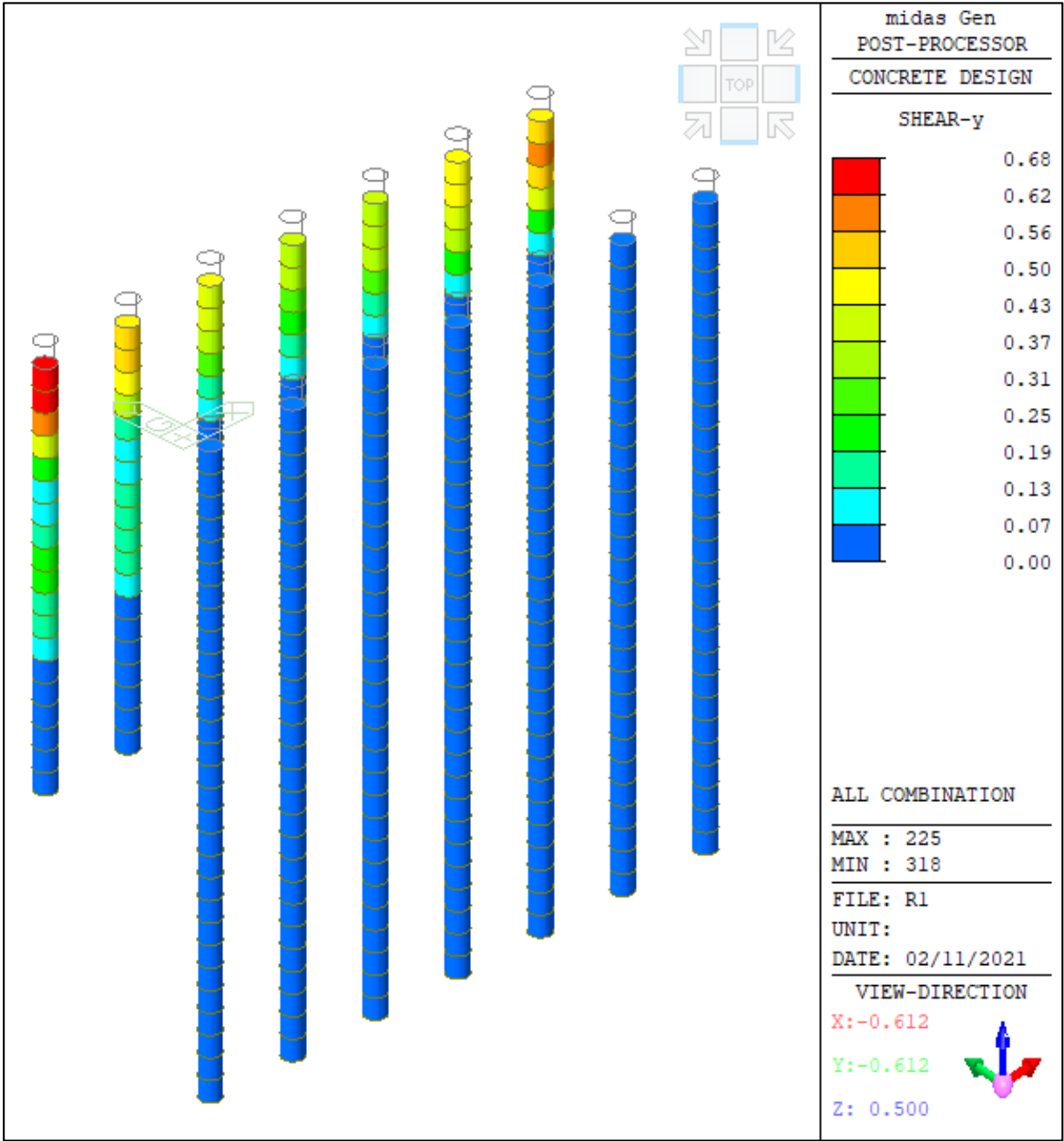


Figura 17 – Verifica pali per taglio lungo y

Relazione di calcolo banchina

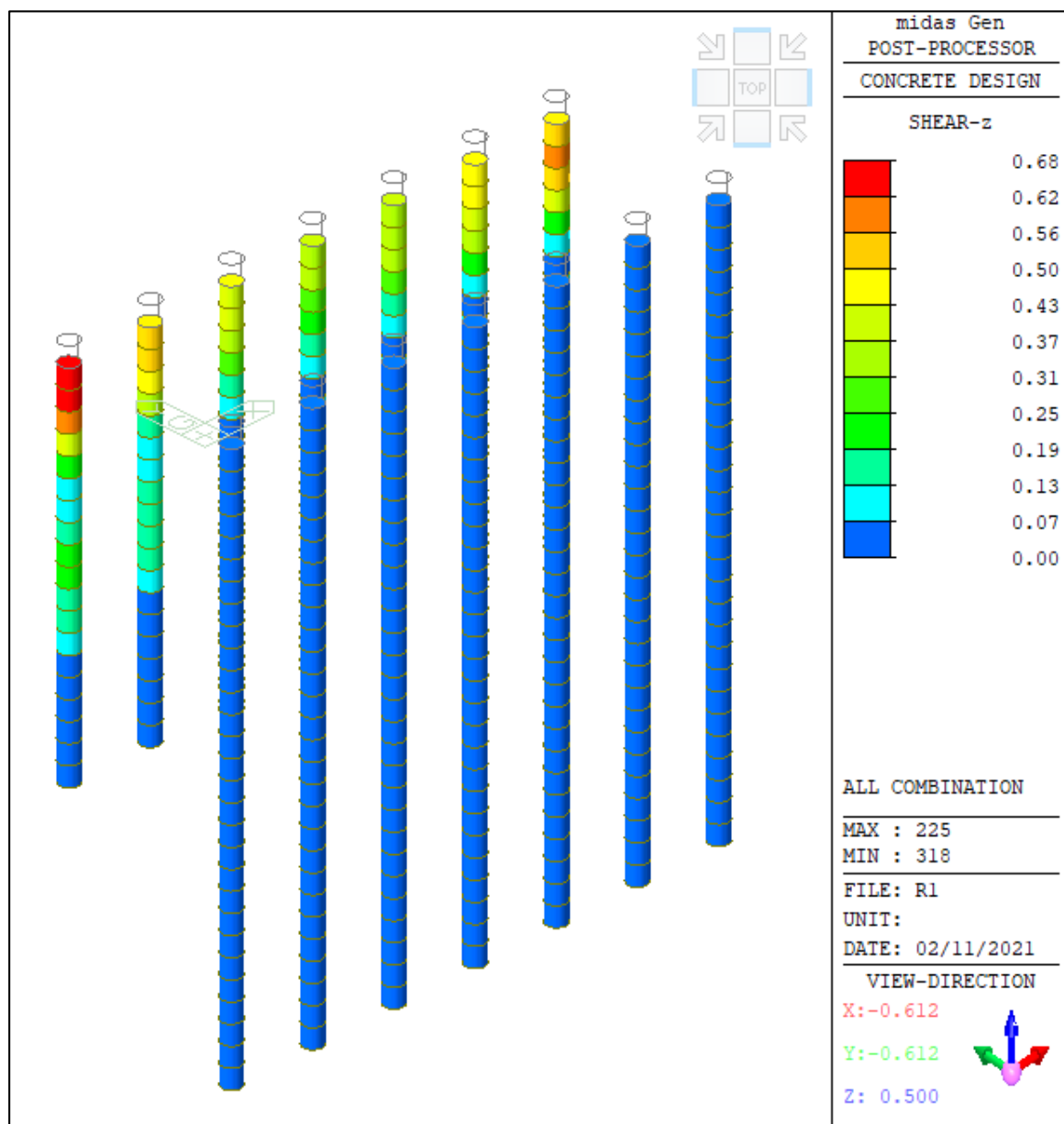


Figura 18 – Verifica pali per taglio lungo x

Relazione di calcolo banchina

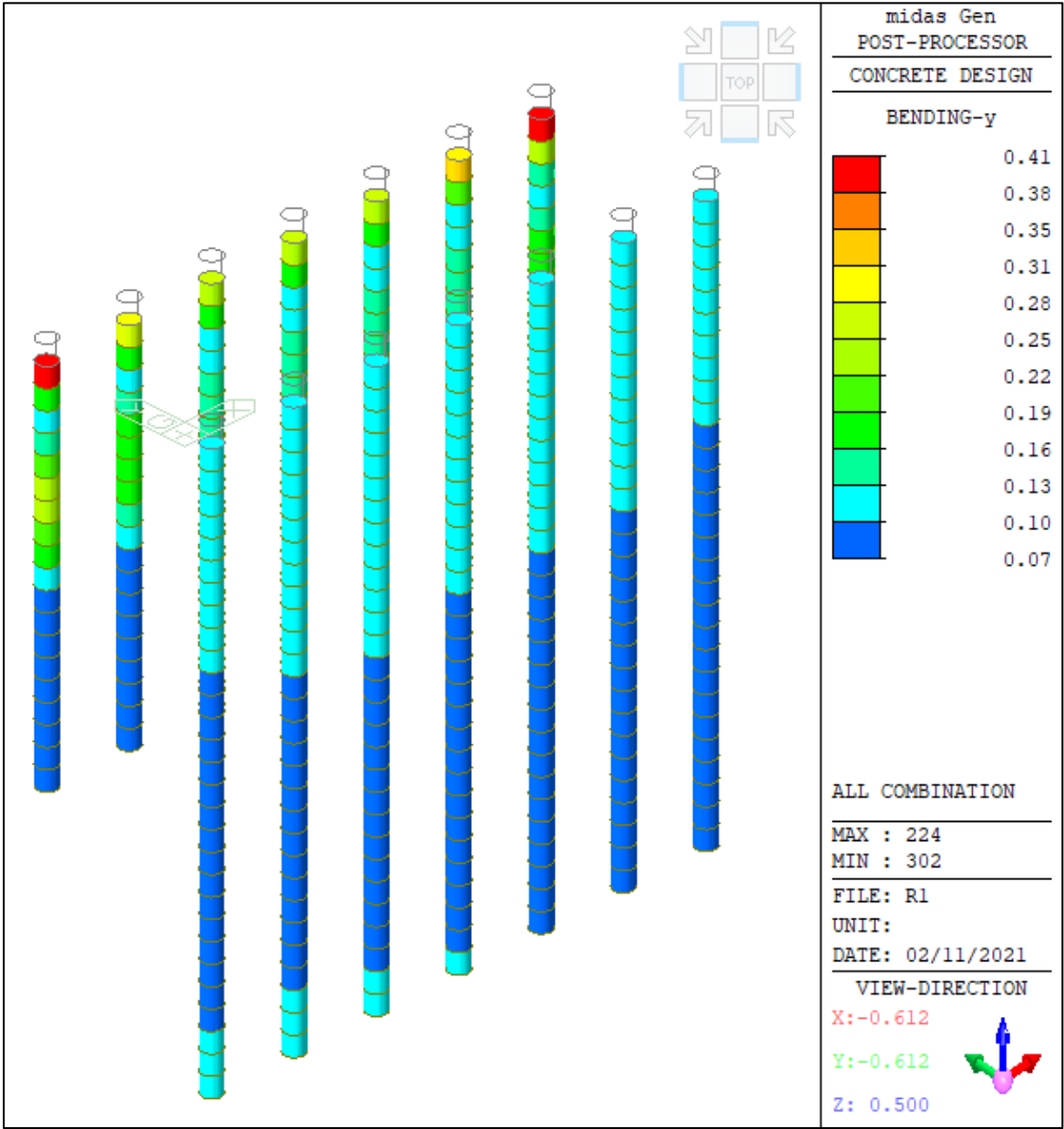


Figura 19 – Verifica pali per My

Relazione di calcolo banchina

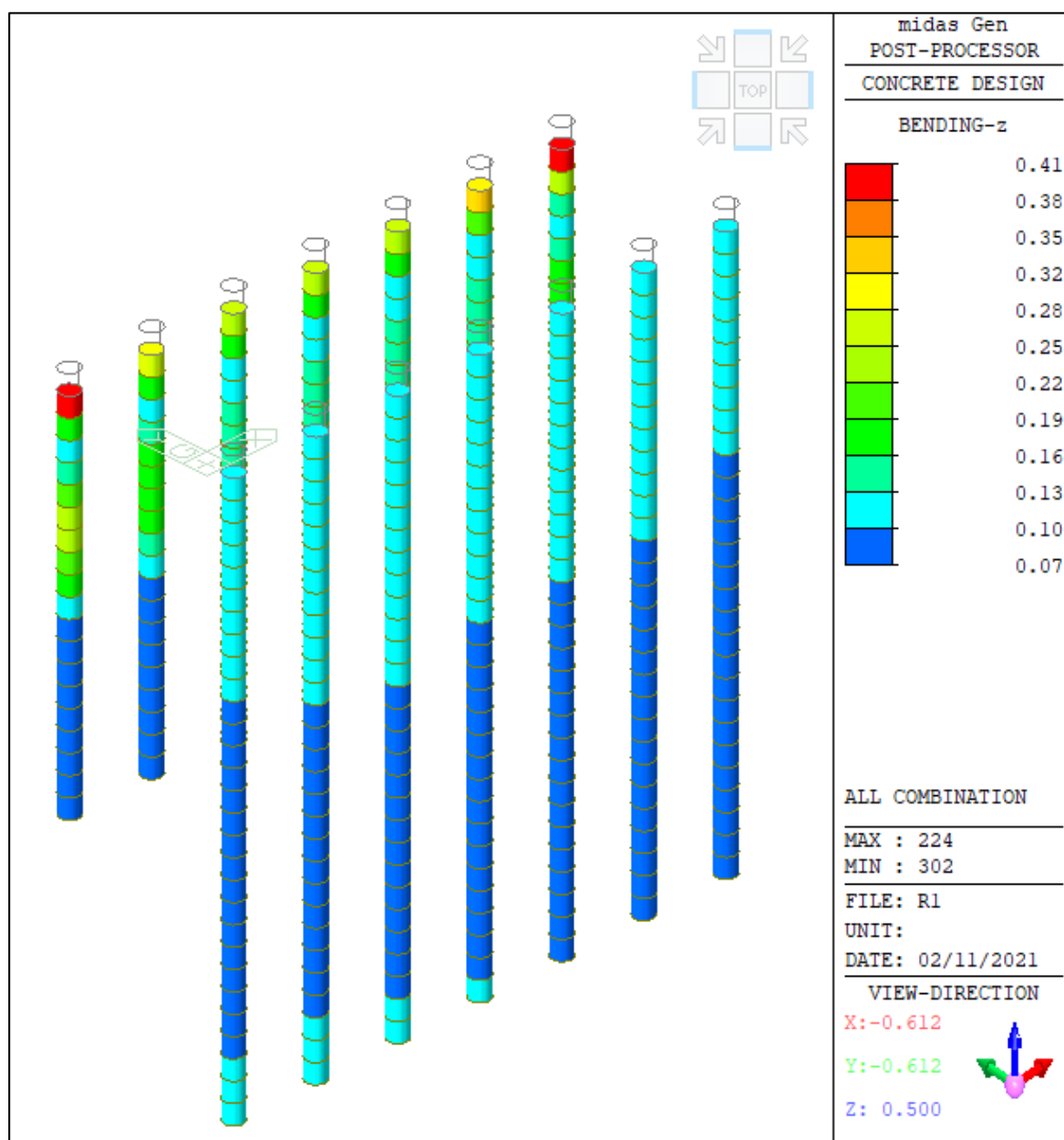


Figura 20 – Verifica pali per Mx

Relazione di calcolo banchina

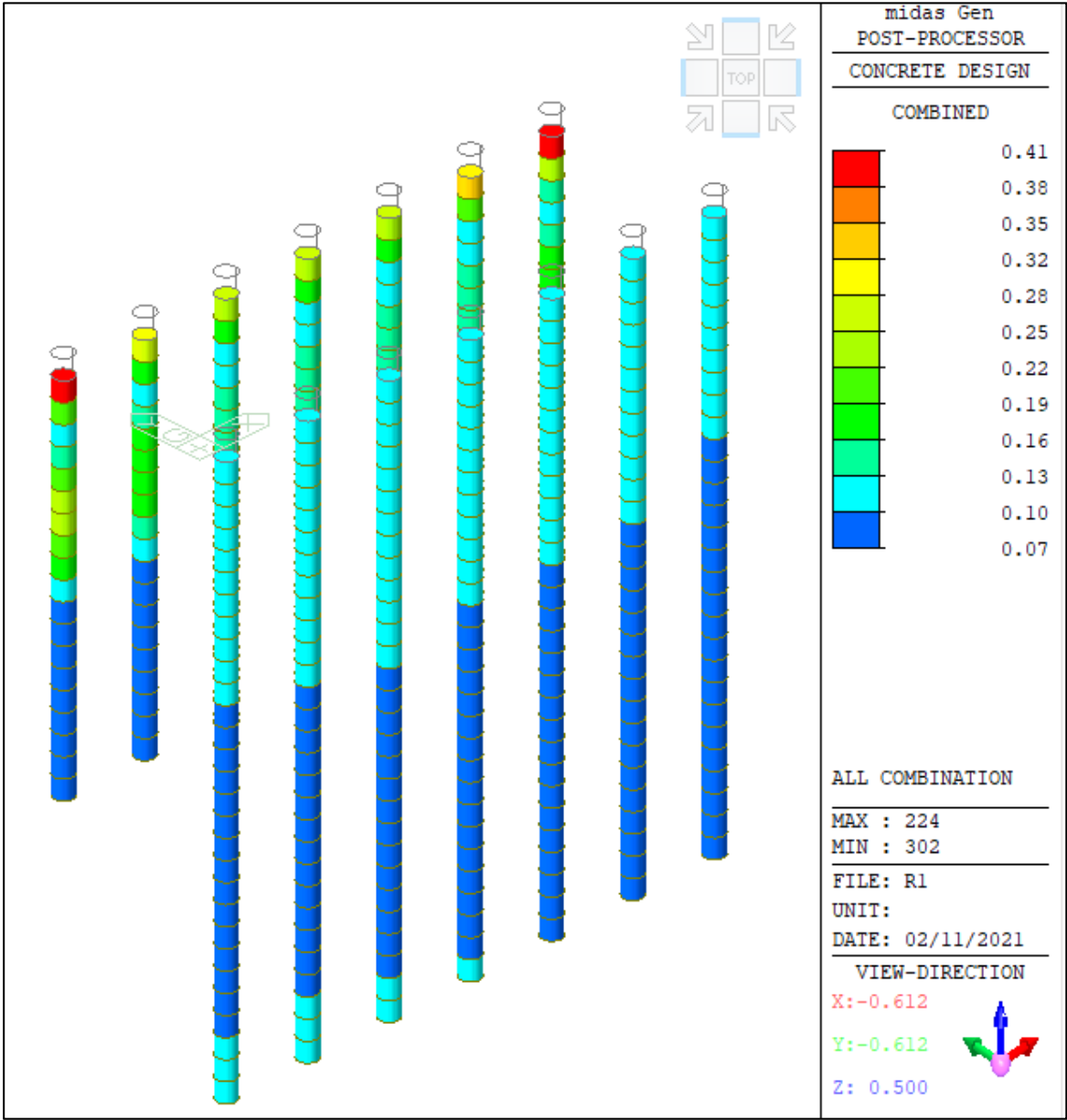


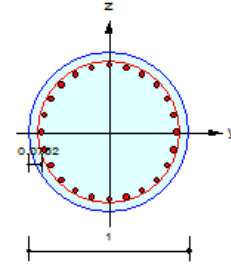
Figura 21 – Verifica pali per presso-flessione



## Relazione di calcolo banchina

### 1. Design Condition

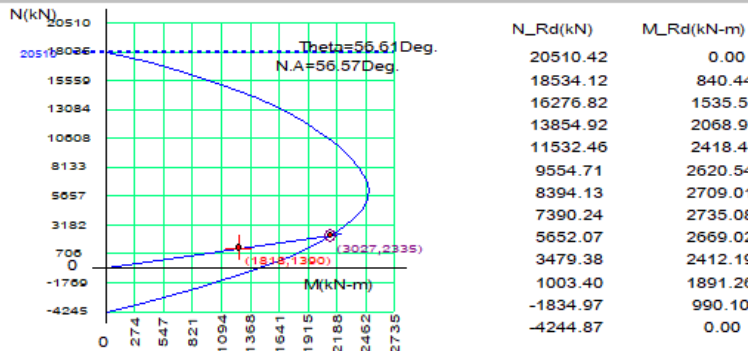
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM : kN, m  
Member Number : 217 (PM), 225 (Shear)  
Material Data : fck = 35000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa  
Column Height : 1 m  
Section Property : D1000 (No : 1)  
Rebar Pattern : 24 - 0 - P24 Ast = 0.010848 m<sup>2</sup> (RhoSt = 0.014)



### 2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 13 (I)  
Concentric Max. Axial Load N\_Rdmax = 20510.4 kN  
Axial Load Ratio N\_Ed / N\_Rd = 1817.53 / 3027.30 = 0.600 < 1.000 ..... O.K  
Moment Ratio M\_Ed / M\_Rd = 1389.81 / 2334.56 = 0.595 < 1.000 ..... O.K  
M\_Edy / M\_Rdy = 765.722 / 1284.80 = 0.596 < 1.000 ..... O.K  
M\_Edz / M\_Rdz = 1159.85 / 1949.22 = 0.595 < 1.000 ..... O.K

#### M-N Interaction Diagram



### 3. Shear Capacity

[ END ]		y : 15 (I)	z : 15 (I)
Applied Shear Force (V_Ed)		371.150 kN	371.150 kN
V_Ed / V_Rdc		371.150 / 545.721 = 0.680	371.150 / 545.721 = 0.680
V_Ed / V_Rds		371.150 / 461.966 = 0.803	371.150 / 461.966 = 0.803
V_Ed / V_Rdmax		371.150 / 3979.51 = 0.093	371.150 / 3979.51 = 0.093
Shear Ratio		0.680 < 1.000 ..... O.K	0.680 < 1.000 ..... O.K
Asw-H_use		0.00151 m <sup>2</sup> /m, 2-P12 @150	0.00151 m <sup>2</sup> /m, 2-P12 @150

[ MIDDLE ]		y : 15 (1/2)	z : 15 (1/2)
Applied Shear Force (V_Ed)		371.150 kN	371.150 kN
V_Ed / V_Rdc		371.150 / 547.569 = 0.678	371.150 / 547.569 = 0.678
V_Ed / V_Rds		371.150 / 461.966 = 0.803	371.150 / 461.966 = 0.803
V_Ed / V_Rdmax		371.150 / 3979.51 = 0.093	371.150 / 3979.51 = 0.093
Shear Ratio		0.678 < 1.000 ..... O.K	0.678 < 1.000 ..... O.K
Asw-H_use		0.00151 m <sup>2</sup> /m, 2-P12 @150	0.00151 m <sup>2</sup> /m, 2-P12 @150

## Relazione di calcolo banchina

### 9.2. Cordoli

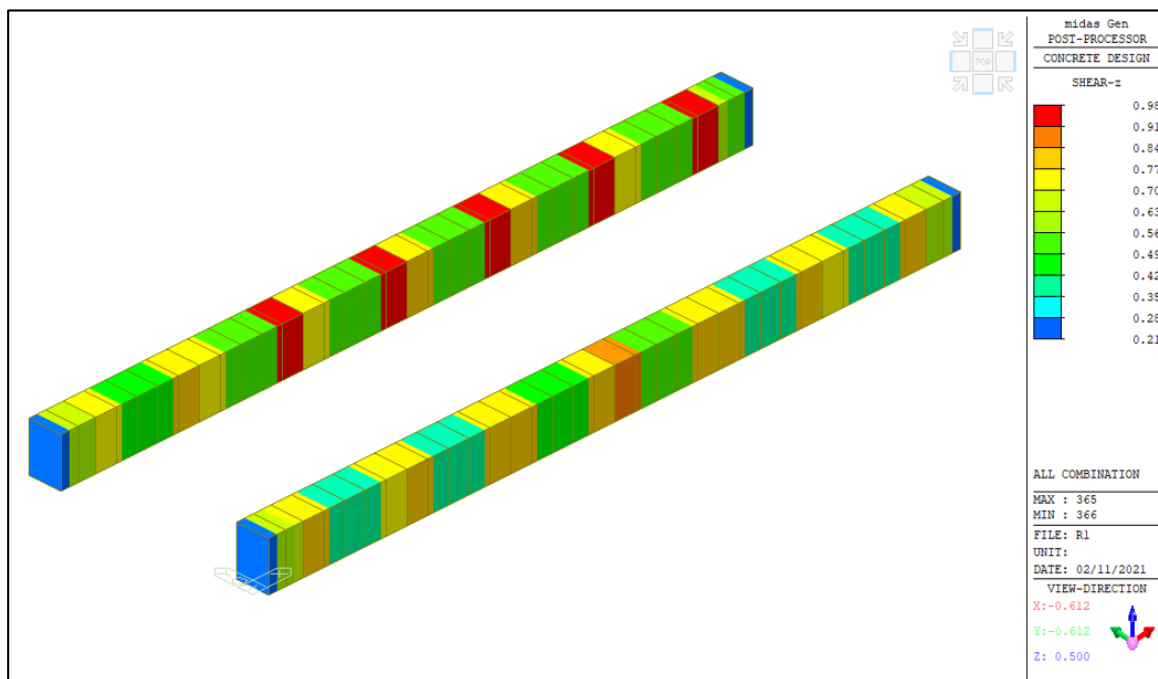


Figura 22 – Verifica cordoli a taglio

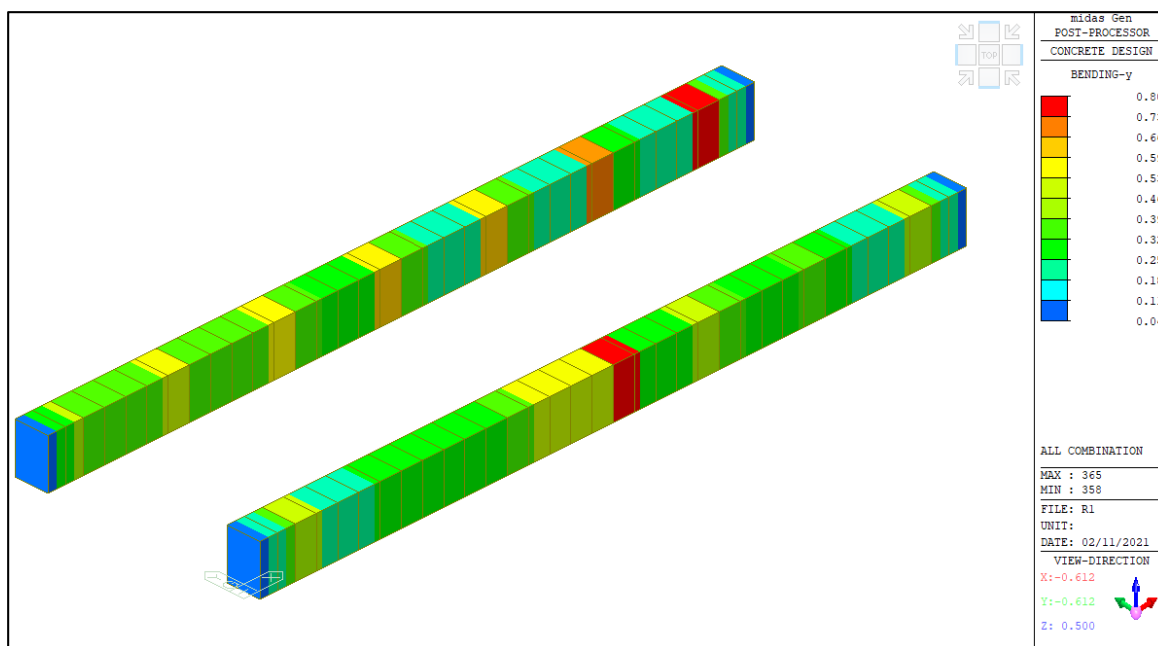
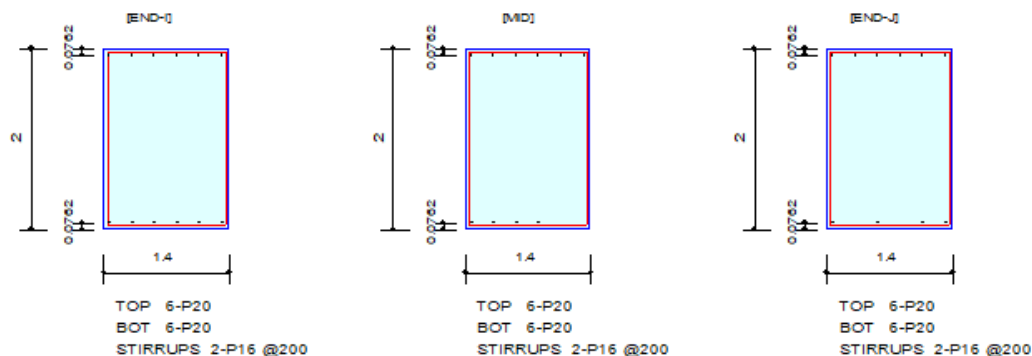


Figura 23 – Verifica cordoli a momento flettente

## Relazione di calcolo banchina

### 1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	$f_{ck} = 35000$ , $f_{yk} = 450000$ , $f_{yw} = 450000$ KPa		
Section Property	Cordolo (No : 2)	Beam Span	4.5m



### 2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	13	13	13
Moment ( $M_{Ed}$ )	1070.40	407.84	1141.52
Factored Strength ( $M_{Rd}$ )	1426.33	1426.33	1426.33
Check Ratio ( $M_{Ed}/M_{Rd}$ )	0.7505	0.2859	0.8003
Neutral Axis ( $x/d$ )	0.0269	0.0269	0.0269
(+) Load Combination No.	13	13	13
Moment ( $M_{Ed}$ )	419.24	677.48	587.48
Factored Strength ( $M_{Rd}$ )	1426.33	1426.33	1426.33
Check Ratio ( $M_{Ed}/M_{Rd}$ )	0.2939	0.4750	0.4119
Neutral Axis ( $x/d$ )	0.0269	0.0269	0.0269
Using Rebar Top ( $A_{s\_top}$ )	0.0019	0.0019	0.0019
Using Rebar Bot ( $A_{s\_bot}$ )	0.0019	0.0019	0.0019

### 3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	13	3	13
Factored Shear Force ( $V_{Ed}$ )	770.75	515.79	847.97
$V_{Rdc}$	848.10	848.10	848.10
$V_{Rds}$	1361.80	1361.80	1361.80
$V_{Rdmax}$	14139.93	14139.93	14139.93
Using Shear Reinf. ( $A_{sw}$ )	0.0020	0.0020	0.0020
Using Stirrups Spacing	2-P16 @200	2-P16 @200	2-P16 @200
$V_{Ed} / V_{Rdc}$	0.9088	0.6082	0.9998
$V_{Ed} / \min(V_{Rds}, V_{Rdmax})$	0.5660	0.3788	0.6227
Check Ratio	0.9088	0.6082	0.9998

9.3. Solettone

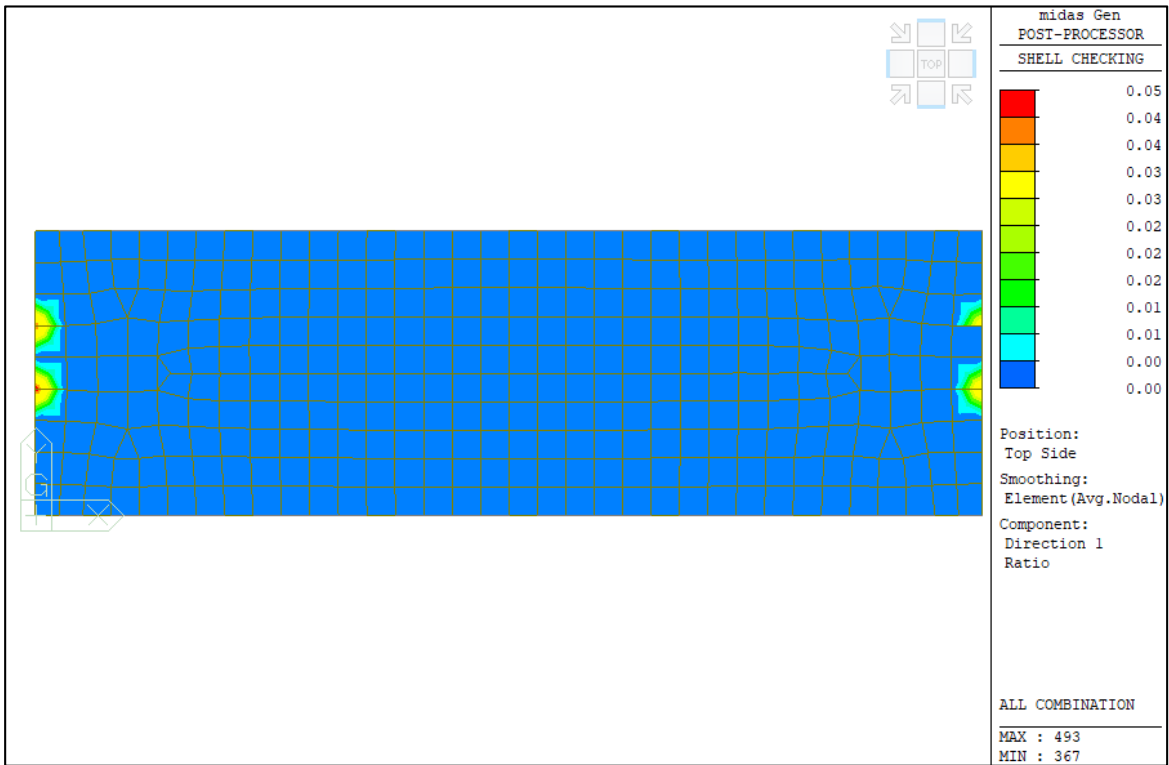


Figura 24 – Verifica a flessione armatura superiore in direzione x

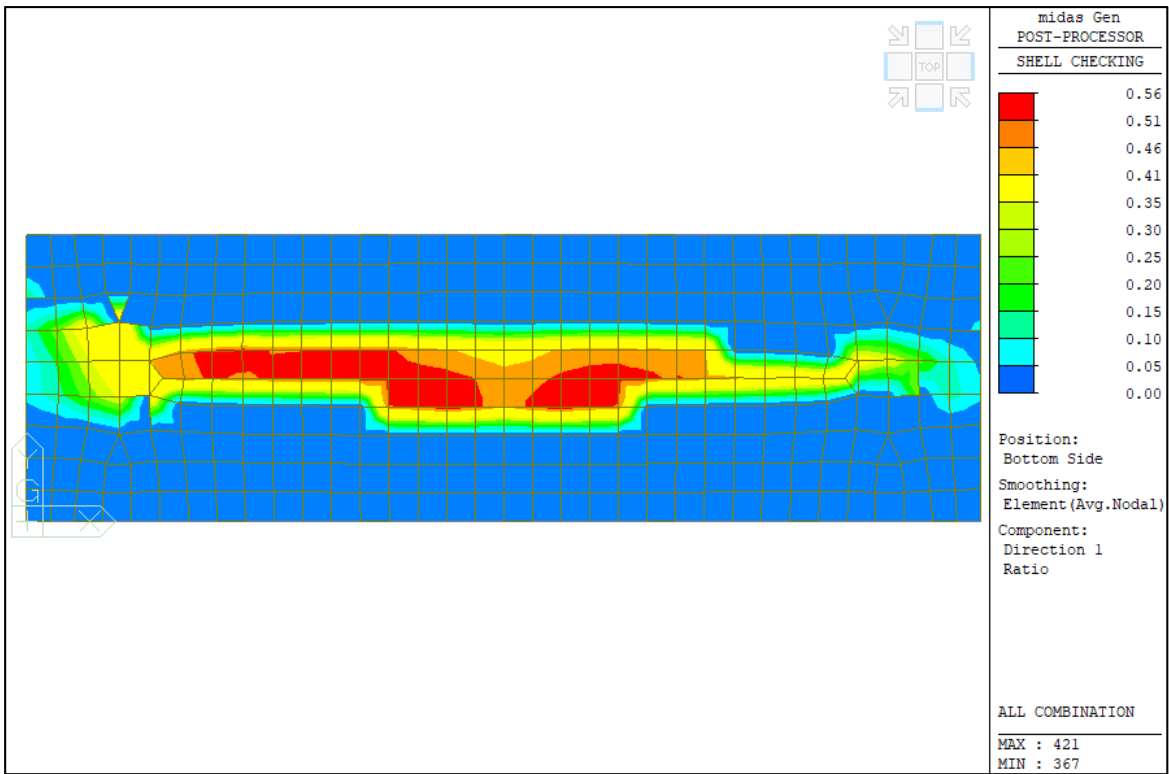


Figura 25 – Verifica a flessione armatura inferiore in direzione x

Progetto Definitivo Potenziamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza e prolungamento  
diga foranea del porto di Castellammare del Golfo (TP)  
Relazione di calcolo banchina

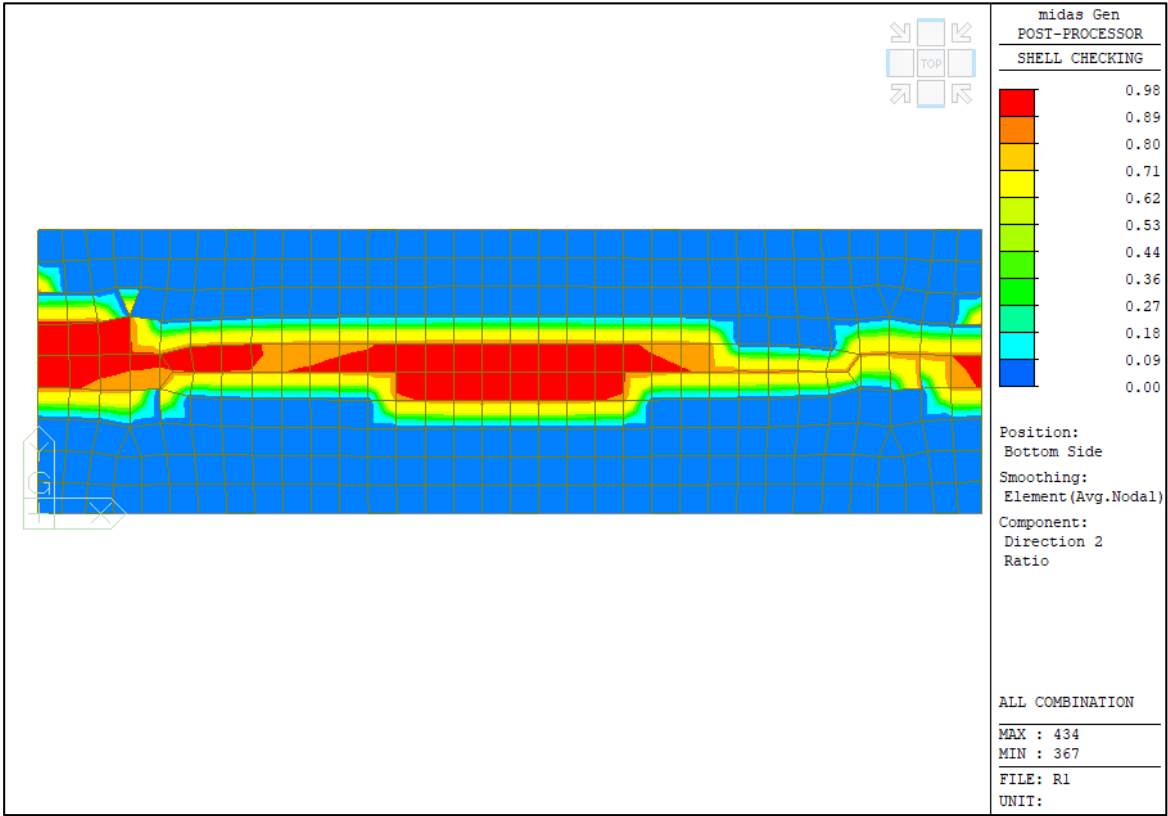


Figura 26 – Verifica a flessione armatura inferiore in direzione y

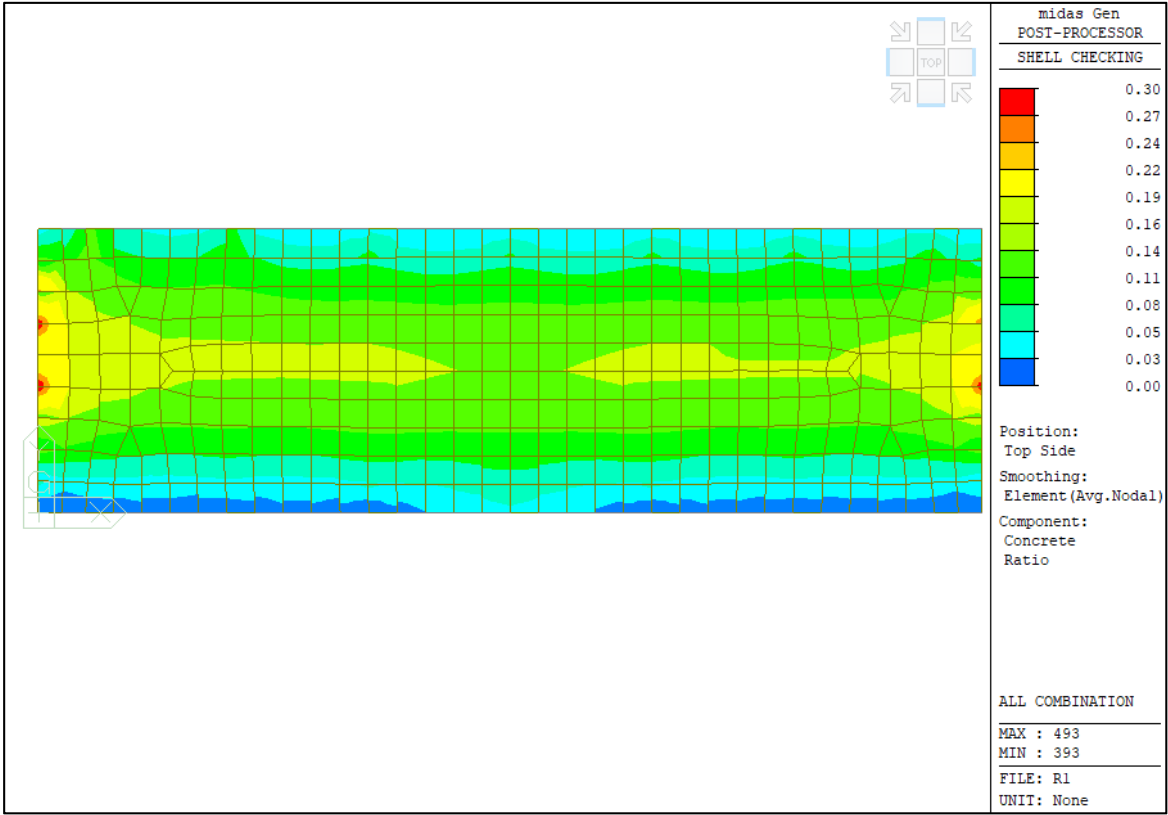


Figura 27 – Verifica a flessione calcestruzzo (superiore)

Progetto Definitivo Potenziamento delle opere marittime esistenti per la messa in sicurezza e prolungamento  
diga foranea del porto di Castellammare del Golfo (TP)  
Relazione di calcolo banchina

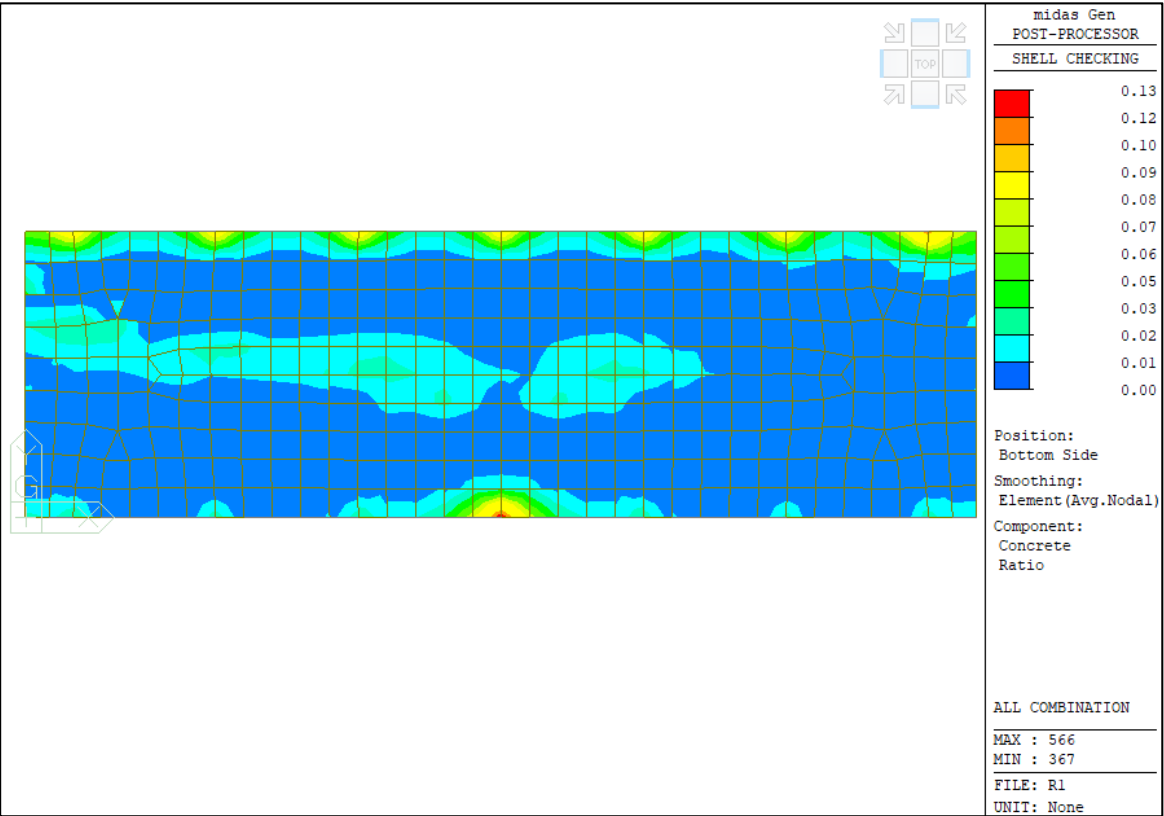


Figura 28 – Verifica calcestruzzo (inferiore)

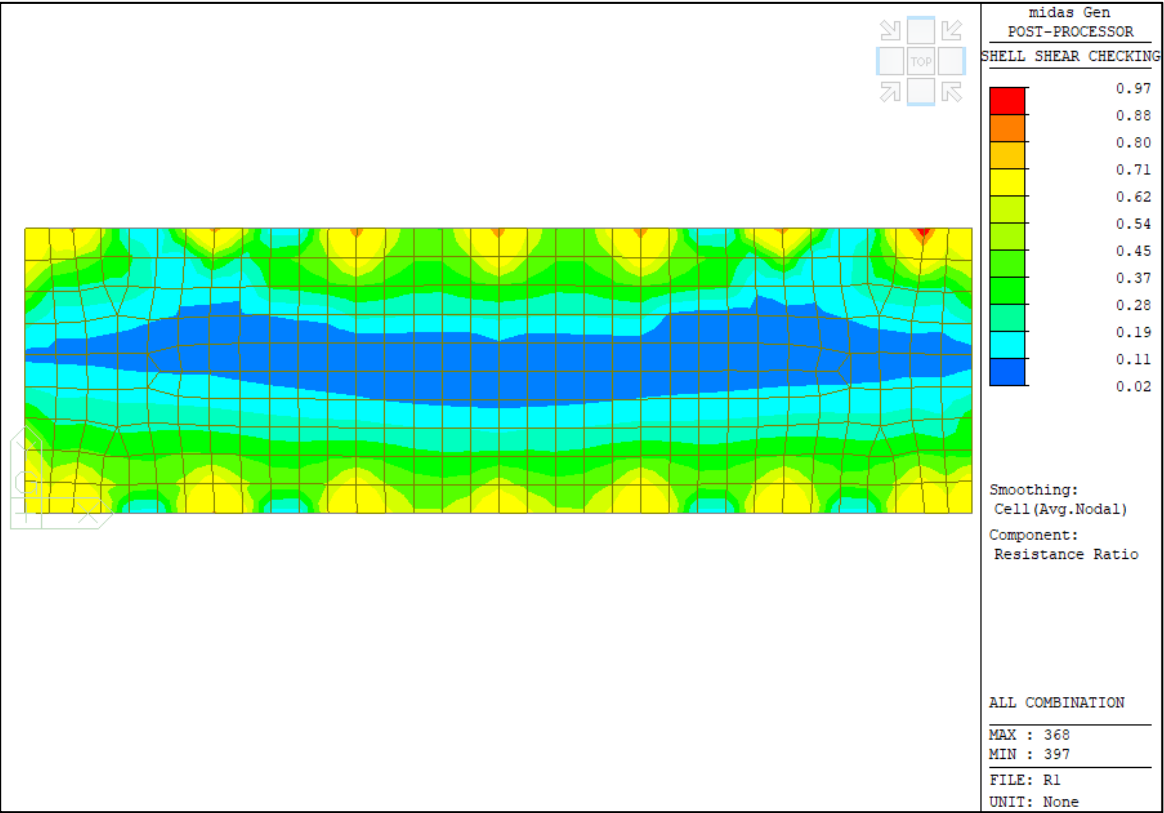


Figura 29 – Verifica a taglio

Gen 2021

\*. DEFINITION OF LOAD COMBINATIONS WITH SCALING UP FACTORS.

LCB	C	Loadcase Name(Factor) +	Loadcase Name(Factor) +	Loadcase Name(Factor)
1	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.500)
		VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	BTx( 0.900)
2	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.500)
		VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	BTy( 0.900)
3	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.500)
		VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	BTxy( 0.900)
4	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.500)
		VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	PB( 0.900)
5	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 1.500) +	NV( 0.750) +	BTx( 0.900)
6	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 1.500) +	NV( 0.750) +	BTy( 0.900)
7	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 1.500) +	NV( 0.750) +	BTxy( 0.900)
8	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 1.500) +	NV( 0.750) +	PB( 0.900)
9	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 0.900) +	NV( 1.500) +	BTx( 0.900)
10	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 0.900) +	NV( 1.500) +	BTy( 0.900)
11	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 0.900) +	NV( 1.500) +	BTxy( 0.900)
12	1	PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		VN( 0.900) +	NV( 1.500) +	PB( 0.900)

Relazione di calcolo banchina

midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]				Gen 2021	
13	1		PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		+	VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	BTx( 1.500)
14	1		PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		+	VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	BTy( 1.500)
15	1		PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		+	VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	BTxy( 1.500)
16	1		PP( 1.300) +	PNS( 1.500) +	VT( 1.050)
		+	VN( 0.900) +	NV( 0.750) +	PB( 1.500)
17	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	VT( 1.000)
		+	VN( 0.600) +	NV( 0.500) +	BTx( 0.600)
44	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 1.000)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
45	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 1.000)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
46	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 1.000)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
47	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 1.000)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
48	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-1.000)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
49	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-1.000)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
50	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-1.000)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
51	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-1.000)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
52	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)( 1.000) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
53	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)( 1.000) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
54	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)(-1.000) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
55	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)(-1.000) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
56	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)( 1.000) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
57	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)( 1.000) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
58	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)(-1.000) +	SLV_v(RS)( 0.300)	
59	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)(-1.000) +	SLV_v(RS)(-0.300)	
60	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)( 1.000)	
61	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)(-1.000)	
62	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)( 1.000)	
63	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)( 0.300)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)(-1.000)	
64	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)( 1.000)	
65	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)( 0.300) +	SLV_v(RS)(-1.000)	
66	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)( 1.000)	
67	1		PP( 1.000) +	PNS( 1.000) +	SLV_x(RS)(-0.300)
		+	SLV_y(RS)(-0.300) +	SLV_v(RS)(-1.000)	



## Relazione di calcolo banchina

midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]

Gen 2021

[[[\*]]] MESHED SHELL CHECKING MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-[1].

[\*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : TOP, REINFORCEMENT DIR-1

( ). Information of Parameters.

-. Elem No. : 504  
-. Node No. : 387  
-. LCB No. : 1  
-. Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.  
-. Thickness : t = 1.2000 m.  
-. Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

( ). Check elements cracked or not.

[ EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101) ]  
-. Sig1 = Sig,max = 3250.0304 KPa.  
-. Sig2 = Sig,min = 36.0025 KPa.  
-. Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)  
-. fcm = 43000.0000 KPa.  
-. alpha = 4.2026  
-. lambda = 14.7620  
-. beta = 4.6931  
$$\text{PHI} = \frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot \text{SQRT}[J2]}{fcm} + \frac{\beta \cdot I1}{fcm} - 1.0 = 0.0072$$
  
---> CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

( ). Membrane forces.

-. NEdx = -11.8683 kN/m.  
-. NEdy = -805.8409 kN/m.  
-. NEdxy = -12.9027 kN/m.

( ). Necessary reinforcement and concrete stress.

-. f'tdx = -42.1061 KPa.  
-. f'tdy = 0.0000 KPa.  
-. Sigcd = 3358.5312 KPa.  
-. rhox,req = max[ f'tdx/fyd\*(ck/t), rhox,min ] = 0.0020  
-. rhoxy,req = max[ f'tdy/fyd\*(ck/t), rhoxy,min ] = 0.0010  
-. Asx,req = 0.0024 m^2/m. ( 0.0024 m^2/m.)  
-. Asy,req = 0.0012 m^2/m. ( 0.0012 m^2/m.)

( ). Rebar Arrangement.

-. Rebar,x : P12 @200  
-. Rebar,y : P12 @200

( ). Tensile strengths provided by reinforcement.

-. Asx,use = 0.0006 m^2/m. ( 0.0006 m^2/m.)  
-. Asy,use = 0.0006 m^2/m. ( 0.0006 m^2/m.)  
-. rhox,use = 0.0005  
-. rhoxy,use = 0.0005  
-. ftdx = rhox,use\*fyd\*(t/ck) = 921.1957 KPa.  
-. ftdy = rhoxy,use\*fyd\*(t/ck) = 921.1957 KPa.

### Relazione di calcolo banchina

-----  
midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]  
=====

Gen 2021

( ). Concrete strength limit.

-. Sigcn = nu\*fcd = 11666.6667 KPa.

( ). Check results.

-. Rat,barx = f'tdx/ftdx = 0.0457

-. Rat,bary = f'tdy/ftdy = 0.0000

-. Rat,conc = Sigcd/Sigcn = 0.2879

-. Rat = MAX[ Rat,barx, Rat,bary, Rat,conc ] = 0.2879 ---> O.K.

-----  
[\*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : TOP, REINFORCEMENT DIR-2  
-----

( ). Information of Parameters.

-. Elem No. : 661

-. Node No. : 617

-. LCB No. : 67

-. Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.

-. Thickness : t = 1.2000 m.

-. Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

( ). Check elements cracked or not.

[ EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101) ]

-. Sig1 = Sig,max = 1041.9246 KPa.

-. Sig2 = Sig,min = 234.1445 KPa.

-. Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)

-. fcm = 43000.0000 KPa.

-. alpha = 4.2026

-. lambda = 14.4202

-. beta = 4.6931

-. PHI =  $\frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot \sqrt{J2}}{fcm} + \frac{\beta \cdot I1}{fcm} - 1.0 = -0.6767$   
---> UNCRACKED. CHECK CONCRETE STRESS !!!

( ). Membrane forces.

-. NEdx = -62.6911 kN/m.

-. NEdy = -263.8189 kN/m.

-. NEdxy = -0.8739 kN/m.

( ). Check the minimum principal stress.

-. Sig,min = -1083.4650 KPa.

-. alpha = 0.2336 (the ratio between the two principal stress)  
 $\frac{1+3.80 \cdot \alpha}{(1+\alpha)^2}$

-. Sig,cdmax = 0.85fcd \*  $\frac{1+3.80 \cdot \alpha}{(1+\alpha)^2}$  = 24602.3892 KPa.

-. Rat,con = Sig,min/Sig,cdmax = 0.044

-----  
[\*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : TOP, CONCRETE STRESS  
-----

( ). Information of Parameters.

-. Elem No. : 661

-. Node No. : 617

-. LCB No. : 67

### Relazione di calcolo banchina

midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]

Gen 2021

-. Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.  
-. Thickness : t = 1.2000 m.  
-. Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

( ). Check elements cracked or not.

[ EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101) ]

-. Sig1 = Sig,max = 1041.9246 KPa.  
-. Sig2 = Sig,min = 234.1445 KPa.  
-. Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)  
-. fcm = 43000.0000 KPa.  
-. alpha = 4.2026  
-. lambda = 14.4202  
-. beta = 4.6931

-. PHI =  $\frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot \sqrt{J2}}{fcm} + \frac{\beta \cdot I1}{fcm} - 1.0 = -0.6767$   
----> UNCRACKED. CHECK CONCRETE STRESS !!!

( ). Membrane forces.

-. NEdx = -62.6911 kN/m.  
-. NEdy = -263.8189 kN/m.  
-. NEdxy = -0.8739 kN/m.

( ). Check the minimum principal stress.

-. Sig,min = -1083.4650 KPa.  
-. alpha = 0.2336(the ratio between the two principal stress)  
1+3.80\*alpha  
-. Sig,cdmax = 0.85fcd \*  $\frac{1}{(1+\alpha)^2}$  = 24602.3892 KPa.  
-. Rat,con = Sig,min/Sig,cdmax = 0.044

[\*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : BOTTTOM, REINFORCEMENT DIR-1

( ). Information of Parameters.

-. Elem No. : 468  
-. Node No. : 681  
-. LCB No. : 14  
-. Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.  
-. Thickness : t = 1.2000 m.  
-. Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

( ). Check elements cracked or not.

[ EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101) ]

-. Sig1 = Sig,max = 3250.7229 KPa.  
-. Sig2 = Sig,min = 741.6776 KPa.  
-. Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)  
-. fcm = 43000.0000 KPa.  
-. alpha = 4.2026  
-. lambda = 14.4087  
-. beta = 4.6931

-. PHI =  $\frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot \sqrt{J2}}{fcm} + \frac{\beta \cdot I1}{fcm} - 1.0 = 0.0132$   
----> CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

### Relazione di calcolo banchina

-----  
midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]

Gen 2021  
=====

( ). Membrane forces.

- . NEdx = 182.8055 kN/m.  
- . NEdy = 854.3321 kN/m.  
- . NEdxy = 36.5157 kN/m.

( ). Necessary reinforcement and concrete stress.

- . f'tdx = 913.4902 KPa.  
- . f'tdy = 3556.6731 KPa.  
- . Sigcd = 304.2973 KPa.  
- . rhox,req = max[ f'tdx/fyd\*(ck/t), rhox,min ] = 0.0020  
- . rhoy,req = max[ f'tdy/fyd\*(ck/t), rhoy,min ] = 0.0018  
- . Asx,req = 0.0024 m^2/m. ( 0.0024 m^2/m.)  
- . Asy,req = 0.0022 m^2/m. ( 0.0022 m^2/m.)

( ). Rebar Arrangement.

- . Rebar,x : P16 @200  
- . Rebar,y : P20 @200/P14 @200

( ). Tensile strengths provided by reinforcement.

- . Asx,use = 0.0010 m^2/m. ( 0.0010 m^2/m.)  
- . Asy,use = 0.0023 m^2/m. ( 0.0023 m^2/m.)  
- . rhox,use = 0.0008  
- . rhoy,use = 0.0019  
- . ftdx = rhox,use\*fyd\*(t/ck) = 1638.5870 KPa.  
- . ftdy = rhoy,use\*fyd\*(t/ck) = 3815.2174 KPa.

( ). Concrete strength limit.

- . Sigcn = nu\*fcd = 11666.6667 KPa.

( ). Check results.

- . Rat,barx = f'tdx/ftdx = 0.5575  
- . Rat,bary = f'tdy/ftdy = 0.9322  
- . Rat,conc = Sigcd/Sigcn = 0.0261  
- . Rat = MAX[ Rat,barx, Rat,bary, Rat,conc ] = 0.9322 ---> O.K.

-----  
[\*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : BOTTOM, REINFORCEMENT DIR-2  
-----

( ). Information of Parameters.

- . Elem No. : 434  
- . Node No. : 389  
- . LCB No. : 15  
- . Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.  
- . Thickness : t = 1.2000 m.  
- . Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

### Relazione di calcolo banchina

midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]

Gen 2021

```
( ). Check elements cracked or not.
[ EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101) ]
-. Sig1 = Sig,max = 3347.2155 KPa.
-. Sig2 = Sig,min = 16.1198 KPa.
-. Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)
-. fcm = 43000.0000 KPa.
-. alpha = 4.2026
-. lambda = 14.7626
-. beta = 4.6931
-. PHI =  $\frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot \sqrt{J2}}{fcm} + \frac{\beta \cdot I1}{fcm} - 1.0 = 0.0374$ 
----> CRACKED. A SANDWICH MODEL SHOULD BE USED !!!

( ). Membrane forces.
-. NEdx = 12.6135 kN/m.
-. NEdy = 901.6039 kN/m.
-. NEdxy = -31.5486 kN/m.

( ). Necessary reinforcement and concrete stress.
-. f'tdx = 174.2570 KPa.
-. f'tdy = 3725.5731 KPa.
-. Sigcd = 262.9048 KPa.
-. rhox,req = max[ f'tdx/fyd*(ck/t), rhox,min ] = 0.0020
-. rhox,req = max[ f'tdy/fyd*(ck/t), rhox,min ] = 0.0019
-. Asx,req = 0.0024 m^2/m. ( 0.0024 m^2/m.)
-. Asy,req = 0.0023 m^2/m. ( 0.0023 m^2/m.)

( ). Rebar Arrangement.
-. Rebar,x : P16 @200
-. Rebar,y : P20 @200/P14 @200

( ). Tensile strengths provided by reinforcement.
-. Asx,use = 0.0010 m^2/m. ( 0.0010 m^2/m.)
-. Asy,use = 0.0023 m^2/m. ( 0.0023 m^2/m.)
-. rhox,use = 0.0008
-. rhox,use = 0.0019
-. ftdx = rhox,use*fyd*(t/ck) = 1638.5870 KPa.
-. ftdy = rhox,use*fyd*(t/ck) = 3815.2174 KPa.

( ). Concrete strength limit.
-. Sigcn = nu*fcd = 11666.6667 KPa.

( ). Check results.
-. Rat,barx = f'tdx/ftdx = 0.1063
-. Rat,bary = f'tdy/ftdy = 0.9765
-. Rat,conc = Sigcd/Sigcn = 0.0225
-. Rat = MAX[ Rat,barx, Rat,bary, Rat,conc ] = 0.9765 ----> O.K.
```

[\*] SHELL FLEXURAL MAXIMUM RESULT : BOTTOM, CONCRETE STRESS

```
( ). Information of Parameters.
-. Elem No. : 661
-. Node No. : 617
-. LCB No. : 67
```

### Relazione di calcolo banchina

midas Gen - RC-Shell Flexural Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]

Gen 2021

-. Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.  
-. Thickness : t = 1.2000 m.  
-. Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

( ). Check elements cracked or not.

[ EN1992-2:2005, Annex LL, (LL.101) ]

-. Sig1 = Sig,max = 1041.9246 KPa.  
-. Sig2 = Sig,min = 234.1445 KPa.  
-. Sig3 = 0.0000 KPa. (2D Element)  
-. fcm = 43000.0000 KPa.  
-. alpha = 4.2026  
-. lambda = 14.4202  
-. beta = 4.6931

-. PHI =  $\frac{\alpha \cdot J2}{fcm^2} + \frac{\lambda \cdot SQRT[J2]}{fcm} + \frac{\beta \cdot I1}{fcm} - 1.0 = -0.6767$   
---> UNCRACKED. CHECK CONCRETE STRESS !!!

( ). Membrane forces.

-. NEdx = 56.4606 kN/m.  
-. NEdy = 260.8046 kN/m.  
-. NEdxy = 1.3176 kN/m.

( ). Check the minimum principal stress.

-. Sig,min = 0.0000 KPa.  
-. fcd = 23333.3333 KPa.  
-. Rat,con = Sig,min/fcd = 0.000

midas Gen - RC-Shell Shear Checking[ Eurocode2:04 & NTC2018 ]

Gen 2021

[[[\*]]] MESHER SHELL SHEAR MAXIMUM RESULT DATA : DOMAIN 1-[1].

[\*] SHEAR SHEAR MAXIMUM RESULT

( ). Information of Parameters.

-. Elem No. : 368  
-. Node No. : 18  
-. LCB No. : 13  
-. Materials : fck = 35000.0000 KPa., fyk = 450000.0000 KPa.  
-. Thickness : t = 1.2000 m.  
-. Covering : dB = 0.0762 m., dT = 0.0762 m.

( ). Calculate the principal shear of the inner layer.

-. V\_Edx = 49.0447 kN/m.  
-. V\_Edy = 378.4809 kN/m.  
-. V\_Edo =  $SQRT[V\_Edx^2 + V\_Edy^2] = 381.6454$  kN/m.  
-. tan(Phio) =  $V\_Edy/V\_Edx = 7.7171$   
-. Rho1 =  $Rhox \cdot \cos(Phio)^2 + Rhoxy \cdot \sin(Phio)^2 = 0.0013$

( ). Calculate the design shear resistance without shear reinforcement.

-. k =  $MIN[1.0 + SQRT(200/d), 2.0] = 1.4219$   
-. C\_Rdc =  $0.18 / \Gamma_{mc} = 0.1200$   
-. Sig\_cp =  $MIN[N\_Ed / A_c, 0.2 \cdot fcd] = 0.0000$  KPa.  
-. V\_Rdc1 =  $[C\_Rdc \cdot k \cdot (100 \cdot Rho1 \cdot fck)^{1/3} + 0.15 \cdot Sig\_cp] \cdot d = 317.7803$  kN/m.  
-. V\_Rdc2 =  $[0.035 \cdot k^{3/2} \cdot SQRT(fck) + 0.15 \cdot Sig\_cp] \cdot d = 394.5275$  kN/m.  
-. V\_Rdc =  $MAX[V\_Rdc1, V\_Rdc2] = 394.5275$  kN/m.  
-. RatV =  $V\_Edo / V\_Rdc = 0.9673$  ---> O.K.

Relazione di calcolo banchina

## 10. RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

### 10.1. Descrizione dei terreni

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
$c$	Coesione del terreno espressa in [kPa]
$ca$	Adesione del terreno espressa in [kPa]
$\tau_l$	Tensione tangenziale, per calcolo portanza micropali con il metodo di Bustamante-Doix, espressa in [kPa]
$\alpha$	Coeff. di espansione laterale

Descrizione	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	Parametri	$\phi$	$\delta$	$c$	$ca$	$\tau_l$	$\alpha$
	[kN/mc]	[kN/mc]		[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	
Terreno	18.630	18.630	Caratteristici	32.00	21.33	0.0	0.0	0.0	1.00
			Minimi	32.00	21.33	0.0	0.0	0.0	
			Medi	32.00	21.33	0.0	0.0	0.0	

### 10.2. Descrizione stratigrafia e falda

Simbologia adottata

N	Identificativo strato
Z1	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
Z2	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
Z3	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
Terreno	Terreno associato allo strato
Ks	Coefficiente di spinta
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in [Kg/cm <sup>2</sup> /cm]
$\alpha$	Coeff. di sbulbatura

N	Z1	Z2	Z3	Terreno	Ks	Kw	$\alpha$
	[m]	[m]	[m]			[Kg/cm <sup>2</sup> /cm]	
1	-33.5	-33.5	-33.5	Terreno	1.000	3.090	1.000

#### Falda

Profondità dal piano campagna 0.00 [m]

### Relazione di calcolo banchina

#### 10.3. Costante di Winkler

Direzione	Simbolo	Kw
		[Kg/cm <sup>2</sup> /cm]
Verticale	Kwv	0.000
Orizzontale	Kwo	Calcolata dal programma (Kwo=Kwv*tan(φ))

#### 10.4. Carichi agenti

Dal modello ottenuto con il software Midas Gen si sono estratte le sollecitazioni in testa ai pali e tra queste si sono prese quelle che di volta in volta massimizzano le singole componenti delle sollecitazioni.

Condizione	N	Mx	My	Tx	Ty
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
1	1754.940	-621.850	0.000	0.000	-133.710
2	944.810	842.730	-730.360	-197.670	278.520
3	1712.900	-1180.740	-761.880	-203.910	-294.960
4	980.940	1043.920	-516.960	-140.020	339.110
5	1570.560	-494.590	-783.680	-208.240	-101.460
6	1436.910	-872.840	23.130	4.800	-212.750
7	1712.900	-1180.740	-761.880	-203.910	-294.960
8	1220.810	534.860	8.380	1.440	196.320
9	1570.560	-494.590	-783.680	-208.240	-101.460
10	1436.910	-872.840	23.130	4.800	-212.750
11	1712.900	-1180.740	-761.880	-203.910	-294.960
12	980.940	1043.920	-516.960	-140.020	339.110
13	1275.070	-376.880	0.000	0.000	-75.740
14	468.990	593.020	-487.630	-131.920	187.420
15	1234.360	-797.330	-509.190	-136.190	-197.100
16	493.080	727.150	-345.360	-93.490	227.810
17	1154.320	-339.730	-522.750	-138.890	-68.070
18	1050.370	-592.060	16.690	3.450	-142.300
19	1234.360	-797.330	-509.190	-136.190	-197.100
20	906.300	346.410	6.860	1.210	130.410
21	1154.320	-339.000	-522.750	-138.890	-68.070
22	1050.370	-592.060	16.690	3.450	-142.300
23	1234.360	-797.330	-509.190	-136.190	-197.100
24	493.080	727.150	-345.360	-93.490	227.810
25	683.370	94.110	98.230	25.670	46.130
26	683.370	94.110	78.700	21.810	46.130
27	861.350	-196.610	27.560	7.330	-36.790
28	861.350	-196.610	-27.560	-7.330	-36.790
29	763.970	-257.430	-78.720	-21.810	-53.830
30	763.970	-257.430	-98.250	-25.680	-53.830
31	763.970	-257.430	-98.250	-25.680	-53.830
32	762.500	-256.350	-78.700	-21.810	-53.570
33	763.430	-257.430	-78.720	-21.810	-53.830
34	852.800	-131.480	-12.120	3.220	-18.180



Relazione di calcolo banchina

Condizione	N	Mx	My	Tx	Ty
	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
35	852.800	-131.480	-12.120	-3.220	-18.180
36	705.000	-3.630	48.680	12.380	18.300
37	740.870	-158.610	-29.150	-8.510	-25.750
38	740.870	-158.610	-48.680	-12.380	-25.750
39	705.400	-3.920	48.680	12.380	18.230
40	740.460	-158.320	-48.680	-12.380	-25.680
41	705.400	-3.930	29.150	8.510	18.230
42	740.460	-158.310	-29.150	-8.510	-25.680

## 10.5. Normativa - Coefficienti di sicurezza

### Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	(A1) - STR
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1,fav}$	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{G1,sfav}$	1.30
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2,fav}$	0.80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	$\gamma_{G2,sfav}$	1.50
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi,fav}$	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qi,sfav}$	1.50
Variabili traffico	Favorevole	$\gamma_{Q,fav}$	0.00
Variabili traffico	Sfavorevole	$\gamma_{Q,sfav}$	1.35

### Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA	Coefficiente parziale	(M1)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.00
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.00
Resistenza non drenata	$C_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.00

### Coefficienti parziali $\gamma_R$ da applicare alle resistenze caratteristiche (Pali trivellati)

Resistenza	$\gamma_R$	(R1)	(R2)	(R3)
Base	$\gamma_b$	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15
Totale	$\gamma_t$	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25

### Relazione di calcolo banchina

Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

$\gamma_T$	(R1)	(R2)	(R3)
$\gamma_T$	1.00	1.60	1.30

## 10.6. Impostazioni di analisi

### Portanza verticale pali

Metodo calcolo portanza: Vesic

Andamento pressione verticale con la profondità per calcolo portanza di punta: Pressione geostatica

Andamento pressione verticale con la profondità per calcolo portanza laterale: Pressione geostatica

### Portanza trasversale pali

Costante di Winkler: da strato

Rottura palo-terreno: Pressione limite pari alla pressione passiva con moltiplicatore pari a 3.00

## 10.7. Pali

### Simbologia adottata

$N_p$	Identificativo del palo
$D$	diametro espresso in [cm]
$L$	lunghezza espressa in [m]
$N$	sforzo normale espresso in [kN]
$T_x, T_y$	taglio in fase di esercizio (direzione X ed Y) espresso in [kN]
$T$	risultante taglio espresso in [kN]
$T_u$	Taglio ultimo espresso in [kN]
$M_x, M_y$	momento in fase di esercizio (direzione X ed Y) espresso in [kNm]
$M_u$	Momento ultimo espresso in [kNm]
$M_{sez}$	Momento ultimo della sezione espresso in [kNm]
$A_f$	Area di armatura espressa in [cmq]
$N_c, N_q$	fattori di capacità portante
$N'_c, N'_q$	fattori di capacità portante corretti
$P_{lmed}, P_{lmin}$	portanza per attrito e aderenza laterale in [kN]
$P_{pmed}, P_{pmin}$	portanza di punta in [kN]
$P_d$	portanza di progetto in [kN]

### Relazione di calcolo banchina

$A_{neg}$	Attrito negativo in [kN]
$u$	spostamento orizzontale in esercizio espresso in [cm]
$u_r$	spostamento orizzontale limite espresso in [cm]
$p$	pressione in esercizio espressa in [kPa]
$p_r$	pressione limite espressa in [kPa]
$w$	cedimento in testa espresso in [cm]

## 10.8. Risultati inviluppo

### 10.8.1. Spostamenti

#### Simbologia adottata

In	Indice sezione
Y	ordinata palo espressa in [m]
Ur	spostamento limite espresso in [cm]
Pr	pressione limite espressa in [kPa]
Ue	spostamento in esercizio espresso in [cm]
Pe	pressione in esercizio espressa in [kPa]

n°	Y	Ue	Ur	Pe	Pr
	[m]	[cm]	[cm]	[kPa]	[kPa]
1	0.00	0.3432 (4)	1.1644 (20)	0.0 (0)	0.0 (0)
11	2.00	0.2753 (4)	0.8449 (20)	83.4 (4)	256.0 (20)
21	4.00	0.1637 (4)	0.4630 (20)	49.6 (4)	140.3 (20)
31	6.00	0.0721 (4)	0.1805 (20)	21.9 (4)	54.7 (20)
41	8.00	0.0166 (4)	0.0294 (4)	5.0 (4)	8.9 (4)
51	10.00	-0.0085 (4)	-0.0410 (20)	-2.6 (4)	-12.4 (20)
61	12.00	-0.0149 (4)	-0.0512 (20)	-4.5 (4)	-15.5 (20)
71	14.00	-0.0125 (4)	-0.0388 (20)	-3.8 (4)	-11.7 (20)
81	16.00	-0.0074 (4)	-0.0208 (20)	-2.2 (4)	-6.3 (20)
91	18.00	-0.0020 (4)	-0.0041 (4)	-0.6 (4)	-1.2 (4)
101	20.00	0.0032 (4)	0.0126 (20)	1.0 (4)	3.8 (20)

### 10.8.2. Sollecitazioni

#### Simbologia adottata

n°	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso, espressa in [m]
Nr	sforzo normale a rottura, espresso in [kN]
Ne	sforzo normale in esercizio, espresso in [kN]
Tr	taglio a rottura, espresso in [kN]
Te	taglio in esercizio, espresso in [kN]
Mr	momento a rottura, espresso in [kNm]
Me	momento in esercizio, espresso in [kNm]

Relazione di calcolo banchina

n°	Y	Ne	Nr	Te	Tr	Me	Mr
	[m]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1	0.00	1767.44 (1)	4930.81 (1)	366.88 (4)	887.54 (20)	758.65 (4)	1754.32 (1)
11	2.00	1795.35 (1)	4882.70 (1)	196.03 (4)	523.12 (20)	169.89 (4)	291.15 (4)
21	4.00	1802.07 (1)	4779.50 (1)	66.36 (4)	147.46 (4)	-94.21 (4)	-448.09 (20)
31	6.00	1787.60 (1)	4633.00 (1)	-0.63 (4)	-39.06 (20)	-157.62 (4)	-540.36 (20)
41	8.00	1751.93 (1)	4443.21 (1)	-24.07 (4)	-90.13 (20)	-129.92 (4)	-401.13 (20)
51	10.00	1695.07 (1)	4210.13 (1)	-24.55 (4)	-79.01 (20)	-78.97 (4)	-224.95 (20)
61	12.00	1617.02 (1)	3933.75 (1)	-16.63 (4)	-49.00 (20)	-36.44 (4)	-93.15 (20)
71	14.00	1517.78 (1)	3614.07 (1)	-8.15 (4)	-21.54 (20)	-11.08 (4)	-23.23 (4)
81	16.00	1397.34 (1)	3251.10 (1)	-2.23 (4)	-4.51 (4)	-0.62 (4)	4.27 (20)
91	18.00	1255.70 (1)	2844.83 (1)	0.43 (4)	2.84 (20)	0.91 (4)	4.39 (20)
101	20.00	1092.88 (1)	0.00 (0)	0.10 (4)	0.38 (20)	0.00 (0)	0.00 (41)

10.8.3. Carico limite

Simbologia adottata

n°	Indice palo
N	Carico verticale agente alla testa del palo, espresso in [kN]
Pd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS <sub>v</sub>	Fattore di sicurezza (Pd/N). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.
T	Carico orizzontale agente alla testa del palo, espresso in [kN]
Td	Portanza trasversale di progetto, espresso in [kN]
FS <sub>o</sub>	Fattore di sicurezza (Vd/V). Tra parentesi l'indice della combinazione con fattore di sicurezza minimo.

n°	N	Pd	FS <sub>v</sub>	T	Td	FS <sub>o</sub>
	[kN]	[kN]		[kN]	[kN]	
1	1767.44	1953.78	1.105 (1)	366.88	652.61	1.779 (4)

Dettagli calcolo portanza verticale

Simbologia adottata

n°	Indice palo
Oggetto	Oggetto di appartenenza del palo (Piastra, Plinto o Trave)
Nc, Nq	Coeff. di capacità portante
N'c, N'q	Coeff. di capacità portante corretti
Zc	Profondità andamento pressione geostatica, espressa in [m]
Pp, PI	Portanza di punta e laterale caratteristica, espresse in [kN]
A	Attrito negativo, espresso in [kN]

n°	Nc	N'c	Nq	N'q	Zc	Pp	PI	A
					[m]	[kN]	[kN]	[kN]
1	27.860	71.255	16.443	16.109	--	2418.72 2418.72	2512.15 2512.15	0.00

## 11. DICHIARAZIONI SECONDO N.T.C. 2018 (PUNTO 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto , in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo API++ Full (Platee, Plinti e Graticci) - Analisi Fondazioni

Versione 14.0

Produttore Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)

Titolo Midas Gen

Versione 2021

Produttore Midas

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

## **Relazione di calcolo banchina**

### **Modalità di presentazione dei risultati**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### **Informazioni generali sull'elaborazione**

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### **Giudizio motivato di accettabilità dei risultati**

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.