

SOGGETTO ATTUATORE DI PRIMO LIVELLO



COMUNE DI BERGAMO

COMUNE DI BERGAMO

Piazza Giacomo Matteotti, 27 - 24122 Bergamo (BG)

SOGGETTO ATTUATORE DI SECONDO LIVELLO



ATB Mobilità S.p.A.

Via Gleno, 13 - 24125 Bergamo (BG)

REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO

PROGETTO DEFINITIVO

CUP: H11B21006730001 - CIG: 9562909A25

APPALTATORE



Vitali S.p.A.

via Lombardia 2/A
20068 -Peschiera Borromeo (MI)

Mandanti:

Artelia Sas

Rue Simone Veil 16
93400 Saint-Ouen-sur-Seine
(France)

ErreGi

Piazza del Viminale 14
00184 Roma (RM)

Studio Carrara

Via T. Tasso 89
24121 - Bergamo (BG)

Pide

Via Fosse 13
36063 Marostica (VI)

Pini

Via Cavour 2
22074 - Lomazzo (CO)

PROGETTISTI

Capogruppo/mandataria

Artelia Italia S.p.A.
Piazza G. Marconi 25

00144 - Roma (RM)

IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE

Ing. Marco Gonella

IL DIRETTORE TECNICO

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. C. Rita Donato

A	Novembre 2023	PRIMA EMISSIONE	D. Santander MJ Morillo	G. Lui	G. Lui
REV	DATA	TIPO DI EMISSIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO/AUTORIZZATO

07_OPERE CIVILI

7.1_DEPOSITI VIA GLENO (BERGAMO) E VIA PER LEVATE (OSIO SOPRA)

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

SCALA:

Commissa	Lotto	Fase	Tratto	Tipo doc.	Disciplina / WBS 1-2	Progressivo doc	Revisione	DATA:
B 2 3 D	0 0	D	0 0	R H	F V D 0 0 0	0 0 1	A	NOVEMBRE 2023
COMMISSA	LOTTO	FASE	WBS	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div>Mandanti:</div> <div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div><small>SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</small></div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div><small>SMART ENGINEERING</small></div></div><div><div>studioCARRARA</div><div><small>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</small></div><div><i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	2 di 118

Indice

1. RELAZIONE DESCRIPTIVA	5
2. RIFERIMENTI	7
2.1 NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	7
2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO	8
2.3 UNITÀ DI MISURA, CONVENZIONI E SISTEMI DI SEGNO	8
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SITO	9
4. RELAZIONE SUI MATERIALI	10
4.1 OPERE IN CALCESTRUZZO	10
4.1.1 Acciaio di armatura	10
4.1.2 Conglomerato cementizio per elementi in cls (Deposito Via Gleno)	11
4.1.3 Conglomerato cementizio per elementi in cls (Deposito Via per Levate)	11
4.2 OPERE IN ACCIAIO	12
4.2.1 Carpenteria metallica	12
4.2.1 Armatura micropalo.....	12
5. DEFINIZIONE DELLE AZIONI	13
5.1 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	13
5.1.1 Pericolosità Sismica di Base.....	13
5.1.2 Determinazione del Periodo di Riferimento	13
5.1.3 Stati Limite e relative probabilità di superamento.....	15
5.2 CATEGORIA DEL SOTTOSUELO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	16
5.2.1 Categoria del Sottosuolo – Deposito Via Gleno	17
5.2.2 Categoria del Sottosuolo – Deposito Via per Levate	17
5.2.3 Condizioni topografiche.....	17
5.3 METODO DI ANALISI SISMICA	18
5.3.1 Analisi della struttura della pensiline	18
5.4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO	19
5.4.1 Spetto di Risposta elastico – Deposito via Gleno	19
5.4.2 Spetto di Risposta elastico -Deposito per via Levate	20
5.4.3 Spetto di risposta di progetto	22
5.5 ANALISI DEI CARICHI PERMANENTI E VARIABILI	22
5.5.1 Azioni Permanenti	22

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>   <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>3 di 118</p>

5.5.2	Carichi d' esercizio	23
5.5.3	Azioni variabili: Carico di neve	23
5.5.4	Azioni variabili: Carico di vento	25

6. VERICHE STRUTTURALI IMPALCATO E PILASTRI..... 30

6.1	COMBINAZIONE DELLE AZIONI DI PROGETTO	30
6.1.1	Combinazione Fondamentale (SLU)	30
6.1.2	Combinazione Rara o Caratteristica (SLE)	31
6.1.3	Combinazione Frequente (SLE)	31
6.1.4	Combinazione Quasi Permanente (SLE)	32
6.1.5	Combinazione Sismica (SLU e SLE)	32
6.1.6	Combinazione Eccezionale (SLU)	32
6.2	MODELLAZIONE FEM	34
6.2.1	Modello di calcolo	34
6.2.2	Carichi applicati	35
6.2.3	Analisi dinamica lineare	40
6.3	VERIFICHE STRUTTURALI- DEPOSITO VIA GLENO	43
6.3.1	Verifica della pensiline	43
6.3.2	Verifica della deformazione	54
6.3.3	Verifica dei pilastri	56
6.4	VERIFICHE STRUTTURALI – DEPOSITO VIA PER LEVATE	57
6.4.1	Verifica della pensiline	57
6.4.2	Verifica della deformazione	65

7. FONDAZIONI – DEPOSITO VIA GLENO..... 67

7.1	Introduzione	67
7.2	Parametri geotecnici di riferimento	69
7.3	Tipologia di fondazione.....	69
7.4	Calcolo dei carichi assiali sui pali	69
7.5	Cenni Teorici.....	70
7.5.1	Capacità portante a carichi assiali dei pali di fondazione.....	70
7.5.2	Capacità portante a carichi trasversali dei pali di fondazione.....	72
7.6	Verifiche Fondazioni tipo 1	74
7.6.1	Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione statica	76
7.6.1	Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione sismica	77

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	4 di 118

7.6.2	Verifica di stabilità	78
7.6.1	Verifica strutturale per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	78
7.6.1	Verifica strutturale dei pilastri per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	80
7.6.2	Verifica strutturale della basse colonna in acciaio	83
7.7	Verifiche Fondazioni tipo 2	90
7.7.1	Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione statica	90
7.7.2	Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione sismica	92
7.7.3	Verifica di stabilità	93
7.7.4	Verifica strutturale per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	93
7.8	Verifiche Fondazioni tipo 3	96
7.8.1	Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione statica	96
7.8.2	Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione sismica	98
7.8.3	Verifica della capacità portante a carichi trasversali (SLU-GEO)...	99
7.8.4	Verifica strutturale dei micropali per sollecitazioni assiali, flessionali e di taglio (SLU-STR)	99
7.8.5	Verifica strutturale del plinto per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	100

8. FONDAZIONI – DEPOSITO VIA PER LEVATE 101

8.1	Introduzione	101
8.2	Verifiche geotecniche	102
8.2.1	Verifica della capacità portante (SLU-GEO) condizione statica ...	102
8.2.1	Verifica della capacità portante (SLU-GEO) condizione sismica ..	104
8.3	Verifiche strutturali	105
8.3.1	Verifica strutturale della fondazione per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	105
8.3.1	Verifica strutturale della trave di collegamento per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	108
8.3.1	Verifica strutturale dei pilastri per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)	110
8.3.2	Verifica del collegamento Colonna – Plinto	111

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA</p> <p><i>Design builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>5 di 118</p>

1. RELAZIONE DESCRIPTIVA

La presente relazione di calcolo contiene le verifiche strutturali per le seguenti opere:

- Pensilina del deposito ATB (Bergamo) in Via Gleno
- Pensilina del deposito BRT (Osio Sopra) in via per Levate

La pensilina in via Gleno è costituita da una struttura metallica reticolare spaziale in tubi saldati a sezione circolare di luce 12,1 m e lunghezza 120 m.

Le campate centrali poggiano su 4 pilastri in cemento armato.

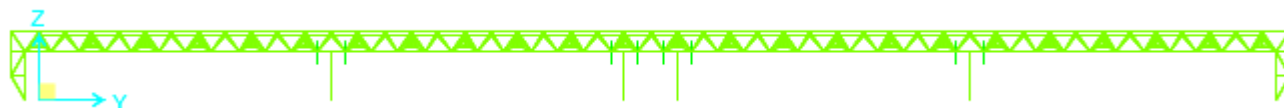


Figura 1.1 Sezione longitudinale della pensiline

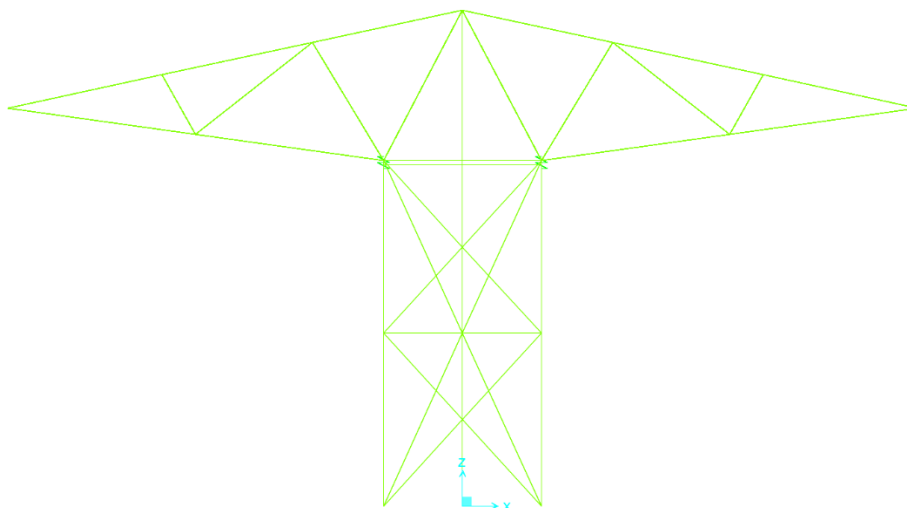


Figura 1.2 Sezione trasversale della pensiline

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA <i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	6 di 118

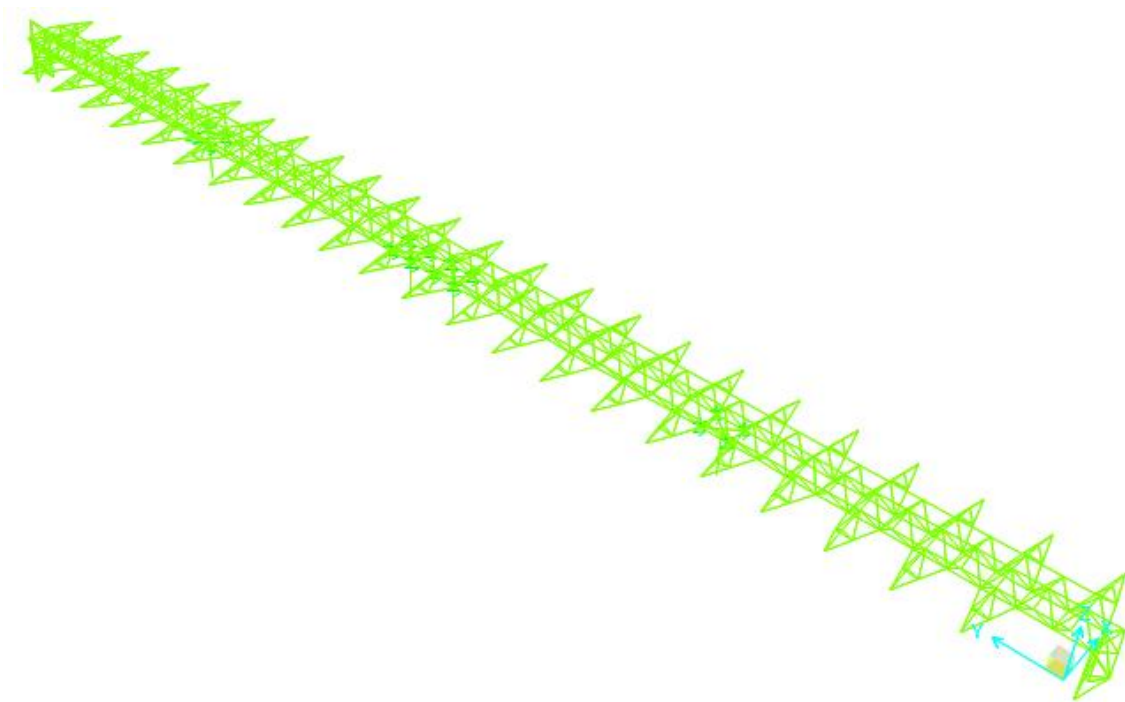


Figura 1.3 Modello 3D

La pensilina in Osio Sopara è costituita da una struttura metallica composta da 2 telai strutturali in senso longitudinale, per una lunghezza complessiva di 33m costituiti da profili HEB e HEA e da un telaio a sbalzo in senso trasversale per una lunghezza complessiva dello sbalzo di 21.3m.

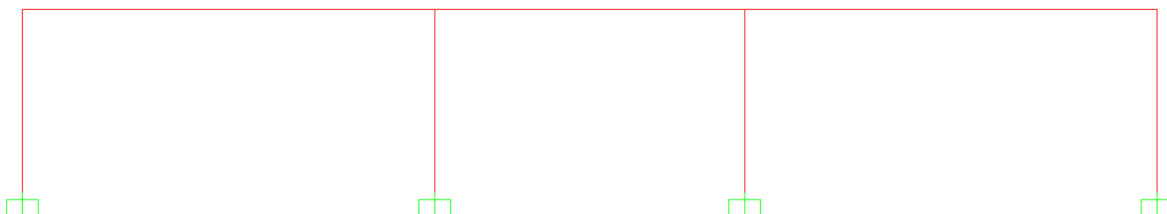


Figura 1.4 Sezione longitudinale della pensilina

<p>Capogruppo/mandataria:</p> <p>ARTELIA Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p> <p>ARTELIA Passion & Solutions France</p> <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p> <p>pide</p> <p>OPINI SMART ENGINEERING</p> <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p><i>Urban builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>7 di 118</p>

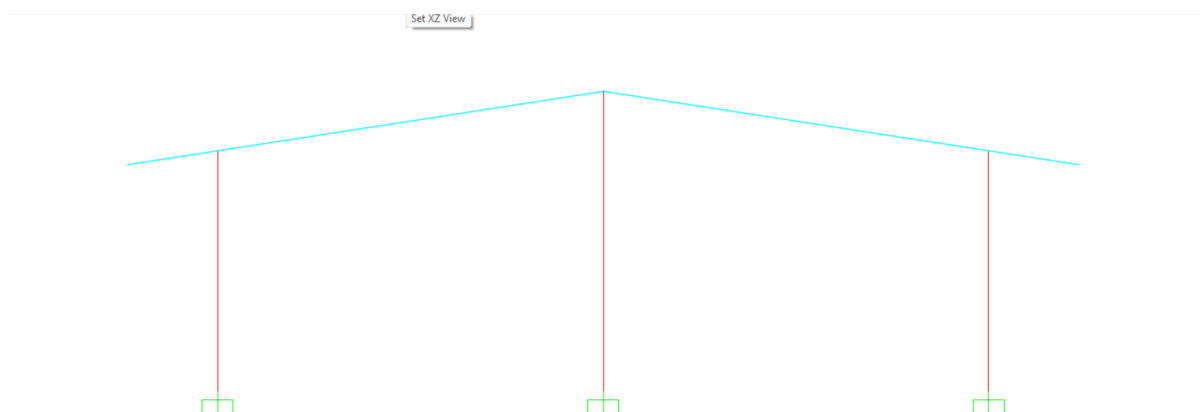


Figura 1.5 Sezione trasversale della pensiline

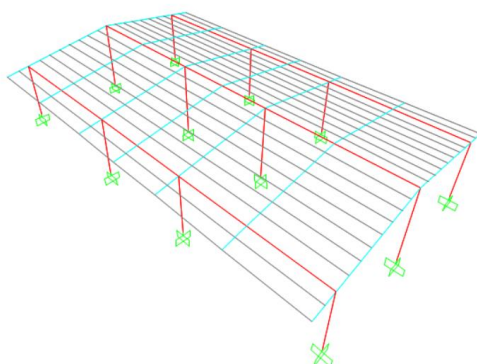


Figura 1.6 Modello 3D

2. RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

La progettazione e verifica degli interventi è stata condotta ai sensi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"" e della relativa "Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

I principali riferimenti normativi sono di seguito elencati:

1. DM 17/01/2018: "Norme tecniche per le costruzioni", abbreviate nel seguito con l'acronimo "NTC 2018";

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p>  SMART ENGINEERING</p> <p><i>Design builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>8 di 118</p>

2. Circ. 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP.: "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni";
3. UNI EN 1990:2006
 - a. Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture
 - b. Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo
 - c. Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
 - d. Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica
 - e. Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

2.2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

I principali elaborati di riferimento sono di seguito elencati:

- Pensiline depositi - Planimetria e pianta pensiline deposito via Gleno B23D00D00P9FVDB00001A
- Pensiline depositi - Planimetria e pianta pensiline deposito via per Levate B23D00D00P9FVDO00002A
- Pensiline deposito via Gleno – Fondazioni B23D00D00BXFVDB00003A
- Pensiline deposito via per Levate – Fondazioni B23D00D00BXFVDO00004A
- Pensiline deposito via Gleno - Piante e Sezioni B23D00D00WBFVDB00005A
- Pensiline deposito via per Levate - Piante e Sezioni B23D00D00WBFVDO00006A
- Relazione geotecnica B23D00D00GE0006001A

2.3 UNITÀ DI MISURA, CONVENZIONI E SISTEMI DI SEGNO

Ove non sia diversamente specificato, le grandezze contenute nel seguito sono espresse nelle seguenti unità di misura:

- lunghezza : m
- forza : KN

I diametri delle barre di armatura lenta sono sempre espressi in millimetri.

I carichi agenti sull'impalcato sono positivi se diretti verso il basso.

Le tensioni sono positive se di trazione, sia per quanto riguarda il calcestruzzo che l'acciaio.

Si considera l'impalcato come un piano in cui un sistema di assi ortogonali x,y individua ogni punto di esso.

L'asse x è assunto longitudinalmente all'asse delle travi, l'asse y ortogonalmente.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>REDAZIONE ARCHITETTURA (S) INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGRESSO <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
7.0 Opere Civili	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo strutturale	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	9 di 118

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO DEL SITO

Tenendo in conto quanto riportato nel documento B23D00D00GEGE0006001A, nel seguito si riporta la tabella di sintesi dei principali parametri geotecnici, per ciascuna delle unità geotecniche identificate lungo il tracciato della nuova linea E-BRT.

Descrizione litologica	Unità geotecnica	Peso specifico naturale	Valori statistici	Densità Relativa, Dr	Angolo d'attrito		Modulo di elasticità		Coesione non drenata
		γ							
ID	UG	kg/m³		%	Road Bridge Specification φ' (°)	Schmertmann, 1977 φ' (°)	Bowles, 1995; E (MPa)	Burland & Burbidge, 1985 e E (MPa)	Terzaghi-Peck, 1948 cu (kPa)
Depositi superficiali prevalentemente limoso-argillosi derivati dalla pedogenizzazione e terreni di riporto fini	A	1600 - 1800	n° valori	255	255		255		255
			DEV. STD	21	4		2		38
			MINIMO	12	19		5		6
			MAX	113	35		14		166
			MEDIA	49	26		8		52
			Val. caratter.	47	25		7		48
Limi argillosi con ciottoli alterati e disgregati	B	1700 - 1900	n° valori	1994	1994		1994		1994
			DEV. STD	13	4		2		44
			MINIMO	11	19		5		7
			MAX	96	36		20		288
			MEDIA	37	27		8		65
			Val. caratter.	37	27		8		63
Ghiaie con ciottoli in matrice limoso-argillosa prevalente e subordinatamente sabbiosa	C	2000 - 2200	n° valori	1283		1283		1283	
			DEV. STD	19		2		68	
			MINIMO	11		36		1	
			MAX	106		45		386	
			MEDIA	46		39		64	
			Val. caratter.	45		39		61	
Conglomerati da poco cementati a semi-litificati alterati e fratturati	D	2200 - 2400	n° valori	32		32		32	
			DEV. STD	15		1		28	
			MINIMO	13		36		2	
			MAX	65		41		110	
			MEDIA	28		37		22	
			Val. caratter.	24		37		14	

Nella tabella seguente si riportano i principali parametri geotecnici dei litotipi presenti nel settore dell'area di deposito ATB di Bergamo, Via Gleno.

Tali parametri sono stati ottenuti dalle sole indagini storiche disponibili sul Geoportale della Lombardia.

Unità geotecnica A: terreno superficiale di riporto; spessore circa 1 m

Unità geotecnica B: Limi argillosi con ciottoli alterati e disgregati; da 1 ad almeno 10m di profondità

Falda assente sulla base dei dati disponibili.

Tabella 1 Parametri Geotecnici

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REDAZIONE ARCHITETTURA INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGRESSO</div><div>Urban builders</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
7.0 Opere Civili	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo strutturale	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	10 di 118

Area deposito di Bergamo ATB										
Descrizione litologica	Unità geotecnica	Peso specifico naturale	Valori statistici	Densità Relativa, Dr	Angolo d'attrito		Modulo di elasticità		Coesione non drenata	Modulo elastico non drenato
ID	UG	kg/m³		Bazaara (1967)	Road Bridge Specification	Schmertmann, 1977	Bowles, 1995;	Burland & Burbidge, 1985	Terzaghi-Peck, 1948	Eu
			n° valori	%	ϕ^i (°)	ϕ^i (°)	E (MPa)	E (MPa)	cu (kPa)	[MPa]
Depositi superficiali prevalentemente limoso-argillosi derivati dalla pedogenizzazione e terreni di riporto fini	A	1600 - 1800	DEV. STD	33	33		33		33	33
			MINIMO	21	4		2		38	40
			MAX	27	21		6		14	15
			MEDIA	66	30		9		86	68
			Val. caratter.	45	24		7		37	34
				39	23		6		26	22
Limi argillosi con ciottoli alterati e disgregati	B	1700 - 1900	n° valori	302	302		302		302	302
			DEV. STD	13	4		2		44	46
			MINIMO	15	19		5		7	8
			MAX	82	36		36		202	212
			MEDIA	34	26		8		53	56
			Val. caratter.	33	26		8		49	52

La categoria di sottosuolo si definisce come C.

Non avendo riscontrato delle indagini geotecniche ed una parametrizzazione specifica per la zona del deposito di Levate; si assumono validi i principali parametri geotecnici dei litotipi presenti nel settore dell'area di deposito ATB di Bergamo, Via Gleno.

La categoria di sottosuolo si definisce come B.

4. RELAZIONE SUI MATERIALI

Si presentano di seguito i principali materiali da costruzione utilizzati per la realizzazione di nuovi elementi.

4.1 OPERE IN CALCESTRUZZO

Per la verifica delle colonne e delle fondazioni esistenti degli edifici in calcestruzzo è richiesto l'utilizzo dei seguenti materiali strutturali.

4.1.1 Acciaio di armatura

Acciaio B450 C per tutti gli elementi in c.a. saldabile qualificato secondo le procedure di cui al §11.3.1.2 del D.M. del 17/01/2018 e controllato con le modalità riportate al § 11.3.2.11 del D.M. del 17/01/2018.

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INEGNERIA Design builders</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	11 di 118

Si adotta il legame costitutivo σ - ε elastico-perfettamente plastico (b) ai sensi § 4.1.2.1.2.2 del D.M. del 17/01/2018.

Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk}=450 \text{ N/mm}^2$

Tensione di snervamento di progetto: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.3 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk}=540 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico: $E_s=210000 \text{ MPa}$

Coefficiente di sicurezza del materiale $\gamma_s=1.15$

4.1.2 Conglomerato cementizio per elementi in cls (Deposito Via Gleno)

I coefficienti di sicurezza per la determinazione delle resistenze di calcolo del calcestruzzo sono indicati nel § 4.1.2.1.1 del D.M. 17/01/2018 e sono i seguenti:

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale: $\gamma_c = 1.5$.

Coefficiente riduttivo per i carichi a lunga durata: $\alpha_{cc} = 0.85$

a. Pilastri e Fondazioni C32/40

Resistenza cubica caratteristica: $R_{ck}=40.0 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck}=33.20 \text{ N/mm}^2$

Resistenza di progetto: $f_{cd} = \frac{\alpha_c \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 33.20}{1.5} = 18.81 \text{ N/mm}^2$

Modulo elastico: $E_c=33642.8 \text{ N/mm}^2$

Peso per unità di volume (armato): $\gamma=25 \text{ KN/m}^3$

4.1.3 Conglomerato cementizio per elementi in cls (Deposito Via per Levate)

I coefficienti di sicurezza per la determinazione delle resistenze di calcolo del calcestruzzo sono indicati nel § 4.1.2.1.1 del D.M. 17/01/2018 e sono i seguenti:

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale: $\gamma_c = 1.5$.

Coefficiente riduttivo per i carichi a lunga durata: $\alpha_{cc} = 0.85$

a. Fondazioni C28/35

Resistenza cubica caratteristica: $R_{ck}=35.0 \text{ N/mm}^2$

Resistenza cilindrica caratteristica: $f_{ck}=29.05 \text{ N/mm}^2$

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	12 di 118

Resistenza di progetto:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_c \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0.85 \cdot 29.05}{1.5} = 16.46 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_c = 32588.1 \text{ N/mm}^2$$

Peso per unità di volume (armato):

$$\gamma = 25 \text{ KN/m}^3$$

4.2 OPERE IN ACCIAIO

4.2.1 Carpenteria metallica

Per la realizzazione della struttura portante delle pensiline é previsto l'impiego di acciaio per carpenteria metallica S355 certificato e conforme alle norme armonizzate della serie UNI En 1005, UNI EN 10210 e UNI EN 10219-1.

Si adotta il legame costitutivo σ - ϵ elastico-perfettamente plastico (b) ai sensi del 4.1.2.1.2.2 delle NTC 2018.

Qualità

S355

Tensione caratteristica all' 1% di deformazione:

$$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

4.2.1 Armatura micropalo

Per la realizzazione della armatura dei micropali é previsto l'impiego di acciaio S275.

Qualità

S275

Tensione caratteristica all' 1% di deformazione:

$$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$$

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

Modulo elastico:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale:

$$\gamma_{M0} = 1.05$$

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	13 di 118

5. DEFINIZIONE DELLE AZIONI

5.1 VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

5.1.1 Pericolosità Sismica di Base

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi limiti considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria C quale definita ai sensi del D.M. 17/01/2018 § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definito ai sensi del D.M. 17/01/2018 § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito ai sensi del D.M. 17/01/2018 § 2.4.

5.1.2 Determinazione del Periodo di Riferimento

Secondo il D.M. 17/01/2018 § 2.4.3 le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$V_R = V_N * C_U$$

La vita nominale dell'opera VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata nella seguente tabella (ai sensi del D.M. 17/01/2018 § 2.4.1 tabella 2.4.I).

c	TIPO DI COSTRUZIONE	VITA NOMINALE VN (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisoriale - Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensione contenute o di importanza normale	≥50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><p>Passion & Solutions Italia</p></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><p>Passion & Solutions France</p><p>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p><p>pide</p><p>PINI SMART ENGINEERING</p><p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENNERIA <i>dream builders</i></p></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	14 di 118

In questo caso si ha un tipo 2.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastruttura, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche in 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 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.

In questo caso si ha una Classe II.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della Classe d'uso, come mostrato ai sensi del D.M. 17/01/2018 § 2.4.3 tabella 2.4.II.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Perciò si ottiene:

$$V_R = V_N * C_U = 50 * 1 = 50 \text{ anni}$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>  <p>PIDE</p>  <p>PINI SMART ENGINEERING</p>  <p>Dina Builders</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>15 di 118</p>

5.1.3 Stati Limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite d'esercizio sono:

- **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 rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità 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.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella 3.2.1. ai sensi del D.M. 14.01.2018.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div> Passion & Solutions Italia</div> <div>Mandanti:</div> <div> Passion & Solutions France</div> <div> ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div> <div> pide</div> <div> OPINI SMART ENGINEERING</div> <div> studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA <i>Dream builders</i></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	16 di 118

Stati Limite		P _{VR} Probabilità di superamento nel period di riferimento V _R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati Limite Ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente a ciascun stato limite vale:

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

I valori sono riportati nella seguente tabella.

Stati Limite		T _R (anni)
Stati limite di esercizio	SLO	30
	SLD	50
Stati Limite Ultimi	SLV	475
	SLC	975

5.2 CATEGORIA DEL SOTTOSUELO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Si seguono le indicazioni contenute nel § 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 relative alla classificazione del sottosuolo e all'individuazione delle condizioni topografiche della superficie del sito oggetto dell'intervento.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante analisi del sottosuolo, come indicato ai sensi del D.M. 17/01/2018 al § 7.11.3.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div>Mandanti:</div> <div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGRESSO <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>17 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	17 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	17 di 118								

5.2.1 Categoria del Sottosuolo – Deposito Via Gleno

Da quanto riportato nel paragrafo relativo alle Caratterizzazione Geotecnica del sottouolo presente del sito si evince che il sottosuolo rientra nella categoria C.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

5.2.2 Categoria del Sottosuolo – Deposito Via per Levate

Da quanto riportato nel paragrafo relativo alle Caratterizzazione Geotecnica del sottouolo presente del sito si evince che il sottosuolo rientra nella categoria B.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

5.2.3 Condizioni topografiche

La risposta sismica riferita ad un sottosuolo rigido di categoria A deve quindi essere amplificata da opportuni coefficienti d'amplificazione che tengono conto della diversa stratigrafia

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div>Mandanti:</div> <div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	18 di 118

del sito; essi sono: SS, coefficiente stratigrafico e CC, coefficiente che modifica il periodo, TC corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico.

Allo scopo di individuare le condizioni topografiche della superficie del sito e valutare i corrispondenti coefficienti amplificativi topografici, ST della risposta sismica finale la Normativa mette a disposizione la seguente classificazione:

<i>Categoria</i>	<i>Classificazione della superficie topografica</i>	<i>S_T</i>
<i>T1</i>	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	<i>1.0</i>
<i>T2</i>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	<i>1.2</i>
<i>T3</i>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i < 30^\circ$	<i>1.2</i>
<i>T4</i>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	<i>1.4</i>

5.3 METODO DI ANALISI SISMICA

5.3.1 Analisi della struttura della pensiline

I metodi di analisi impiegati sono, in accordo con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018, quello statico lineare e il dinamico lineare con spettro di risposta.

Il metodo di analisi dinamica lineare propone una rappresentazione dell'azione sismica semplificata secondo uno spettro di risposta. Lo spettro di risposta fornisce i valori massimi delle grandezze cinematiche, quali accelerazione, velocità e spostamento, di un sistema strutturale semplificato in un oscillatore semplice secondo il periodo proprio di vibrare. Con questo strumento, i metodi d'analisi lineari ipotizzano una configurazione deformata della struttura e valutano, rispetto a questa, l'azione sismica di progetto da considerare ai fini del calcolo delle sollecitazioni. Le capacità dissipative dovute al comportamento oltre il limite elastico del materiale e degli elementi strutturali sono racchiusi in un fattore riduttivo dello spettro di risposta. Il metodo d'analisi non lineare consente di valutare il reale comportamento del sistema strutturale soggetto ai carichi verticali e ad una certa distribuzione di forze orizzontali sismiche, poiché tiene conto di tutte le non linearità del sistema: la configurazione d'equilibrio delle forze è calcolata sulla base di una deformata indotta dallo stesso sistema di forze che la genera. Per

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studio CARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	19 di 118

le verifiche oggetto della presente relazione , si procederà seguendo l'approccio del metodo dinamico multimodale con spettro di risposta.

5.4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

La determinazione dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione è svolta secondo quanto indicato al § 3.2 del DM 17/01/2018, per uno smorzamento convenzionale del 5% e a partire dai valori assunti dei seguenti parametri riferiti al suolo rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima del sito;

F_c 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.

5.4.1 Spetto di Risposta elastico – Deposito via Gleno

Bergamo, regione Lombardia, dove sorge l'opera; è individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 45.698

Longitudine: 9.677

Altezza: 249 m.s.l.m.m

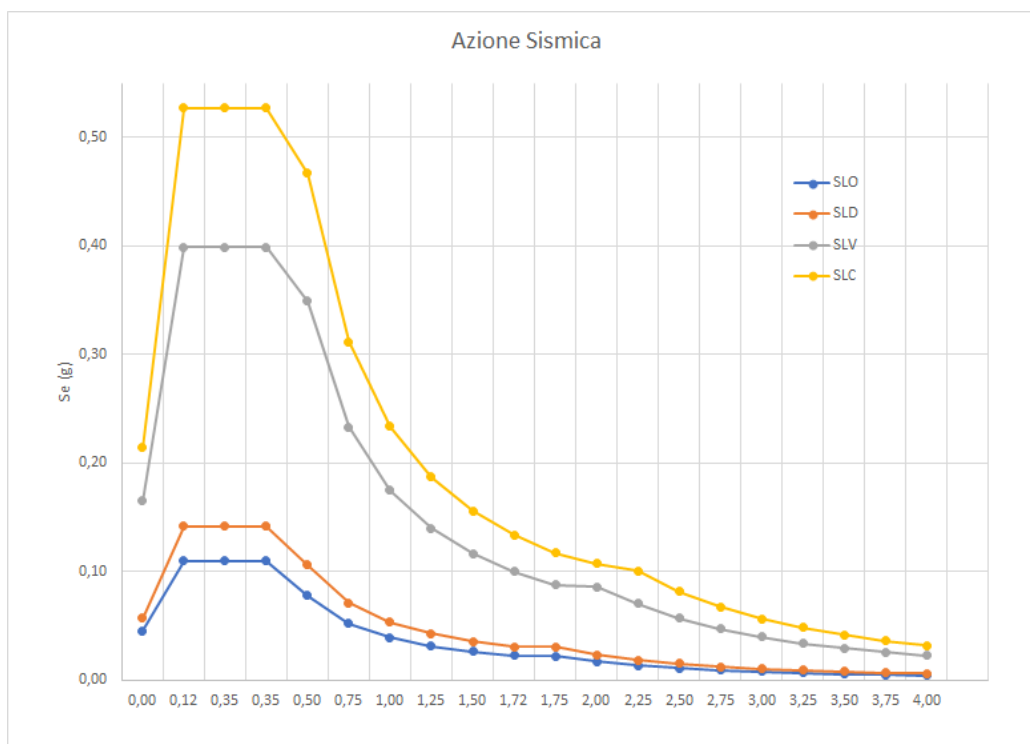
Considerando quanto prescritto al § 3.2.3 del DM 17/01/2018 e i valori dei coefficienti, si ha:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

I valori indicati dalla Normativa per i quattro stati limite sono riassunti nella seguente tabella.

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
7.0 Opere Civili Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO FVD000 001	REV. A	FOGLIO 20 di 118

<i>Stati Limite</i>	P_{VR}	T_R (anni)	a_g/g	F₀	T*c(sec)
<i>SLO</i>	81%	30	0,0300	2,4380	0,1980
<i>SLD</i>	63%	50	0,0380	2,4800	0,2150
<i>SLV</i>	10%	475	0,1100	2,4180	0,2710
<i>SLC</i>	5%	975	0,1440	2,4610	0,2760



5.4.2 Spetto di Risposta elastico -Deposito per via Levate

Osio Sopra, provincia di Bergamo, dove sorge l'opera; è individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 45.629

Longitudine: 9.585

Altezza: 192 m.s.l.m.m

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	21 di 118

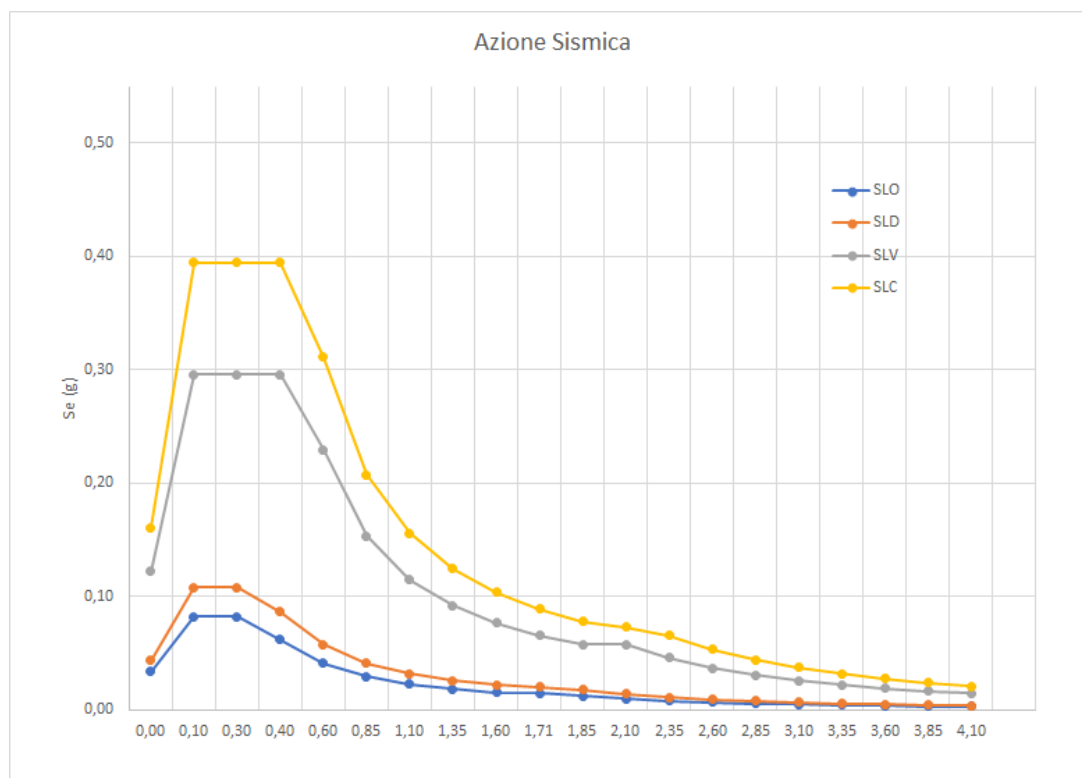
Considerando quanto prescritto al § 3.2.3 del DM 17/01/2018 e i valori dei coefficienti, si ha:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

I valori indicati dalla Normativa per i quattro stati limite sono riassunti nella seguente tabella.

Stati Limite	P_{VR}	T_R (anni)	a_g/g	F_0	$T^*_c(sec)$
<i>SLO</i>	81%	30	0,0278	2,4544	0,1971
<i>SLD</i>	63%	50	0,0362	2,4868	0,2128
<i>SLV</i>	10%	475	0,1015	2,4283	0,2717
<i>SLC</i>	5%	975	0,1340	2,4527	0,2772

Capogruppo/mandataria:  Mandanti:     	PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-					
7.0 Opere Civili Relazione di calcolo strutturale	COMMESSA B23D	LOTTO 00 D 00	CODIFICA RH	DOCUMENTO FVD000 001	REV. A	FOGLIO 22 di 118



5.4.3 Spetto di risposta di progetto

Lo spettro di risposta di progetto è ottenuto riducendo le ordinate dello spettro elastico per un fattore di struttura che tiene conto, in modo semplificato, della capacità dissipativa anelastica del sistema strutturale resistente alle forze sismiche. In questo caso viene assunto a favore di sicurezza $q=1$.

5.5 ANALISI DEI CARICHI PERMAENTI E VARIABILI

Le azioni da considerare nella progettazione della pensiline sono state determinati in accordo con le prescrizione delle "Norme tecniche per le Costruzioni" del 17/01/2018.

5.5.1 Azioni Permanenti

Il peso proprio degli elementi strutturali in acciaio è attribuito automaticamente dal programma di calcolo considerando le seguenti densità dei materiali:

- acciaio: 78,5 kN/m³
- calcestruzzo: 25,0 kN/m³

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>SERVIZIO INGEGNERIA E PROGETTAZIONE ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>23 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	23 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	23 di 118								

A titolo meramente indicativo, l'incidenza del peso proprio della struttura della copertura è di circa 0,50 kN/m².

5.5.2 Carichi d' esercizio

I carichi di esercizio sono definiti da quanto previsto al § 3.1.4 del DM del 17/01/2018.

Cat.	Ambienti	q _k [kN/m ²]	Q _k [kN]	H _k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale. Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi. (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	Uffici. Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole	3,00	2,00	1,00
	Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	5,00	5,00	3,00
D	Ambienti ad uso commerciale. Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	5,00	5,00	2,00
E	Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale. Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	6,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	—	—	—
F-G	Rimesse e parcheggi. Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	—	—	—
H	Coperture e sottotetti Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50	1,20	1,00
	Cat. H2 Coperture praticabili	secondo categoria di appartenenza		
	Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	—	—	—

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso

5.5.3 Azioni variabili: Carico di neve

Il carico provocato dalla neve sulla copertura è valutato, secondo quanto disposto al § 3.4.1. del D.M. 17 gennaio 2018, mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t$$

Dove:

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><p>Passion & Solutions Italia</p></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><p>Passion & Solutions France</p></div><div><p>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p></div><div><p>pide</p></div><div><p>OPINI SMART ENGINEERING</p></div><div><p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Dream builders</i></p></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	24 di 118

q_s è il carico da neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo [kN/m²] per un periodo di ritorno di 100 anni;

c_E è il coefficiente di esposizione;

c_t è il coefficiente termico.

5.5.3.1 Carico di neve – Deposito via Gleno

Nel caso in esame, la struttura è ubicata nella regione Lombardia, nel comune di Bergamo, corrispondente a una Zona I; considerando un'altezza sul livello del mare di circa 249 m, il corrispondente valore del carico da neve al suolo q_{sk} è pari a:

$$q_{sk} = 1.39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 = 1.55 \text{ kN/m}^2$$

Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente di forma μ_i , esso dipende unicamente dall'angolo α formato dalla falda del tetto con l'orizzontale. Poiché la struttura in esame presenta un unico piano orizzontale, si può considerare un unico valore di tale coefficiente di forma che risulterà pari a 0,8.

Nel caso del coefficiente di esposizione e del coefficiente termico si prendono i valori D.M. 17/01/2018 al § 3.4.4 e 3.4.5.

Si ottiene:

- Battuta dai venti

$$q_s = 0.8 * 1.55 * 0.9 * 1.0 = 1.12 \text{ kN/m}^2$$

- Normale

$$q_s = 0.8 * 1.55 * 1.0 * 1.0 = 1.24 \text{ kN/m}^2$$

5.5.3.1 Carico di neve – Deposito via per Levate

Nel caso in esame, la struttura è ubicata nella regione Lombardia, nel comune di Osio Sopra, corrispondente a una Zona I; considerando un'altezza sul livello del mare di circa 192 m, il corrispondente valore del carico da neve al suolo q_{sk} è pari a:

$$q_{sk} = 1.5 \text{ kN/m}^2$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI</p> <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA</p> <p>ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p>Design builders</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>25 di 118</p>

Per quanto riguarda la determinazione del coefficiente di forma μ_i , esso dipende unicamente dall'angolo α formato dalla falda del tetto con l'orizzontale. Poiché la struttura in esame presenta un unico piano orizzontale, si può considerare un unico valore di tale coefficiente di forma che risulterà pari a 0,8.

Nel caso del coefficiente di esposizione e del coefficiente termico si prendono i valori D.M. 17/01/2018 al § 3.4.4 e 3.4.5.

Si ottiene:

- Battuta dai venti

$$q_s = 0.8 * 1.5 * 0.9 * 1.0 = 1.08 \text{ kN/m}^2$$

- Normale

$$q_s = 0.8 * 1.5 * 1.0 * 1.0 = 1.2 \text{ kN/m}^2$$

5.5.4 Azioni variabili: Carico di vento

Si considerano le seguenti azioni del vento agenti:

- in direzione ortogonale alla copertura sia in pressione che in depressione;
- in direzione tangenziale alla copertura;

5.5.4.1 Pressione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$P = q_r * C_e * C_p * C_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento;
- C_e è il coefficiente di esposizione;
- C_p è il coefficiente di pressione;
- C_d è il coefficiente dinamico

a) Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento è data dall'espressione:

7.0 Opere Civili

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

B23D

00 D 00

RH

FVD000 001

A

26 di 118

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * V_r^2$$

dove:

vr velocità di riferimento del vento in m/s

ρ densità dell'aria assunta costante e pari a 1.25 kg/m^3

b) Velocità di base di riferimento

In mancanza di specifiche indagini statistiche, la velocità di base di riferimento viene definita dalla seguente espressione:

$$V_b = V_{b,0} * C_a$$

dove:

$v_{b,0}$ velocità di riferimento del vento

c_a , coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_a * \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_s > a_0$$

Dove a_0 e k_a sono parametri assegnati in funzione della zona geografica, mentre a_s è la latitudine sul livello del mare del sito in esame

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

In base alla zona geografica (Zona 1) ed all'altitudine del sito (circa 249 m.s.l.m. per il deposito in via Gleno, e circa 192 m.s.l.m. per il deposito in via per Levate) si ottiene:

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	27 di 118

$$V_b = V_{b,0} * C_a = 25 \text{ m/s}$$

c) Periodo di ritorno e velocità di riferimento di progetto;

In mancanza di specifiche indagini statistiche, la velocità viene definita dalla seguente espressione:

$$V_r = V_b * C_r$$

dove:

V_b è la velocità base di riferimento

C_r è il coefficiente di ritorno

Ove non specificato diversamente, si assumerà $T_R = 50$ anni, cui corrisponde $c_r = 1$.

$$V_r = 25 \text{ m/s}$$

d) Coefficiente di topografia;

In mancanza di più approfondite valutazioni, il coefficiente di topografia è posto di regola pari a 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

e) Coefficiente di esposizione;

Il coefficiente di esposizione é fornito dalla seguente relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 * \ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) * c_t(z_{min}) * \left[\ln\left(\frac{z_{min}}{z_0}\right) * c_t(z_{min}) + 7\right] \quad \text{per } z \leq z_{min}$$

$$c_e(z) = k_r^2 * \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) * c_t(z) * \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) * c_t(z) + 7\right] \quad \text{per } z > z_{min}$$

SI sceglie la classe A come classe di rugosità del terreno caratteristica del sito.

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>28 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	28 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	28 di 118								

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Pertanto, considerata la zona e l'altitudine del sito, la costruzione è ubicata nella categoria di esposizione V, i cui parametri risultano i seguenti:

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa					
	mare					
	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

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

k_r 0.23

z_0 0.70 m

z_{min} 12 m

Si assume un'altezza convenzionale pari a 12m. Il coefficiente di esposizione risulta pari a

$c_e = 1.479$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>   <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p> <p><i>Design builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>29 di 118</p>

f) Coefficiente dinámico

Per tettoie o pensiline isolate ad uno o due spioventi per le quali il rapporto tra l'altezza totale sul suolo o la massima dimensione in pianta non é maggiore di uno, si assumeranno i seguenti valori del coefficiente C_p :

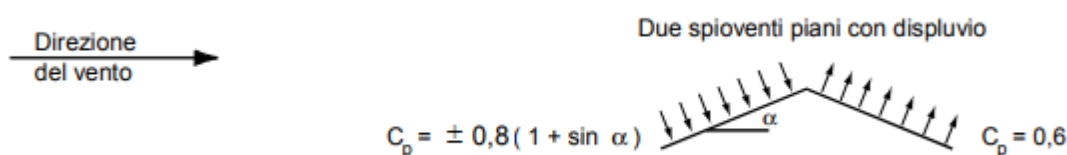


Tabella 2 Vento – Calcolo Pressione del Vento

$q_r \text{ N/m}^2$	C_e	C_p	C_d	$P \text{ N/m}^2$
390.6	1.479	± 0.985	1	568.97
		0.6		346.73

5.5.4.2 Azione Tangente del vento

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_r = q_r * C_e * C_f$$

Dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento;

C_e è il coefficiente di esposizione;

C_f è il coefficiente di attrito;

In accordo a quanto riportato nella Tabella C3.3.XIX della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, il coefficiente di attrito c_f è assunto pari a 0,04 per il tratto verticale del portale che è rivestito in lamiera stirata

$$p_r = 577.9 \text{ N/m}^2 * 1.479 * 0.04 = 34.19 \text{ N/m}^2$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI</p> <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA</p> <p>ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p>Design builders</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>30 di 118</p>

6. VERICHE STRUTTURALI IMPALCATO E PILASTRI

La verifica strutturale della pensiline e dei pilastri è realizzata mediante il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM 17/01/2018 e le sue relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limiti ultimi (SLU) che nei confronti degli stati limite di esercizio.

Ai fini delle verifiche degli stati limiti si considerano le seguenti combinazioni delle azioni ai sensi delle DM 17/01/2018 al § 2.5.3.

6.1 COMBINAZIONE DELLE AZIONI DI PROGETTO

6.1.1 Combinazione Fondamentale (SLU)

Per gli stati limite ultimi i valori di progetto delle azioni nella situazione non sismica si combinano secondo la seguente relazione:

$$\gamma_{G1}G_{1k} + \gamma_{G2}G_{2k} + \gamma_P P + \gamma_Q Q_{1k} + \gamma_Q \sum_i \psi_{0i} Q_{ik}$$

Dove:

G_{1k} il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute ai pesi strutturali, alle forze indotte dal terreno ed alle forze risultanti della pressione dell'acqua;

G_{2k} il valore caratteristico delle azioni permanenti dovute ai pesi non strutturali;

P il valore caratteristico delle azioni di pretensione e precompressione;

Q_{1k} il valore caratteristico dell'azione di base di ogni combinazione;

Q_{ik} i valori caratteristici delle altre azioni accidentali variabili

γ_{G1} coefficiente parziale di sicurezza del peso proprio della struttura, nonché del peso del terreno e dell'acqua;

γ_{G2} coefficiente parziale di sicurezza del peso proprio degli elementi non strutturali;

γ_P coefficiente parziale di sicurezza per le azioni variabili;

γ_Q coefficiente parziale di sicurezza per le azioni accidentali;

ψ_i coefficiente di combinazione delle azioni accidentali.

Per le verifiche agli stati limite ultimi SLU del ponte stradale si adottano i valori dei coefficienti parziali di sicurezza in Tab. 5.1.V ai sensi delle DM 17/01/2018.

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	31 di 118

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Altri valori dei coefficienti di combinazione ψ si forniscono nella Tab. 5.1.VI ai sensi delle DM 17/01/2018.

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

6.1.2 Combinazione Rara o Caratteristica (SLE)

$$G_{1k} + G_{2k} + Q_{1k} + \psi_{02}Q_{2k} + \psi_{03}Q_{3k} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo precedente.

6.1.3 Combinazione Frequente (SLE)

$$G_{1k} + G_{2k} + Q_{1k} + \psi_{11}Q_{21} + \psi_{22}Q_{2k} + \psi_{23}Q_{3k} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo precedente.

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>Dino Builders</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>32 di 118</p>

6.1.4 Combinazione Quasi Permanente (SLE)

$$G_{1k} + G_{2k} + \psi_{21}Q_{1k} + \psi_{22}Q_{2k} + \psi_{23}Q_{3k} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo precedente.

6.1.5 Combinazione Sismica (SLU e SLE)

$$E + G_{1k} + G_{2k} + \psi_{21}Q_{1k} + \psi_{22}Q_{2k} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo precedente.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi:

Gravitazionali $G_1 + G_2 + \sum \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$

6.1.6 Combinazione Eccezionale (SLU)

$$G_{1k} + G_{2k} + A_D + \psi_{21}Q_{1k} + \psi_{22}Q_{2k} + \dots$$

dove, per il significato dei simboli e per i valori dei coefficienti di combinazione ψ (relativi alle azioni variabili), si rimanda al paragrafo precedente.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA Diana Bultrini</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	33 di 118

Tabella 3 Combinazione delle azioni

Nome	Tipo	carichi propri	carichi propri non modellato	sovraccarichi	vento caso 1	vento caso 2	vento tangente	neve con vento	neve senza vento	sisma x	sisma y	sisma z
SLU_001	SLU	1,30	1,30	1,50	0,90			0,75				
SLU_002	SLU	1,30	1,30	1,50		0,90		0,75				
SLU_003	SLU	1,30	1,30	1,50			0,90	0,75				
SLU_004	SLU	1,30	1,30		1,50			0,75				
SLU_005	SLU	1,30	1,30			1,50		0,75				
SLU_006	SLU	1,30	1,30				1,50	0,75				
SLU_007	SLU	1,30	1,30		0,90			1,50				
SLU_008	SLU	1,30	1,30			0,90		1,50				
SLU_009	SLU	1,30	1,30				0,90	1,50				
SLU_010	SLU	1,30	1,30						1,50			
SLE_001	SLE	1,00	1,00	1,00	0,60			0,50				
SLE_002	SLE	1,00	1,00	1,00		0,60		0,50				
SLE_003	SLE	1,00	1,00	1,00			0,60	0,50				
SLE_004	SLE	1,00	1,00		1,00			0,50				
SLE_005	SLE	1,00	1,00			1,00		0,50				
SLE_006	SLE	1,00	1,00				1,00	0,50				
SLE_007	SLE	1,00	1,00		0,60			1,00				
SLE_008	SLE	1,00	1,00			0,60		1,00				
SLE_009	SLE	1,00	1,00				0,60	1,00				
SLE_010	SLE	1,00	1,00		0,20			0,20				
SLE_011	SLE	1,00	1,00			0,20		0,20				
SLE_012	SLE	1,00	1,00				0,20	0,20				
SLE_013	SLE	1,00	1,00						0,20			
SLE_014	SLE	1,00	1,00						1,00			
SLV_001	SLV	1,00	1,00							1,00	0,30	0,00
SLV_002	SLV	1,00	1,00							0,30	1,00	0,00
SLD_001	SLD	1,00	1,00							1,00	0,30	0,00
SLD_002	SLD	1,00	1,00							0,30	1,00	0,00
EQU_001	SLU	1,10	1,10	1,50	0,90			0,75				
EQU_002	SLU	1,10	1,10	1,50		0,90		0,75				
EQU_003	SLU	1,10	1,10	1,50			0,90	0,75				
EQU_004	SLU	1,10	1,10		1,50			0,75				
EQU_005	SLU	1,10	1,10			1,50		0,75				
EQU_006	SLU	1,10	1,10				1,50	0,75				
EQU_007	SLU	1,10	1,10		0,90			1,50				
EQU_008	SLU	1,10	1,10			0,90		1,50				
EQU_009	SLU	1,10	1,10				0,90	1,50				
EQU_010	SLU	1,10	1,10						1,50			

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>pide</p>  <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>34 di 118</p>

6.2 MODELLAZIONE FEM

6.2.1 Modello di calcolo

L'analisi delle sollecitazioni è stata condotta tramite un modello tridimensionale FEM utilizzando il software di calcolo strutturale SAP2000.

Le azioni e le caratteristiche geometriche delle sezioni sono stati assegnate al modello in funzione delle proprietà dei profili effettivamente utilizzati.

Gli elementi strutturali mono-dimensionali quali travi e pilastri sono stati schematizzati nel modello numerico come elementi

- trave (elemento finito dotato di rigidità assiale, flessionale e torsionale)
- asta (elemento finito dotato di sola rigidità assiale),

assegnando all'elemento le caratteristiche geometriche e meccaniche reali e posizionandoli nell'asse baricentrico delle travi e delle colonne schematizzati.

Tutti i collegamenti fra gli elementi monodimensionali sono modellati di volta in volta, rilasciando i gradi di libertà necessari ad ottenere una modellazione rappresentativa del reale comportamento del nodo in esame.

Si riportano nelle figure seguenti alcune viste tridimensionali del modello di calcolo implementato.

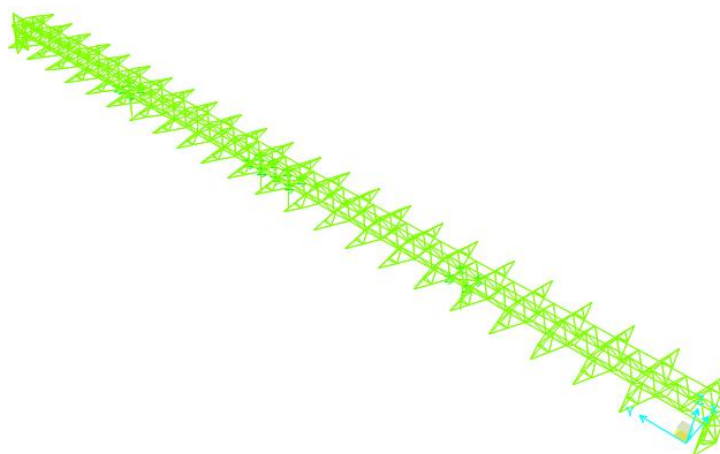


Figura 6.1 Viste assonometriche modello di calcolo FEM – Deposito via Gleno

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>35 di 118</p>

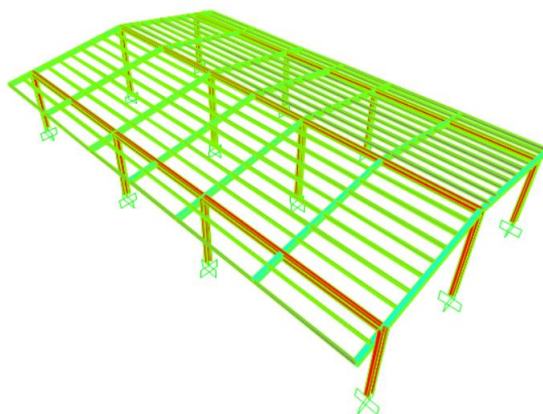


Figura 6.2 Viste assonometriche modello di calcolo FEM – Deposito per via Levate

6.2.2 Carichi applicati

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative dei carichi applicati alla struttura reticolare del Deposito Via Gleno

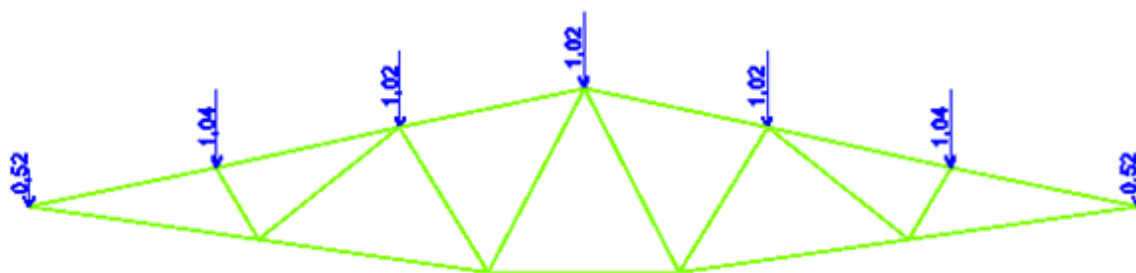
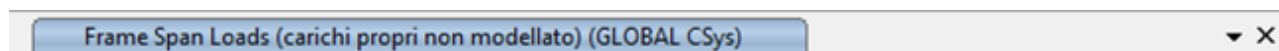
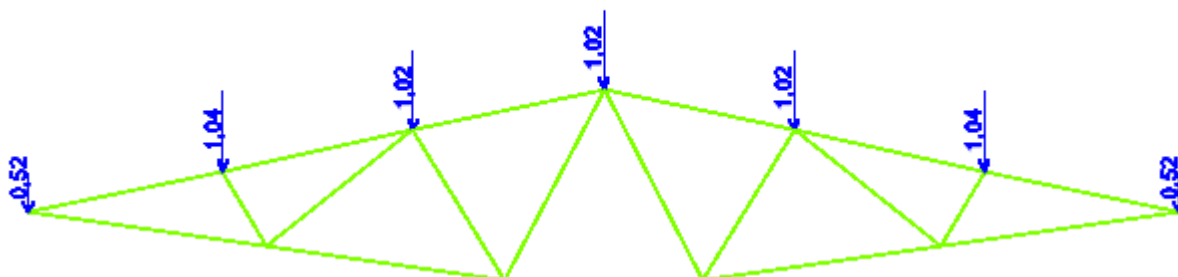
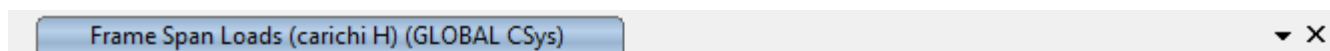


Figura 6.3 Carichi propri non modellato [kN/m] -Deposito via GLeno



<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INgegNERIA</div><div>Design builders</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	36 di 118

Figura 6.4 Sovraccarico variabile [kN/m] - Deposito via GLeno

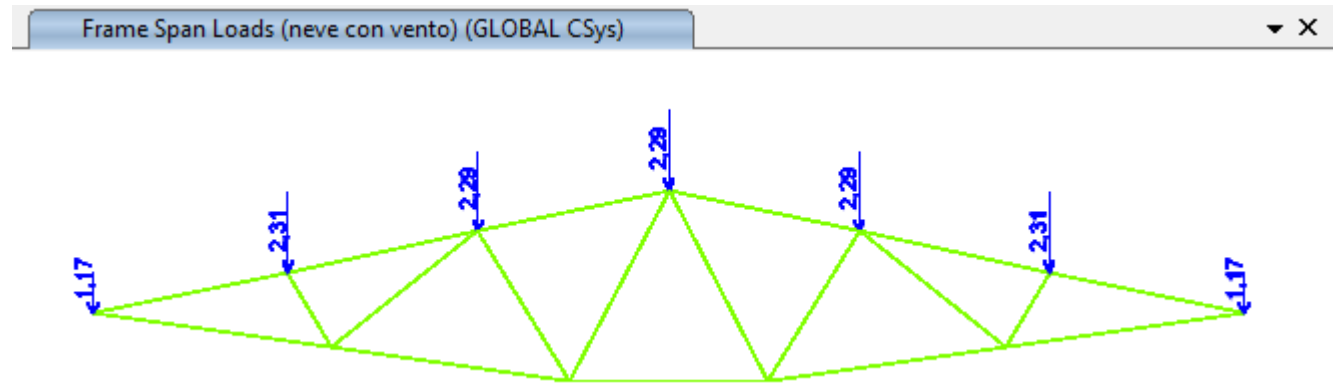


Figura 6.5 Azione da neve con vento [kN/m] - Deposito via GLeno

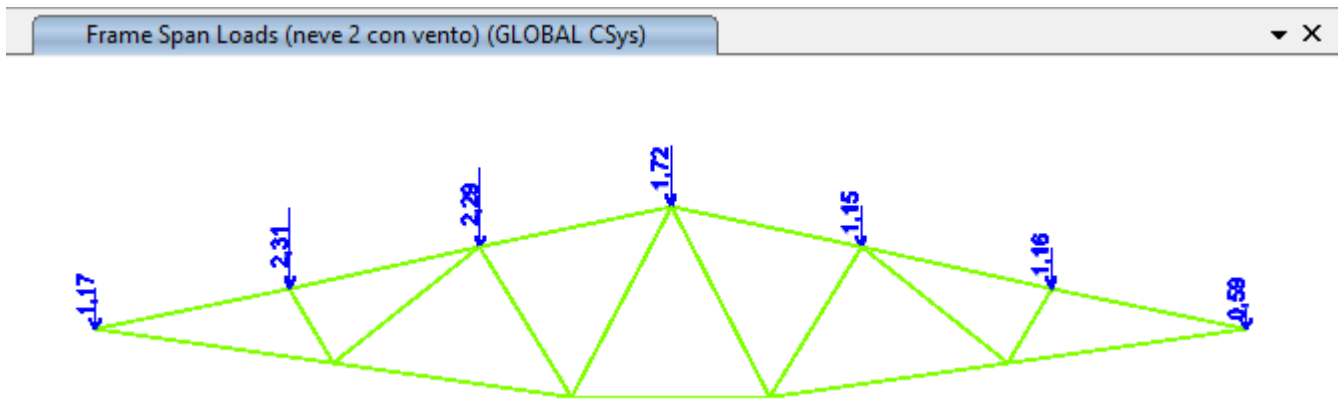


Figura 6.6 Azione da neve con vento – Caso 2 [kN/m]- Deposito via GLeno

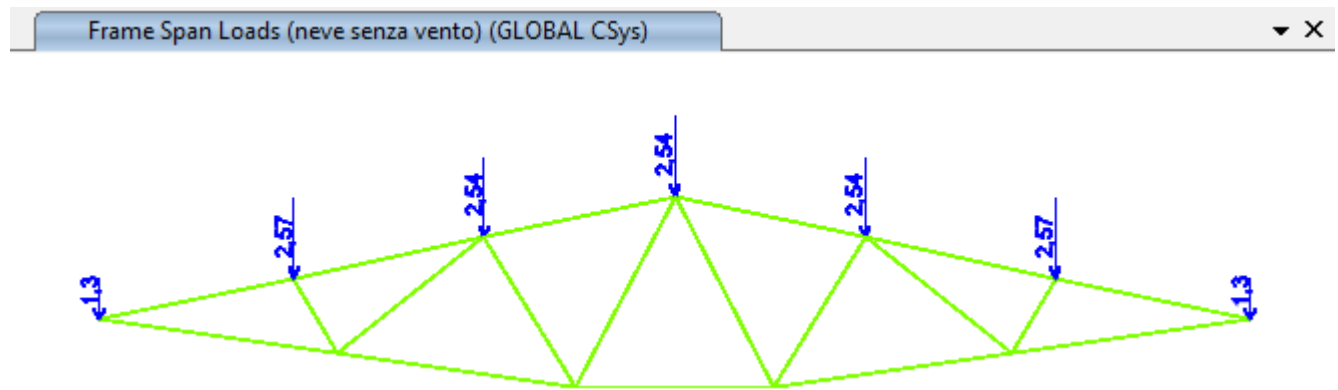


Figura 6.7 Azione da neve senza vento [kN/m]- Deposito via GLeno

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div><div>Passion & Solutions France</div></div> <div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div> <div><div>pide</div></div> <div><div>SMART ENGINEERING</div></div> <div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Dina Builders</i></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	37 di 118

Frame Span Loads (vento caso 1) (GLOBAL CSys)

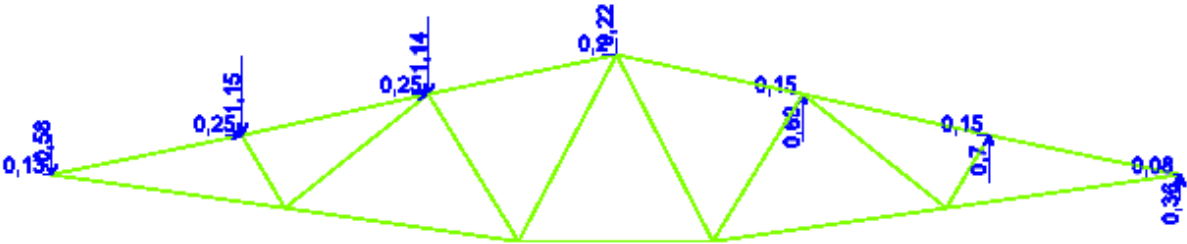


Figura 6.8 Azione del vento – Caso 1 [kN/m] - Deposito via GLeno

Frame Span Loads (vento caso 2) (GLOBAL CSys)

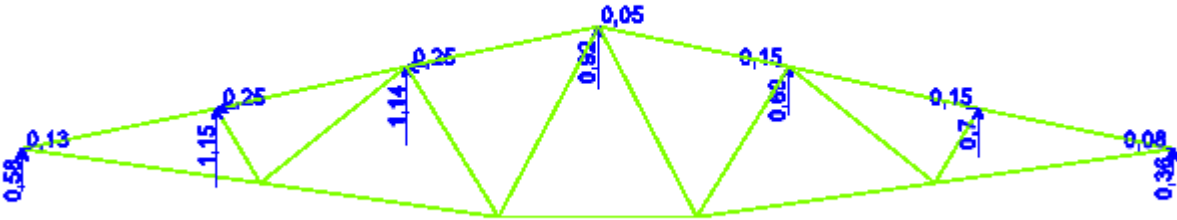


Figura 6.9 Azione del vento – Caso 2 [kN/m] - Deposito via GLeno

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>38 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	38 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	38 di 118								

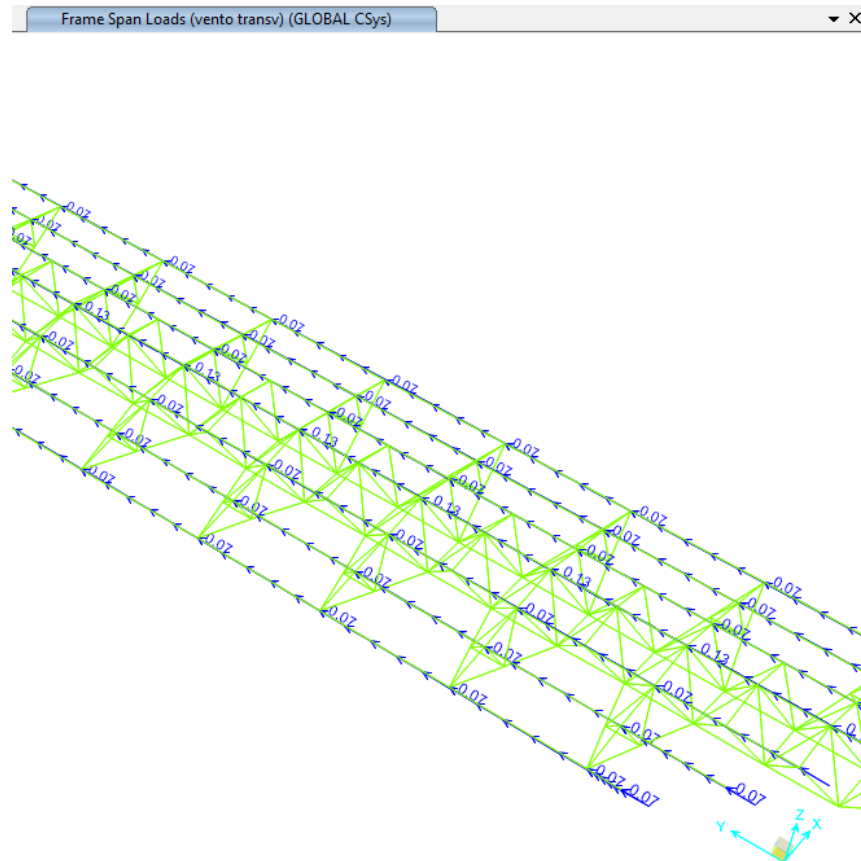


Figura 6.10 Azione del vento transversal [kN/m] - Deposito via Gleno

Di seguito si riportano alcune immagini esplicative dei carichi applicati alla struttura del deposito per via per Levate.

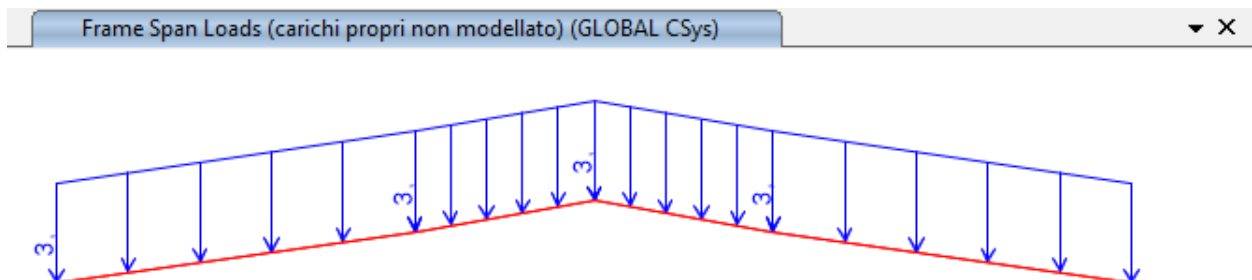


Figura 6.11 Carichi propri non modellato [kN/m] - Deposito via per Levate

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>39 di 118</p>

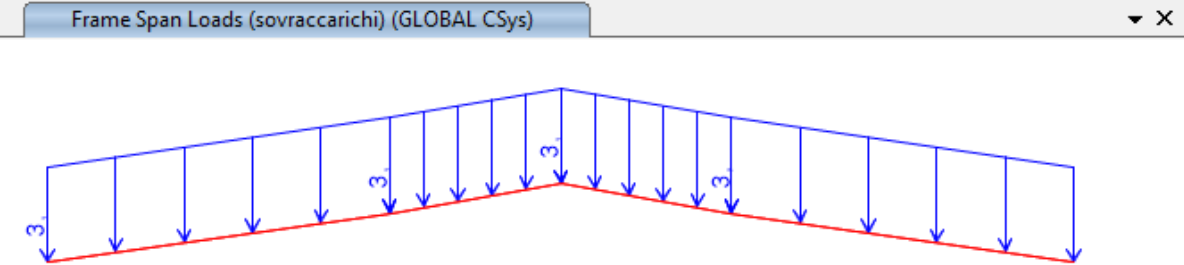


Figura 6.12 Sovraccarico variabile [kN/m] - Deposito via per Levate

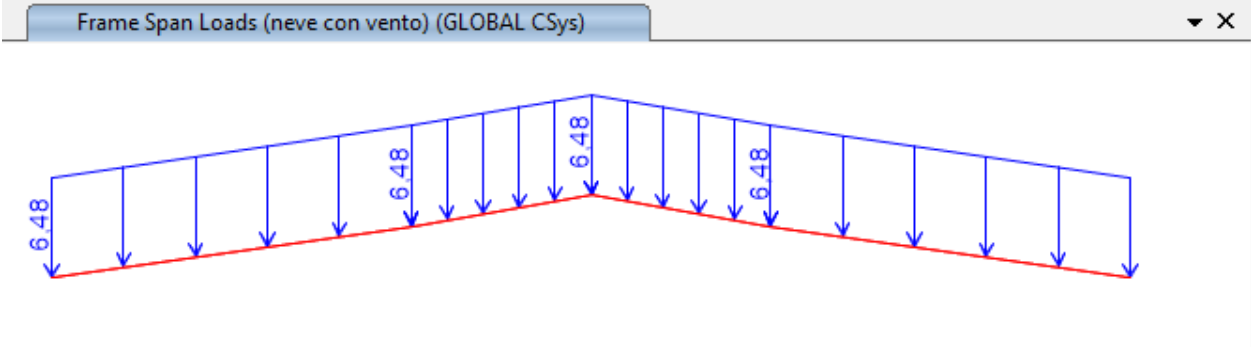


Figura 6.13 Azione da neve con vento [kN/m] - Deposito via per Levate

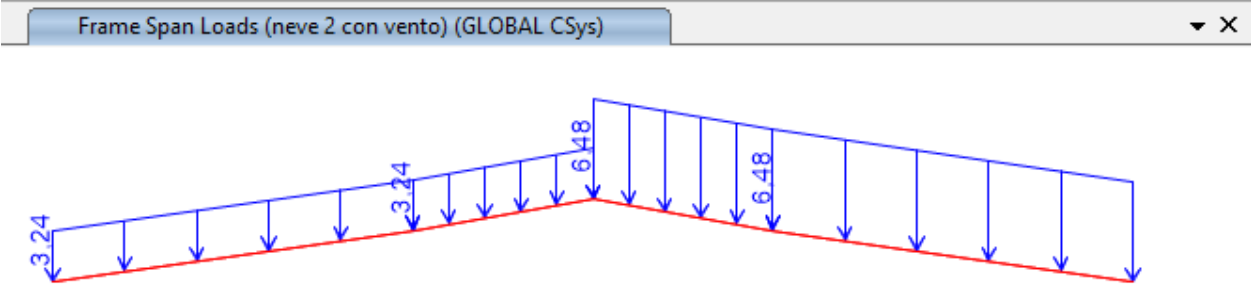


Figura 6.14 Azione da neve con vento – Caso 2 [kN/m] - Deposito via per Levate

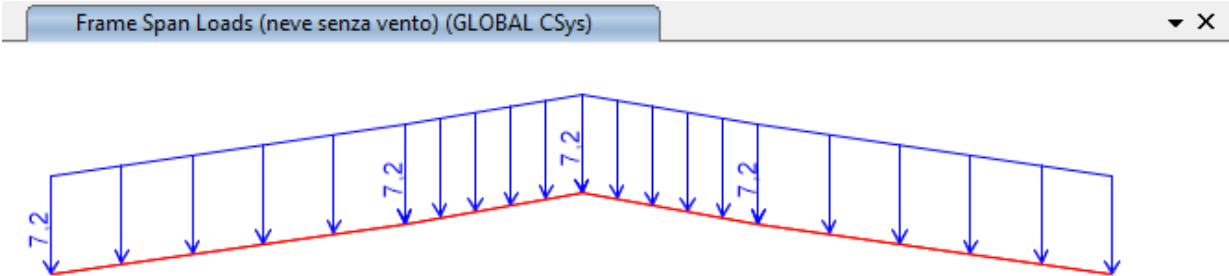


Figura 6.15 Azione da neve senza vento [kN/m] - Deposito via per Levate

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p><i>Urban builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>40 di 118</p>

Frame Span Loads (vento 1) (Local CSys) ▼ X

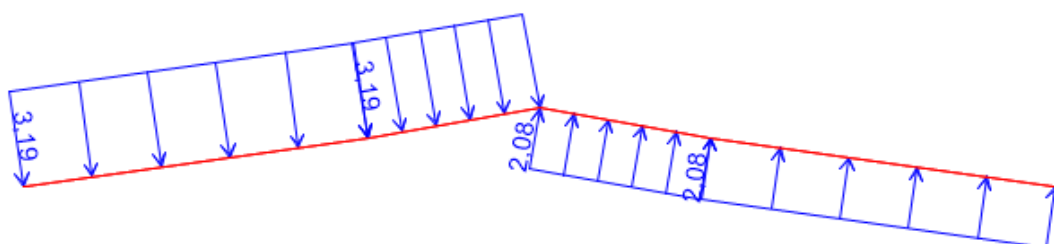


Figura 6.16 Azione del vento – Caso 1 [kN/m]

Frame Span Loads (vento 2) (Local CSys) ▼ X

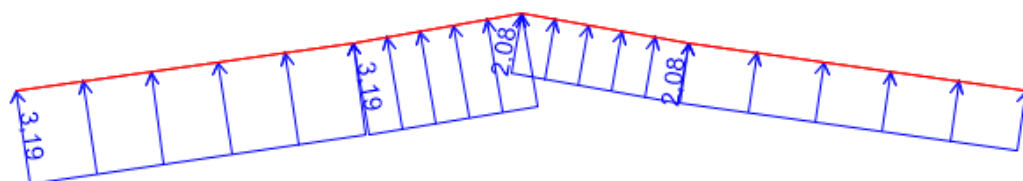


Figura 6.17 Azione del vento – Caso 2 [kN/m]

Il peso proprio e l'azione sismica vengono calcolati automaticamente dal programma di calcolo.

6.2.3 Analisi dinamica lineare

L'analisi dinamica lineare consiste:

1. nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi frequenziale);
2. nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
3. nella combinazione di questi effetti.

Il modello della struttura su cui verrà effettuata l'analisi rappresenta in modo adeguato la distribuzione di massa e rigidità effettiva.

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>41 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	41 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	41 di 118								

È stata condotta un'analisi in frequenza della struttura per determinare le principali forme modali, i relativi periodi e fattori di partecipazione di massa.

Come previsto dalla norma sono stati considerati gli effetti dovuti all'eccentricità accidentale imponendo al centro di massa i relativi spostamenti di norma assunti pari al 5% della dimensione massima dell'edificio nella direzione perpendicolare all'azione sismica.

I risultati delle analisi modali per il deposito in via Gleno sono riassunti nel prospetto seguente.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.6132	0.32	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.67	0.00
MODAL	Mode	2	0.5837	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.67	0.22
MODAL	Mode	3	0.5247	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.68	0.22
MODAL	Mode	4	0.4953	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.22
MODAL	Mode	5	0.3116	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.68	0.41
MODAL	Mode	6	0.3038	0.18	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.73	0.41
MODAL	Mode	7	0.2890	0.12	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.74	0.41
MODAL	Mode	8	0.2282	0.00	0.04	0.00	0.63	0.04	0.00	0.30	0.00	0.02	0.30	0.74	0.43
MODAL	Mode	9	0.2254	0.02	0.00	0.10	0.65	0.04	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30	0.75	0.43
MODAL	Mode	10	0.2139	0.00	0.11	0.00	0.65	0.15	0.10	0.00	0.00	0.04	0.30	0.75	0.46
MODAL	Mode	11	0.2105	0.12	0.00	0.00	0.77	0.15	0.10	0.00	0.00	0.00	0.30	0.75	0.46
MODAL	Mode	12	0.2080	0.00	0.77	0.00	0.77	0.93	0.10	0.03	0.00	0.00	0.33	0.75	0.47
MODAL	Mode	13	0.2072	0.00	0.04	0.00	0.77	0.96	0.10	0.00	0.00	0.24	0.33	0.75	0.71
MODAL	Mode	14	0.1936	0.03	0.00	0.00	0.80	0.96	0.10	0.00	0.00	0.00	0.33	0.75	0.71
MODAL	Mode	15	0.1832	0.00	0.00	0.00	0.80	0.96	0.10	0.00	0.00	0.08	0.33	0.75	0.79
MODAL	Mode	16	0.1704	0.00	0.00	0.00	0.80	0.97	0.10	0.33	0.00	0.00	0.66	0.75	0.79
MODAL	Mode	17	0.1651	0.00	0.00	0.52	0.80	0.97	0.62	0.00	0.00	0.00	0.66	0.75	0.79
MODAL	Mode	18	0.1486	0.00	0.00	0.00	0.80	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.66	0.75	0.79
MODAL	Mode	19	0.1473	0.00	0.00	0.00	0.80	0.97	0.63	0.00	0.00	0.05	0.66	0.75	0.84
MODAL	Mode	20	0.1459	0.10	0.00	0.00	0.90	0.97	0.63	0.00	0.17	0.00	0.66	0.92	0.84
MODAL	Mode	21	0.1366	0.00	0.00	0.00	0.90	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.66	0.92	0.85
MODAL	Mode	22	0.1337	0.00	0.00	0.00	0.90	0.97	0.63	0.00	0.01	0.00	0.66	0.93	0.85
MODAL	Mode	23	0.1271	0.00	0.00	0.00	0.90	0.97	0.63	0.00	0.00	0.01	0.66	0.93	0.85
MODAL	Mode	24	0.1186	0.01	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.66	0.93	0.85
MODAL	Mode	25	0.1124	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.67	0.93	0.86
MODAL	Mode	26	0.1086	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.02	0.00	0.67	0.94	0.86
MODAL	Mode	27	0.1048	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.67	0.94	0.86
MODAL	Mode	28	0.1025	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.67	0.94	0.86
MODAL	Mode	29	0.0997	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.67	0.94	0.86
MODAL	Mode	30	0.0989	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.67	0.94	0.86

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div></div><div><div>Pina Bultrini</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
7.0 Opere Civili	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo strutturale	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	42 di 118

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	31	0.0972	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.68	0.94	0.86
MODAL	Mode	32	0.0966	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.63	0.00	0.00	0.00	0.68	0.94	0.86
MODAL	Mode	33	0.0952	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.64	0.00	0.00	0.00	0.68	0.95	0.86
MODAL	Mode	34	0.0942	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.64	0.00	0.00	0.00	0.68	0.95	0.86
MODAL	Mode	35	0.0942	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.64	0.00	0.00	0.00	0.68	0.95	0.86
MODAL	Mode	36	0.0932	0.00	0.00	0.00	0.91	0.97	0.64	0.01	0.00	0.00	0.68	0.95	0.86
MODAL	Mode	37	0.0907	0.00	0.01	0.00	0.91	0.98	0.64	0.01	0.00	0.00	0.69	0.95	0.86
MODAL	Mode	38	0.0888	0.00	0.00	0.00	0.91	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.69	0.95	0.86
MODAL	Mode	39	0.0863	0.00	0.00	0.00	0.91	0.98	0.64	0.01	0.00	0.00	0.70	0.95	0.86
MODAL	Mode	40	0.0856	0.00	0.00	0.00	0.91	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.70	0.95	0.86
MODAL	Mode	41	0.0838	0.01	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.01	0.00	0.70	0.96	0.86
MODAL	Mode	42	0.0775	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.03	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	43	0.0757	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	44	0.0753	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	45	0.0753	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	46	0.0752	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	47	0.0752	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	48	0.0752	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	49	0.0752	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89
MODAL	Mode	50	0.0752	0.00	0.00	0.00	0.92	0.98	0.64	0.00	0.00	0.00	0.71	0.96	0.89

I risultati delle analisi modali per il Deposito in via per Levate sono riassunti nel prospetto seguente.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,582	0,000	0,970	0,000	0,000	0,970	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MODAL	Mode	2	0,419	0,000	0,000	0,000	0,000	0,970	0,000	0,000	0,000	0,470	0,000	0,000	0,470
MODAL	Mode	3	0,380	0,900	0,000	0,000	0,900	0,970	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,004	0,470
MODAL	Mode	4	0,350	0,000	0,000	0,000	0,900	0,970	0,000	0,000	0,000	0,370	0,000	0,004	0,840
MODAL	Mode	5	0,301	0,000	0,032	0,000	0,900	1,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,004	0,840
MODAL	Mode	6	0,261	0,009	0,000	0,000	0,910	1,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,006	0,840
MODAL	Mode	7	0,255	0,000	0,000	0,160	0,910	1,000	0,160	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,840
MODAL	Mode	8	0,237	0,000	0,001	0,000	0,910	1,000	0,160	0,270	0,000	0,000	0,270	0,006	0,840
MODAL	Mode	9	0,194	0,005	0,000	0,000	0,910	1,000	0,160	0,000	0,170	0,000	0,270	0,170	0,840
MODAL	Mode	10	0,188	0,000	0,000	0,000	0,910	1,000	0,160	0,000	0,000	0,018	0,270	0,170	0,860
MODAL	Mode	11	0,181	0,000	0,000	0,000	0,910	1,000	0,160	0,000	0,000	0,093	0,270	0,170	0,960
MODAL	Mode	12	0,172	0,065	0,000	0,000	0,980	1,000	0,160	0,000	0,010	0,000	0,270	0,180	0,960
MODAL	Mode	13	0,161	0,000	0,000	0,000	0,980	1,000	0,160	0,000	0,000	0,030	0,270	0,180	0,990
MODAL	Mode	14	0,146	0,000	0,000	0,036	0,980	1,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,270	0,180	0,990
MODAL	Mode	15	0,141	0,000	0,000	0,210	0,980	1,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,270	0,180	0,990
MODAL	Mode	16	0,140	0,000	0,000	0,000	0,980	1,000	0,400	0,088	0,000	0,000	0,360	0,180	0,990
MODAL	Mode	17	0,137	0,002	0,000	0,000	0,980	1,000	0,400	0,000	0,070	0,000	0,360	0,250	0,990
MODAL	Mode	18	0,128	0,000	0,000	0,000	0,980	1,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,360	0,250	0,990
MODAL	Mode	19	0,123	0,000	0,000	0,000	0,980	1,000	0,400	0,000	0,025	0,000	0,360	0,280	0,990
MODAL	Mode	20	0,119	0,000	0,000	0,000	0,980	1,000	0,400	0,000	0,000	0,005	0,360	0,280	0,990
MODAL	Mode	21	0,118	0,007	0,000	0,000	0,990	1,000	0,400	0,000	0,071	0,000	0,360	0,350	0,990
MODAL	Mode	22	0,094	0,006	0,000	0,000	0,990	1,000	0,400	0,000	0,010	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	23	0,093	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	24	0,091	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,400	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	25	0,090	0,000	0,000	0,023	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	26	0,088	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	27	0,087	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	28	0,085	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	29	0,084	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGEGNERIA</div><div><i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	43 di 118

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	30	0,081	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	31	0,081	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	32	0,079	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	33	0,078	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,001	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	34	0,076	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	35	0,075	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	36	0,075	0,000	0,000	0,000	0,990	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,360	0,990
MODAL	Mode	37	0,075	0,003	0,000	0,000	1,000	1,000	0,430	0,000	0,120	0,000	0,360	0,480	0,990
MODAL	Mode	38	0,074	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,430	0,000	0,000	0,006	0,360	0,480	1,000
MODAL	Mode	39	0,074	0,001	0,000	0,000	1,000	1,000	0,430	0,000	0,160	0,000	0,360	0,650	1,000
MODAL	Mode	40	0,073	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,430	0,000	0,000	0,000	0,360	0,650	1,000
MODAL	Mode	41	0,071	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,430	0,022	0,000	0,000	0,380	0,650	1,000
MODAL	Mode	42	0,070	0,000	0,000	0,110	1,000	1,000	0,530	0,000	0,000	0,000	0,380	0,650	1,000
MODAL	Mode	43	0,068	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,530	0,000	0,000	0,000	0,380	0,650	1,000
MODAL	Mode	44	0,066	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,530	0,000	0,000	0,000	0,380	0,650	1,000
MODAL	Mode	45	0,062	0,000	0,000	0,059	1,000	1,000	0,590	0,000	0,000	0,000	0,380	0,650	1,000
MODAL	Mode	46	0,062	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,590	0,130	0,000	0,000	0,520	0,650	1,000
MODAL	Mode	47	0,060	0,000	0,000	0,110	1,000	1,000	0,700	0,000	0,000	0,000	0,520	0,650	1,000
MODAL	Mode	48	0,055	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,700	0,000	0,000	0,000	0,520	0,650	1,000
MODAL	Mode	49	0,049	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,700	0,000	0,000	0,000	0,520	0,650	1,000
MODAL	Mode	50	0,048	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,700	0,000	0,002	0,000	0,520	0,650	1,000

6.3 VERIFICHE STRUTTURALI- DEPOSITO VIA GLENO

6.3.1 Verifica della pensiline

Di seguito si riportano i risultati in termini di momenti, tagli e sforzi normali sulla struttura per le combinazioni di carico analizzate.

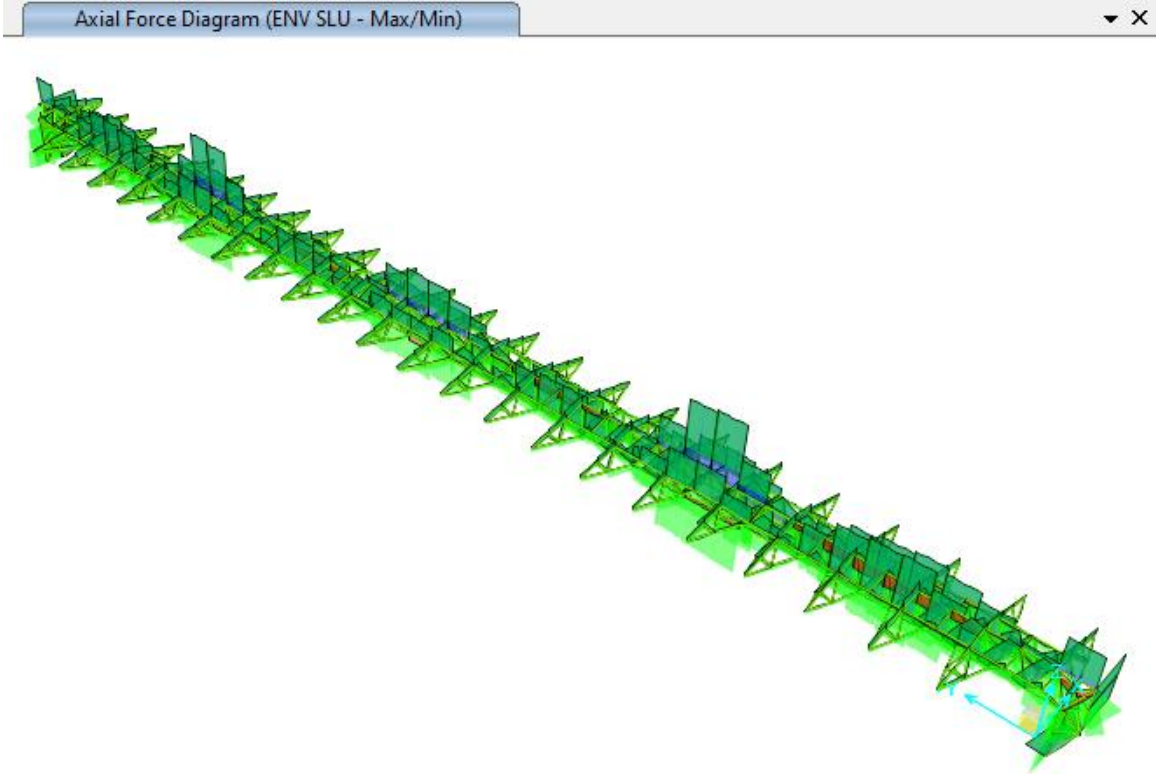


Figura 6.18 Sforzi assiali – Env SLU

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>44 di 118</p>

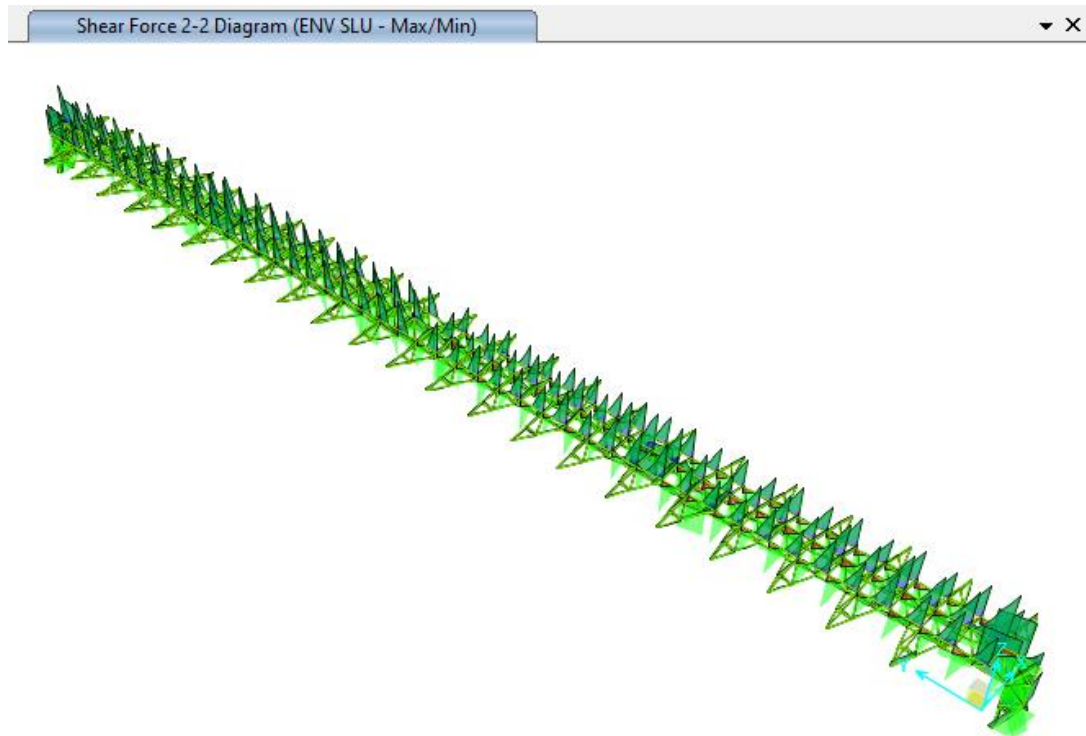


Figura 6.19 Tagli 2-2 – Env SLU

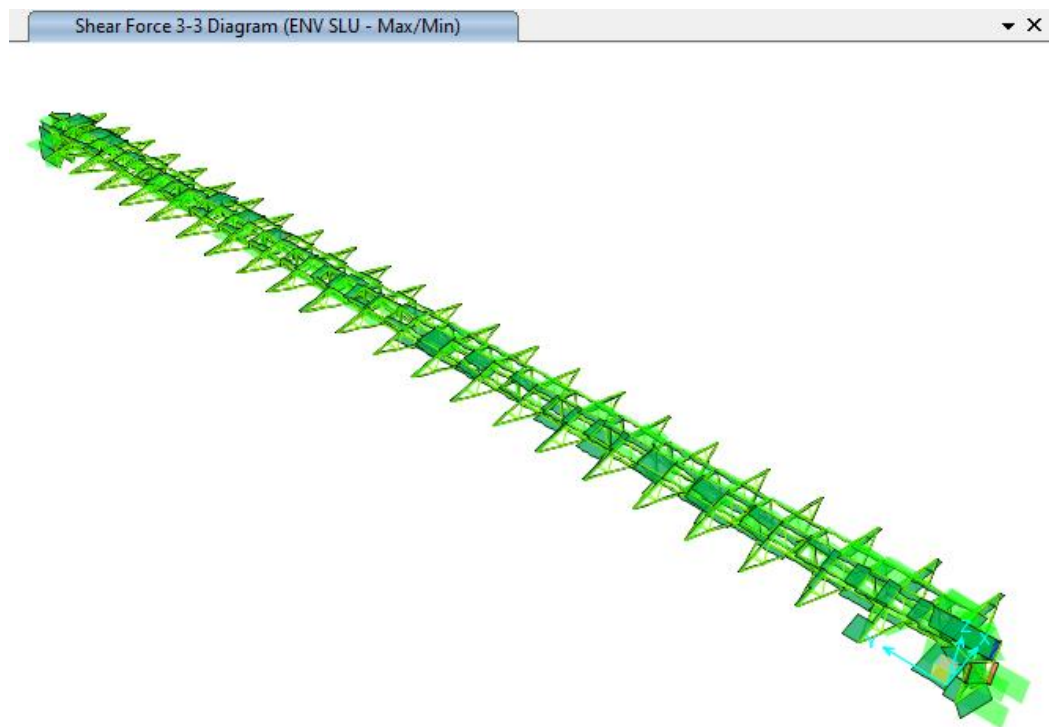


Figura 6.20 Tagli 3-3 – Env SLU

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA Dina Bulter</div></div></div>	<div>Mandanti:</div>												
	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>45 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	45 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	45 di 118								

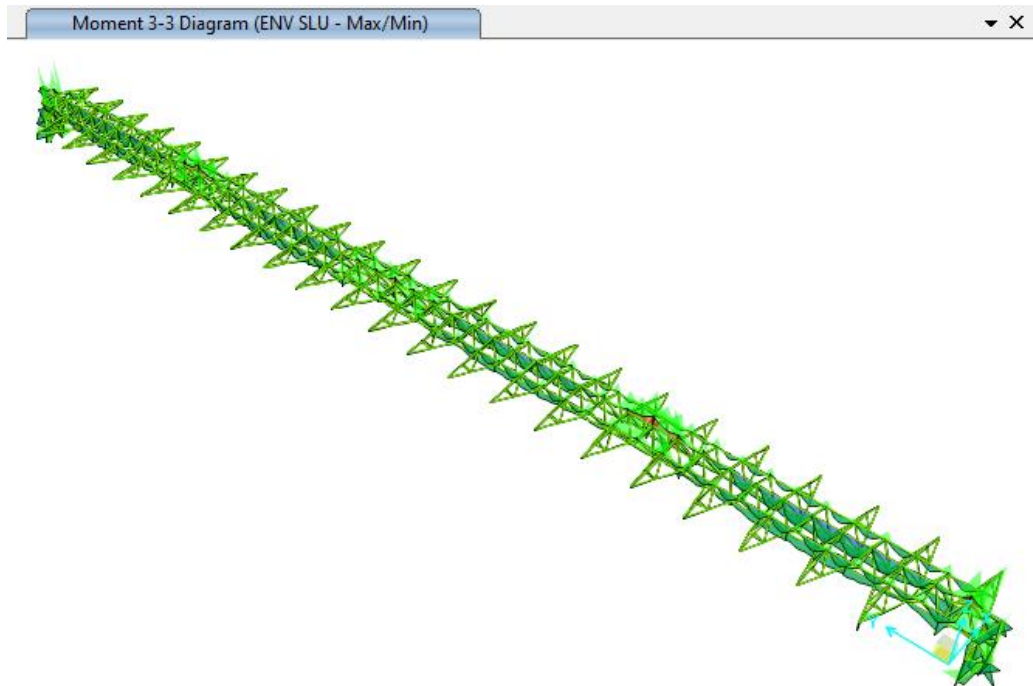


Figura 6.21 Momenti 3-3 – Env SLU

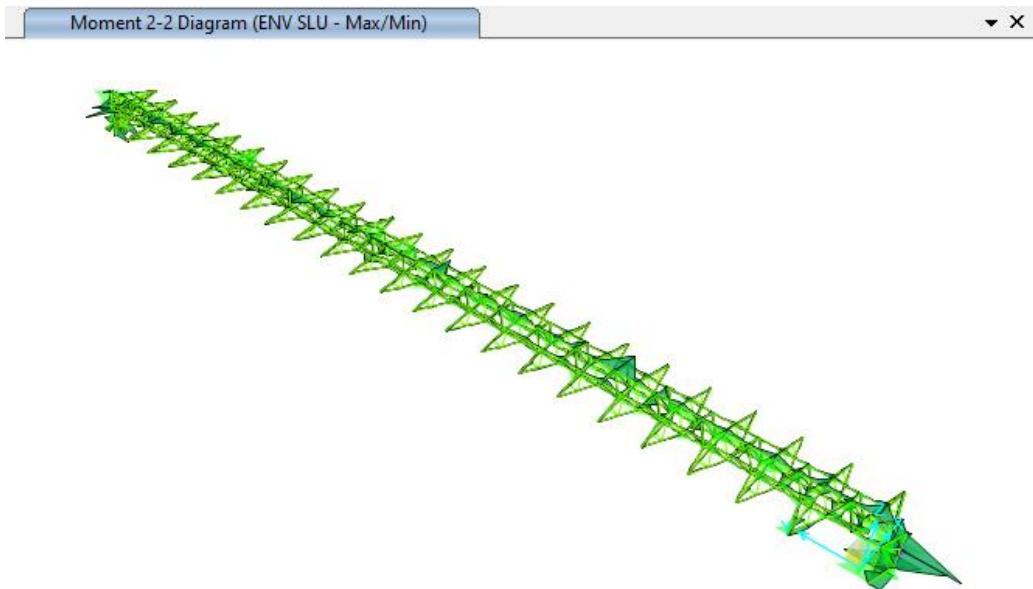


Figura 6.22 Momenti 2-2 – Env SLU

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA Dina Bultrini</div></div></div>	<div>Mandanti:</div>												
	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>46 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	46 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	46 di 118								

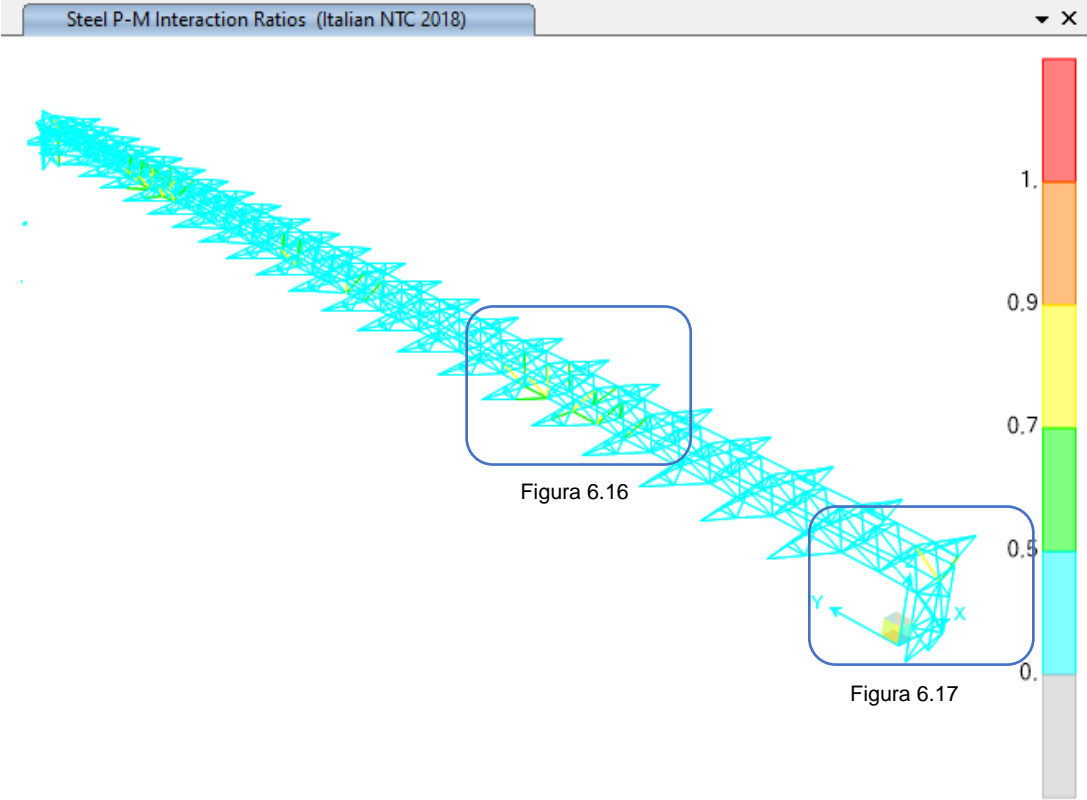


Figura 6.23 Fattori di utilizzo

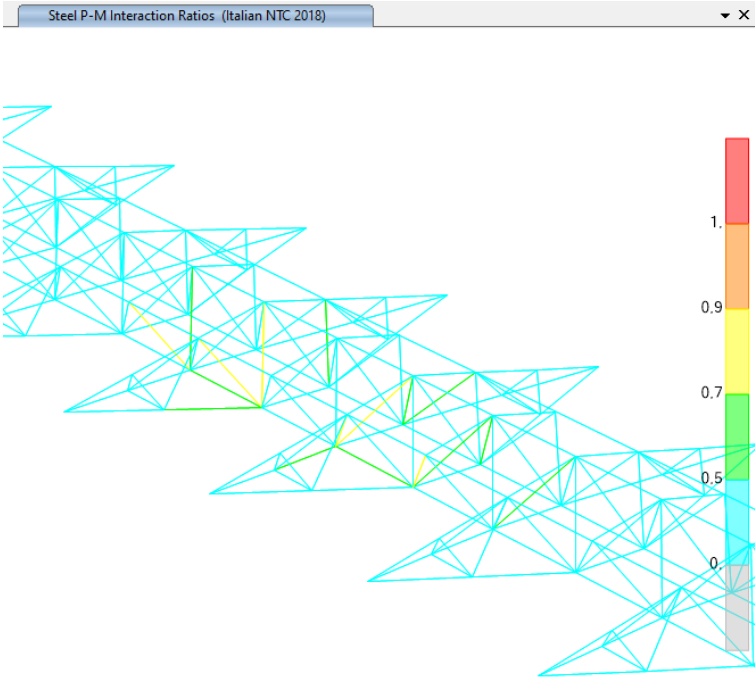


Figura 6.24 Fattori di utilizzo

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div></div> <div>Mandanti:</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>47 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	47 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	47 di 118								

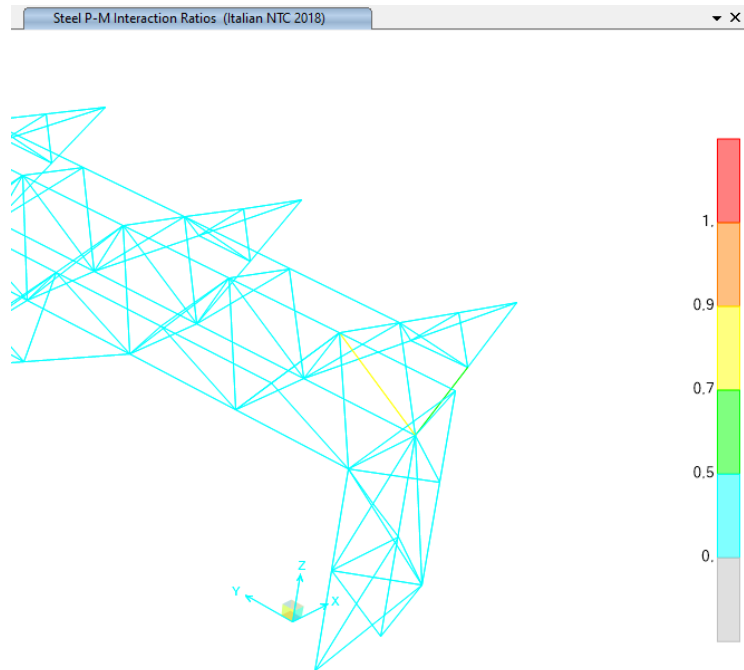


Figura 6.25 Fattori di utilizzo

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018									
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
266	CHS-CF 101.6X8	Brace	No Messages	0,815032	PMM	SLU_015	2,59141	No Message	No Messages
2618	CHS-CF 101.6X8	Brace	No Messages	0,815032	PMM	SLU_015	2,59141	No Message	No Messages
233	CHS-CF 193.7X8	Beam	No Messages	0,556817	PMM	SLU_015	0	No Message	No Messages
2604	CHS-CF 193.7X8	Beam	No Messages	0,556817	PMM	SLU_015	0	No Message	No Messages
340	CHS-CF 219.1X12.5	Beam	No Messages	0,347961	PMM	SLU_010	2,54	No Message	No Messages
2644	CHS-CF 219.1X12.5	Beam	No Messages	0,347961	PMM	SLU_010	2,54	No Message	No Messages
1531	CHS-CF 60.3X4	Brace	No Messages	0,300083	PMM	SLU_015	0	No Message	No Messages
2896	CHS-CF 60.3X4	Brace	No Messages	0,300083	PMM	SLU_015	0	No Message	No Messages
1538	CHS-CF 88.9X5 (2)	Brace	No Messages	0,816444	PMM	SLU_015	0	No Message	No Messages
2903	CHS-CF 88.9X5 (2)	Brace	No Messages	0,816444	PMM	SLU_015	0	No Message	No Messages
1755	CHS-CH 139.7X8	Beam	No Messages	0,487745	PMM	SLU_015	2,54	No Message	No Messages
3095	CHS-CH 139.7X8	Beam	No Messages	0,487745	PMM	SLU_015	2,54	No Message	No Messages

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>piu' bulleri</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>48 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	48 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	48 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 266 X Mid: -0,525 Combo: SLU_015 Design Type: Brace
Length: 2,591 Y Mid: 26,035 Shape: CHS-CF 101.6X8 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2,591 Z Mid: 5,6 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25
An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,002 eNy=0, eNs=0,
A=0,002 Iyy=2,595E-06 iyy=0,033 Wel,yy=5,108E-05 Weff,yy=5,108E-05
It=5,190E-06 Iss=2,595E-06 iss=0,033 Wel,ss=5,108E-05 Weff,ss=5,108E-05
Iw=0, Iys=0, h=0,102 Wpl,yy=7,026E-05 Av,y=0,001
E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,ss=7,026E-05 Av,s=0,001

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,ss	Ved,s	Ved,y	Ted
2,591	-328,651	0,	0,	0,194	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0,815 = 0,807 + sqrt[(0,008)^2 + (0,)^2] < 0,95 OK
= Ned/(Chi_y NRk/GammaM1) + sqrt[(kyy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT
My,Rk/GammaM1))^2
+ (kys (Ms,Ed+NEd eNs)/(Ms,Rk/GammaM1))^2] (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-328,651	795,344	795,344			
	Npl,Rd 795,344	Nu,Rd 863,81	Ncr,T 190003,524	Ncr,TF 800,914	An/Ag 1,	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c 0,49	800,914	1,021	1,223	0,528	419,765
MajorB (y-y)	c 0,49	800,914	1,021	1,223	0,528	419,765
Minor (z-z)	c 0,49	800,914	1,021	1,223	0,528	419,765
MinorB (z-z)	c 0,49	800,914	1,021	1,223	0,528	419,765
Torsional TF	c 0,49	800,914	1,021	1,223	0,528	419,765

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment		
Major (y-y)	0,	0,126	0,063	0,094		
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,		
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major (y-y)	23,754	23,754	23,754	23,754		
Minor (z-z)	23,754	23,754	23,754			
LTB	Curve d	AlphaLT 0,76	LambdaBarLT 0,181	PhiLT 0,509	ChiLT 1,	psi 1,316
						Mcr 762,406
Factors	kyy 1,563	kys 0,987	kzy 0,938	kzs 1,645		

SHEAR DESIGN

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>gian bultrini</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>49 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	49 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	49 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : kN, m, C

Frame : 233 X Mid: -1,05 Combo: SLU_015 Design Type: Beam
Length: 2,54 Y Mid: 25,4 Shape: CHS-CF 193.7X8 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2,117 Z Mid: 4,6 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25
An/Ag=1, RLLP=1, PLLP=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,005 eNy=0, eNz=0,
A=0,005 Iyy=2,016E-05 iyy=0,066 Wel,yy=2,081E-04 Weff,yy=2,081E-04
It=4,031E-05 Iss=2,016E-05 iss=0,066 Wel,ss=2,081E-04 Weff,ss=2,081E-04
Iw=0, Iys=0, h=0,194 Wpl,yy=2,760E-04 Av,y=0,003
E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,ss=2,760E-04 Av,s=0,003

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,ss	Ved,s	Ved,y	Ted
2,117	-609,618	-0,224	-1,173	-6,635	-0,201	5,074

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0,557 = $0,46 + \sqrt{(0,096)^2 + (0,01)^2}$ < 0,95 OK
= $NEd / (Chi_y NRk / GammaM1) + \sqrt{(kyy (My,Ed + Ned eNy) / (Chi_{LT} My, Rk / GammaM1))^2 + (kys (Ms,Ed + Ned eNz) / (Ms, Rk / GammaM1))^2}$ (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-609,618	1577,941	1577,941

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1577,941	1713,777	376962,119	6475,04	1,

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0,49	6475,04	0,506	0,703	0,84	1325,023
MajorB (y-y)	c	0,49	6475,04	0,506	0,703	0,84	1325,023
Minor (z-z)	c	0,49	6475,04	0,506	0,703	0,84	1325,023
MinorB (z-z)	c	0,49	6475,04	0,506	0,703	0,84	1325,023
Torsional TF	c	0,49	6475,04	0,506	0,703	0,84	1325,023

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-0,224	-15,314	-6,142	-11,486
Minor (z-z)	-1,173	-1,599	-1,343	-1,394

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	93,33	93,33	93,33	93,33
Minor (z-z)	93,33	93,33	93,33	93,33

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0,76	0,105	0,469	1,	1,933	8877,653

	kyy	kys	kzy	kzs
Factors	0,586	0,597	0,352	0,995

SHEAR DESIGN

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>gian bultrini</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>50 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	50 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	50 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 340 X Mid: 0, Combo: SLU_010 Design Type: Beam
Length: 5,08 Y Mid: 27,94 Shape: CHS-CF 219.1X12.Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2,54 Z Mid: 6,6 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25
An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,008 eNy=0, eNz=0,
A=0,008 Iyy=4,345E-05 iyy=0,073 Wel,yy=3,966E-04 Weff,yy=3,966E-04
It=8,689E-05 Izz=4,345E-05 izz=0,073 Wel,zz=3,966E-04 Weff,zz=3,966E-04
Iw=0, Iyz=0, h=0,219 Wpl,yy=5,342E-04 Av,y=0,005
E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=5,342E-04 Av,z=0,005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2,54	767,945	-12,272	-0,478	-8,654	-0,146	-0,687

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
D/C Ratio: 0,348 = 0,28 + sqrt[(0,068)^2 + (0,003)^2] < 0,95 OK
= (Ned/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2] (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd			
Axial	Force	Capacity	Capacity			
	767,945	2743,022	2743,022			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	2743,022	2979,153	655293,937	13957,234	1,	
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi
Major (y-y)	c	0,49	13957,234	0,454	0,665	0,868
MajorB (y-y)	c	0,49	13957,234	0,454	0,665	0,868
Minor (z-z)	c	0,49	13957,234	0,454	0,665	0,868
MinorB (z-z)	c	0,49	13957,234	0,454	0,665	0,868
Torsional TF	c	0,49	13957,234	0,454	0,665	0,868
						Nb,Rd
						2381,542

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm,Ed	Meq,Ed		
	Moment	Moment	Moment	Moment		
Major (y-y)	-12,272	-12,373	-8,339	-10,841		
Minor (z-z)	-0,478	-0,478	-0,309	-0,402		
	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd		
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity		
Major (y-y)	180,609	180,609	180,609	180,609		
Minor (z-z)	180,609	180,609	180,609	180,609		
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi
LTB	d	0,76	0,126	0,48	1,	1,201
						Mcr
						11891,424
	kyy	kys	kxy	kxz		
Factors	0,949	0,497	0,569	0,829		

SHEAR DESIGN

Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
-----	-----	-------	--------	--------

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGENIERIA</div><div><i>Diam builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>51 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	51 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	51 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1531 X Mid: -3,775 Combo: SLU_015 Design Type: Brace
Length: 1,109 Y Mid: 25,718 Shape: CHS-CF 60.3X4 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0, Z Mid: 5,345 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25
An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=7,075E-04 eNy=0, eNz=0,
A=7,075E-04 Iyy=0, iyy=0,02 Wel,yy=9,344E-06 Weff,yy=9,344E-06
It=0, Isz=0, iss=0,02 Wel,zz=9,344E-06 Weff,zz=9,344E-06
Iw=0, Iyz=0, h=0,06 Wpl,yy=1,270E-05 Av,y=4,504E-04
E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=1,270E-05 Av,z=4,504E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,	-50,457	0,	0,	-0,028	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0,3 = 0,298 + sqrt[(0,002)^2 + (0,)^2] < 0,95 OK
= Ned/(Chi_y NRk/GammaM1) + sqrt[(kyy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT

fy,Rk/GammaM1))^2 + (kyz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1))^2] (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-50,457	239,198	239,198

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	239,198	259,789	57143,154	474,473	1,

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0,49	474,473	0,728	0,894	0,708	169,248
MajorB(y-y)	c	0,49	474,473	0,728	0,894	0,708	169,248
Minor (z-z)	c	0,49	474,473	0,728	0,894	0,708	169,248
MinorB(z-z)	c	0,49	474,473	0,728	0,894	0,708	169,248
Torsional TF	c	0,49	474,473	0,728	0,894	0,708	169,248

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	0,	0,008	0,004	0,006
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	4,294	4,294	4,294	4,294
Minor (z-z)	4,294	4,294	4,294	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0,76	0,153	0,494	1,	1,316	193,351

	kyy	kysz	kzy	kzz
Factors	1,099	0,694	0,66	1,157

SHEAR DESIGN

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>gian bultrini</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>52 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	52 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	52 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1538 X Mid: -1,525 Combo: SLU_015 Design Type: Brace
Length: 2,232 Y Mid: 26,035 Shape: CHS-CF 88.9X5 (2Frame Type: DCH-MRF
Loc : 0, Z Mid: 5,385 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 GammaM1=1,05 GammaM2=1,25
An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,001 eNy=0, eNs=0,
A=0,001 Iyy=1,164E-06 iyy=0,03 Wel,yy=2,618E-05 Weff,yy=2,618E-05
It=2,327E-06 Isz=1,164E-06 iss=0,03 Wel,zz=2,618E-05 Weff,zz=2,618E-05
Iw=0, Iyz=0, h=0,089 Wpl,yy=3,524E-05 Av,y=8,390E-04
E=210000000, fy=355000, fu=510000, Wpl,zz=3,524E-05 Av,z=8,390E-04

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
0,	-198,182	0,	0,	-0,105	0,	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.37)

D/C Ratio: 0,816 = $0,809 + \sqrt{(0,008)^2 + (0,)^2}$ < 0,95 OK

$$= \frac{Ned}{(\chi_{iy} N_{Rk}/\Gamma_{M1})} + \sqrt{[(k_{yy} (M_y,Ed+N_{Ed} e_{Ny}) / (\chi_{iLT} M_{y,Rk}/\Gamma_{M1}))^2 + (k_{yz} (M_z,Ed+N_{Ed} e_{Ns}) / (M_{z,Rk}/\Gamma_{M1}))^2]}$$
 (NTC Eq C4.2.37)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-198,182	445,575	445,575			
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	445,575	483,932	106445,617	484,224	1,	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c 0,49	484,224	0,983	1,175	0,55	245,018
MajorB(y-y)	c 0,49	484,224	0,983	1,175	0,55	245,018
Minor (z-z)	c 0,49	484,224	0,983	1,175	0,55	245,018
MinorB(z-z)	c 0,49	484,224	0,983	1,175	0,55	245,018
Torsional TF	c 0,49	484,224	0,983	1,175	0,55	245,018

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment		
Major (y-y)	0,	0,058	0,029	0,044		
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,		
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity		
Major (y-y)	11,914	11,914	11,914	11,914		
Minor (z-z)	11,914	11,914	11,914			
Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d 0,76	0,178	0,507	1,	1,316	396,986
	kyy	kys	kzy	kzz		
Factors	1,552	0,98	0,931	1,633		

SHEAR DESIGN

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Dina Builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>53 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	53 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	53 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 1755 X Mid: -2, Combo: SLU_015 Design Type: Beam
Length: 5,08 Y Mid: 27,94 Shape: CHS-CH 139.7X8 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 2,54 Z Mid: 6,17 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1,05 An/Ag=1,	GammaM1=1,05 RLLF=1,	GammaM2=1,25 PLLF=0,75	D/C Lim=0,95
Aeff=0,003 A=0,003 It=1,441E-05 Iw=0, E=2100000000,	eNy=0, Iyy=7,203E-06 Iss=7,203E-06 Iys=0, fy=355000,	eNs=0, iyy=0,047 iss=0,047 h=0,14 fu=510000,	Wel,yy=1,031E-04 Weff,yy=1,031E-04 Wel,ss=1,031E-04 Weff,ss=1,031E-04 Wpl,yy=1,389E-04 Av,y=0,002 Wpl,ss=1,389E-04 Av,s=0,002

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,ss	Ved,s	Ved,y	Ted
2,54	366,767	-7,063	2,569	-8,917	1,52	0,666

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
D/C Ratio: 0,488 = 0,328 + sqrt[(0,15)^2 + (0,055)^2] < 0,95 OK
= (NEd/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2] (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	366,767	1119,089	1119,089			
	Mpl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag	
	1119,089	1215,425	267344,702	2313,973	1,	
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c 0,49	2313,973	0,713	0,879	0,717	802,244
MajorB(y-y)	c 0,49	2313,973	0,713	0,879	0,717	802,244
Minor (z-z)	c 0,49	2313,973	0,713	0,879	0,717	802,244
MinorB(z-z)	c 0,49	2313,973	0,713	0,879	0,717	802,244
Torsional TF	c 0,49	2313,973	0,713	0,879	0,717	802,244

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-7,063	-7,063	-3,106	-5,297
Minor (z-z)	2,569	2,569	1,522	1,979
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	46,971	46,971	46,971	46,971
Minor (z-z)	46,971	46,971	46,971	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0,76	0,146	0,49	1,	1,416	2323,276
Factors	kyy	kys	kxy	kxz			
	0,909	0,551	0,546	0,919			

SHEAR DESIGN

Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
-----	-----	-------	--------	--------

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>PINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA</p> <p><i>Urban builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>54 di 118</p>

6.3.2 Verifica della deformazione

Sono state condotte le verifiche definite al par. 4.2.4.2 del D.M. 14 Gennaio 2008 e in particolare si citano:

- Verifiche agli spostamenti verticali per i singoli elementi (par. 4.2.4.2.1).
- Verifiche agli spostamenti laterali per i singoli elementi (par. 4.2.4.2.2).
- Verifiche agli spostamenti per il piano e per l'edificio (par. 4.2.4.2.2).

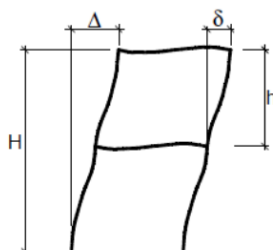
I relativi risultati sono riportati nei tabulati.

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{l}$	$\frac{\delta_2}{l}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.



<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div></div> <div>Mandanti:</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	55 di 118

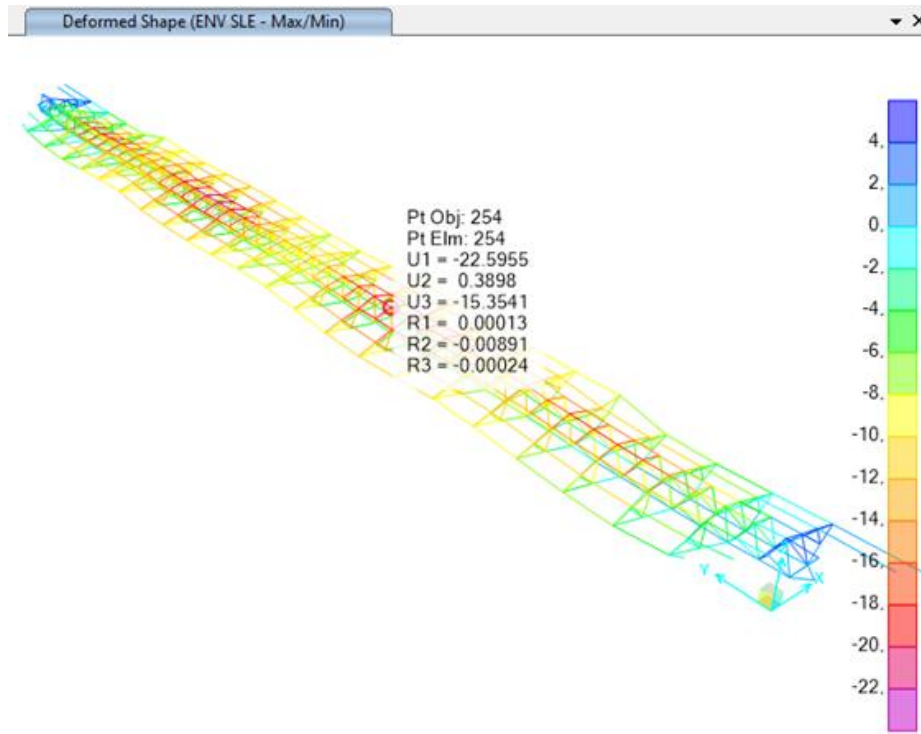


Figura 6.26 Env SLE – Spostamenti orizzontali

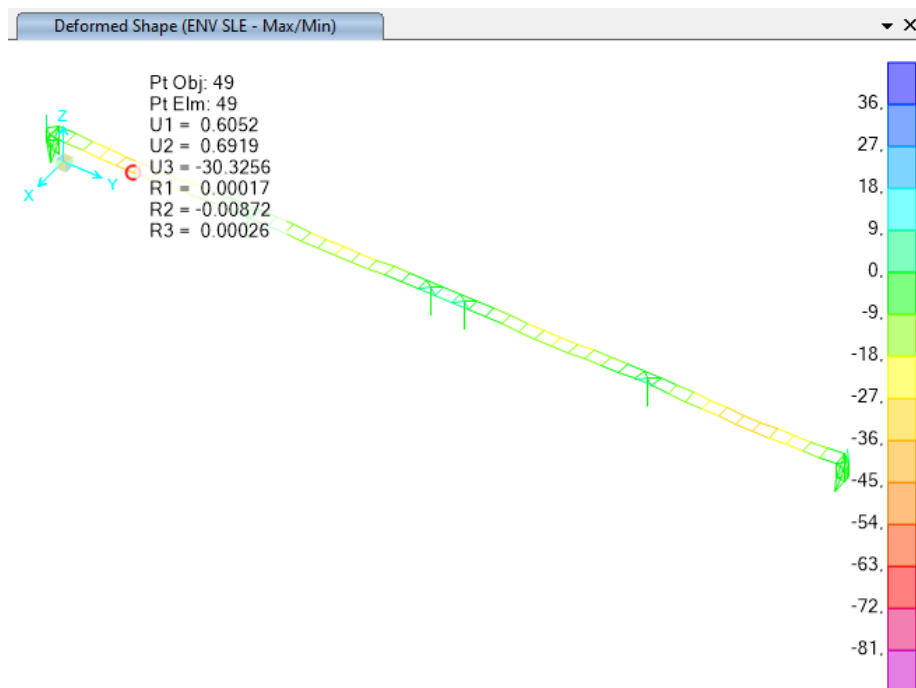


Figura 6.27 Env SLE – Spostamenti verticali

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>56 di 118</p>

6.3.3 Verifica dei pilastri

Dati:

Dimensione = 70 cm

Armadura long= 12 ϕ 32

Staffe = ϕ 16@30cm

Verifica C.A. S.L.U. - File: Columna 70cm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 70 [cm]

Raggio interno 0 [cm]

N° barre uguali 12

Diametro barre 3,2 [cm]

Copri ferro (baric.) 7,2 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettang. re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

☐ DXF

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N Ed 758,965 0 kN

M xEd 866,437 0 kNm

M yEd 105,991 0

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio elastico

Materiali

B450C C32/40

E_{su} 67,5 % E_{c2} 2 %

f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5

E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 0

E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8

E_{syd} 1,957 % $\sigma_{c,adm}$ 12,25

$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,7333

τ_{c1} 2,114

M xRd 1,265 kN m

σ_c - N/mm²

σ_s 381,9 N/mm²

ϵ_c 3,5 %

ϵ_s 1,909 %

d 132,8 cm

x 85,92 x/d 0,647

δ 1

Metodo di calcolo

☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -

☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviato

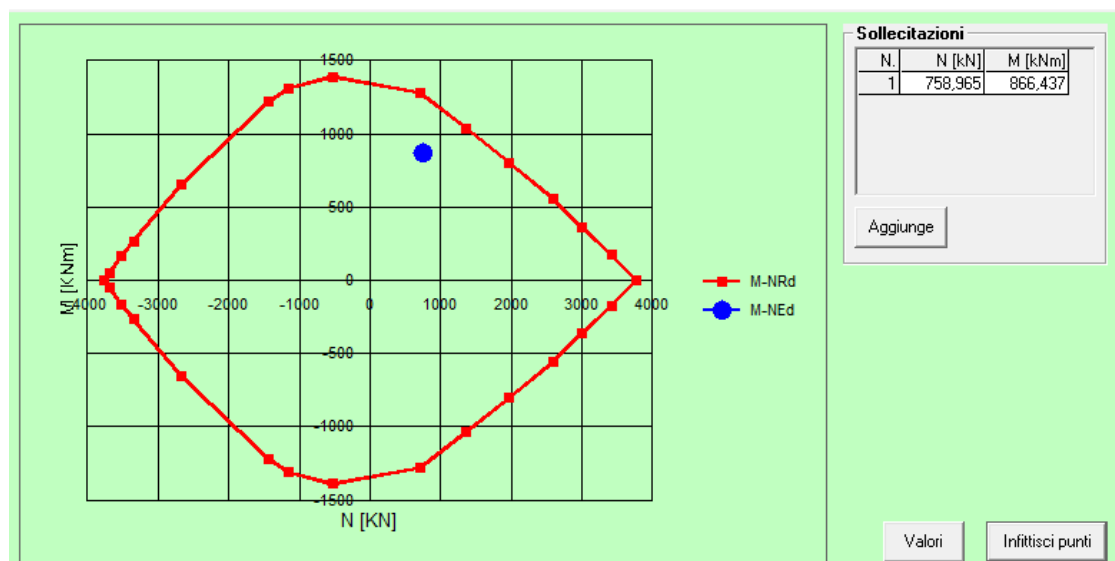
Vertici: 52 N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

☐ Precompresso



<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	57 di 118

Tagliare NTC 2018			
$V_u =$	152,27 kN		
$\phi_{long} =$	32 mm		
$N^\circ \text{ Barre long} =$	12		
$\gamma_c =$	1,5		
$f_{ck} =$	33,2 N/mm ²		
$f_{cd} =$	18,81 N/mm ²		
$D =$	700 mm		
$d =$	628 mm		
$N_{ed} =$	0 N		
$\alpha_c =$	0,85		
$\sigma_{cp} =$	0,000 N/mm ²	\leq	3,763
$A_{s \text{ long}} =$	9650,97 mm ²		
$\rho_1 =$	0,0251		
$k =$	1,564 < 2		
$v_{min} =$	0,395		
$V_{rd} =$	360,3 kN		
$V_{rd} =$	173,5 kN	OK	
$\phi_{trans} =$	16 mm		
A_{sw}/S	10,5 cm ² /m		
$S =$	38,30 cm		
$S_{max} =$	502,4 cm		

6.4 VERIFICHE STRUTTURALI – DEPOSITO VIA PER LEVATE

6.4.1 Verifica della pensiline

Di seguito si riportano i risultati in termini di momenti, tagli e sforzi normali sulla struttura per le combinazioni di carico analizzate.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div>Design builders</div></div></div>	<div>MANDANTI:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div>Design builders</div></div></div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div> <table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>58 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	58 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	58 di 118								

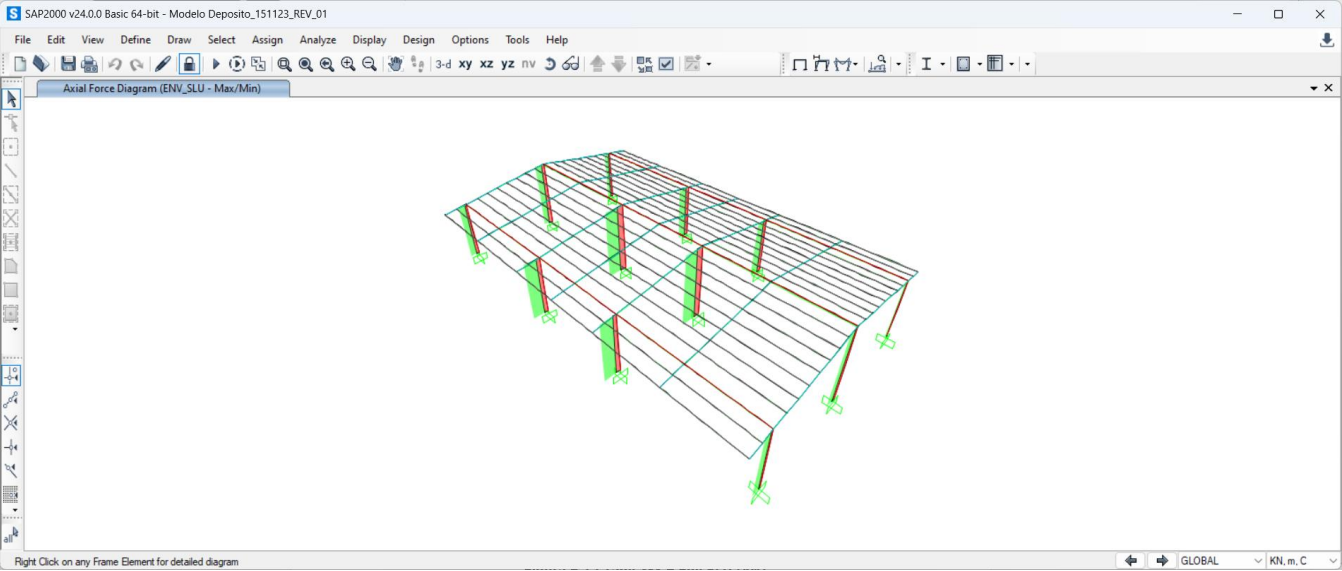


Figura 6.28 Sforzi assiali – Env SLU [kN]

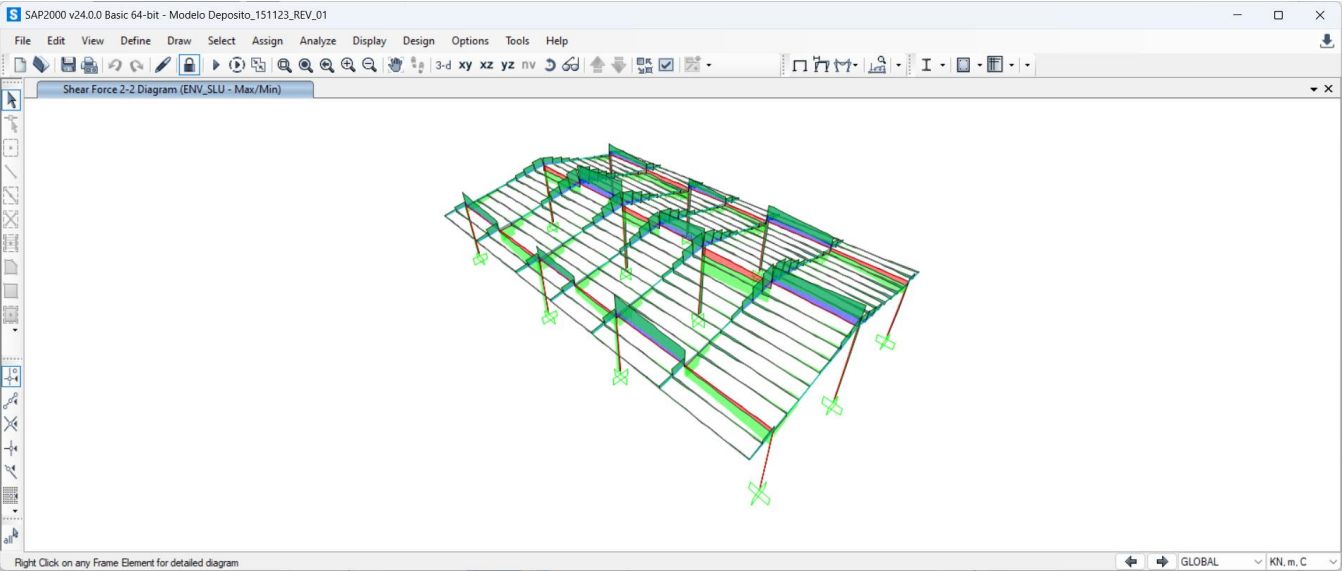


Figura 6.29 Tagli 2-2 – Env SLU [kN]

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>   <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>59 di 118</p>

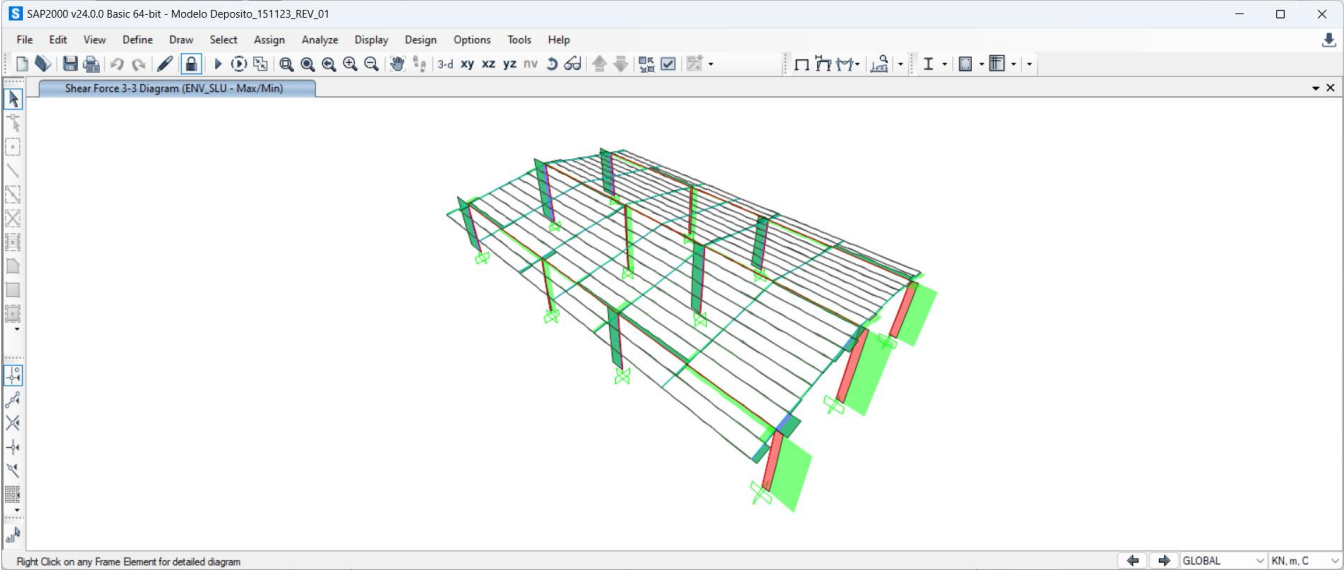


Figura 6.30 Tagli 3-3 – Env SLU [kN]

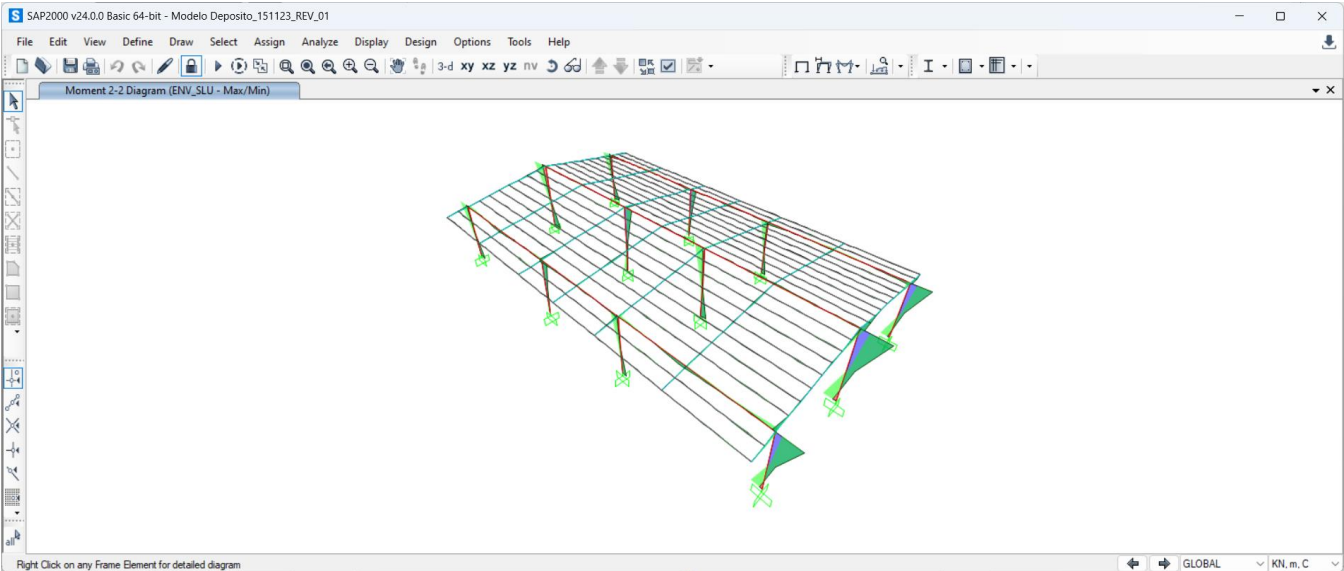


Figura 6.31 Momenti 2-2 – Env SLU [kN-m]

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGEGNERIA</div><div><i>Design Builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>60 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	60 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	60 di 118								

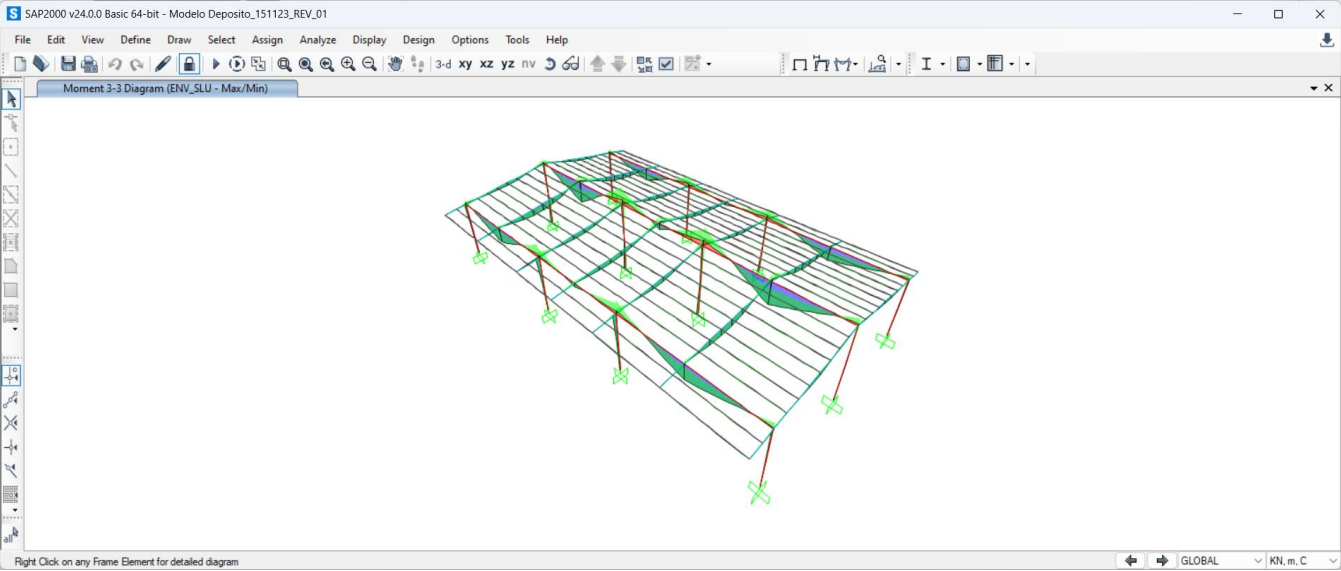


Figura 6.32 Momenti 3-3 – Env SLU [kN-m]

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI REDAZIONE INTERDISCIPLINALE INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div>		<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>Mandanti:</div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA Diana Carrara</div></div></div>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
7.0 Opere Civili		B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	61 di 118
Relazione di calcolo strutturale							

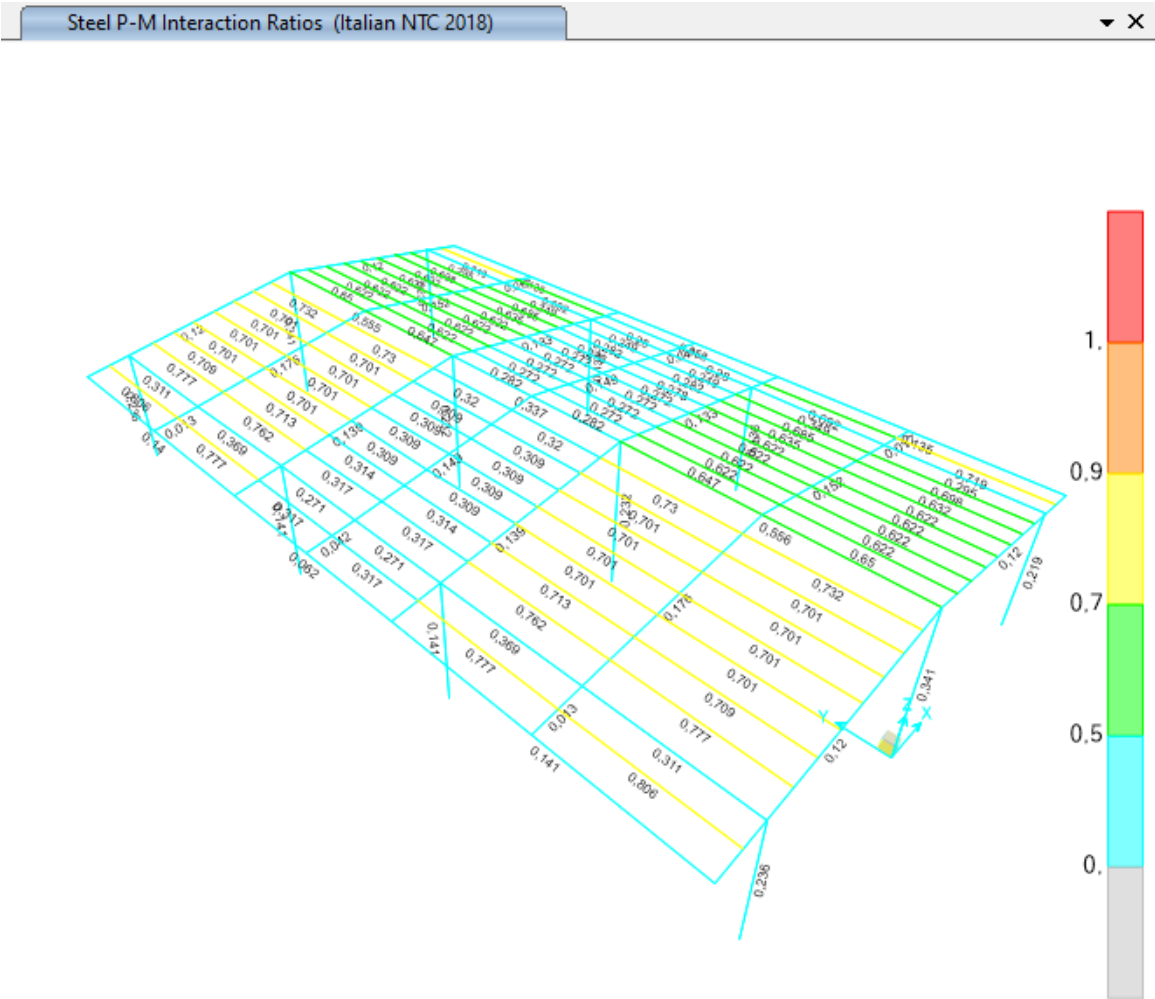


Figura 6.33 Fattori di utilizzo

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Italian NTC 2018									
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
50	HE360A	Beam	No Messages	0,55551	PMM	SLU_010	6	No Messages	No Messages
8	HE360A	Column	No Messages	0,340853	PMM	SLU_010	6,6	No Messages	No Messages
89	UPN200	Beam	No Messages	0,805795	PMM	SLU_007	0	No Messages	No Messages

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENIERIA <i>Dream builder</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>62 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	62 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	62 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : KN, m, C

Frame : 89 X Mid: -9,45 Combo: SLU_007 Design Type: Beam
Length: 6, Y Mid: 3, Shape: UPN200 Frame Type: DCH-MRF
Loc : 6, Z Mid: 5,16 Class: Class 1 Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1, GammaM1=1, GammaM2=1,25
An/Ag=1, RLLF=1, PLLF=0,75 D/C Lim=0,95

Aeff=0,003 eNy=0, eNs=0, Wel,yy=1,911E-04 Weff,yy=1,911E-04
A=0,003 Iyy=1,911E-05 iyy=0,077 Wel,ss=2,700E-05 Weff,ss=2,700E-05
It=0, Iss=1,483E-06 iss=0,021 Wpl,yy=2,335E-04 Av,y=0,002
Iw=0, Iyz=0, h=0,2 Wpl,ss=5,804E-05 Av,z=0,002
E=210000000, fy=355000, fu=510000,

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,ss	Ved,s	Ved,y	Ted
6,	-8,625	0,	0,	-9,584	-0,216	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0,806 = 0,115 + 0,675 + 0,016 < 0,95 OK
= NEd/(Chi_s NRk/GammaM1) + ksy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ ksz (Ms,Ed+NEd eNs)/(Ms,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd
Axial	Force	Capacity	Capacity
	-8,625	1142,745	1142,745

	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
	1142,745	1182,017	1153,486	757,247	1,

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0,49	1100,214	1,019	1,22	0,529	604,409
MajorB(y-y)	c	0,49	1100,214	1,019	1,22	0,529	604,409
Minor (z-z)	c	0,49	85,38	3,658	8,039	0,066	75,19
MinorB(z-z)	c	0,49	85,38	3,658	8,039	0,066	75,19
Torsional TF	c	0,49	757,247	1,228	1,507	0,42	480,434

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm,Ed	Meq,Ed
	Moment	Moment	Moment	Moment
Major (y-y)	0,	-14,376	-9,517	12,372
Minor (z-z)	0,	-0,224	-0,215	0,279

	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity
Major (y-y)	82,893	82,893	82,893	20,955
Minor (z-z)	20,604	20,604	20,604	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	d	0,76	1,593	2,299	0,253	1,136	32,654

	kyy	kys	ksy	kss
Factors	0,961	0,622	0,984	1,037

SHEAR DESIGN

Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
-----	-----	-------	--------	--------

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>63 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	63 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	63 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 50	X Mid: 0,	Combo: SLU_010	Design Type: Beam
Length: 12,	Y Mid: 6,	Shape: HE360A	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 10,5	Z Mid: 6,6	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B	MultiResponse=Envelopes	P-Delta Done? No
Consider Torsion? No		

GammaM0=1, An/Ag=1,	GammaM1=1, RLLF=1,	GammaM2=1,25 PLLF=0,75	D/C Lim=0,95
Aeff=0,014 A=0,014 It=1,530E-06 Iw=2,180E-06 E=2100000000,	eNy=0, Iyy=3,309E-04 Iss=7,887E-05 Iys=0, fy=355000,	eNs=0, Iyy=0,152 iss=0,074 h=0,35 fu=510000,	Wel,yy=0,002 Wel,ss=5,258E-04 Wpl,yy=0,002 Wpl,ss=8,020E-04
			Weff,yy=0,002 Weff,ss=5,258E-04 Av,y=0,011 Av,z=0,005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,ss	Ved,z	Ved,y	Ted
10,5	-29,972	20,007	0,	78,178	0,	0,

PMI DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0,556 = 0,012 + 0,544 + 0, < 0,95 OK

$$= \frac{NEd}{\chi_{LT} \cdot M_{yk} / \gamma_{M1}} + k_{\phi y} \frac{(M_{y,Ed} + NEd \cdot e_{Ny})}{\chi_{LT} \cdot M_{yk} / \gamma_{M1}} + k_{\phi z} \frac{(M_{z,Ed} + NEd \cdot e_{Nz})}{\chi_{LT} \cdot M_{zk} / \gamma_{M1}} \quad (\text{NTC Eq C4.2.38})$$

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity			
Axial	-29,972	5076,5	5076,5			
	Npl,Rd 5076,5	Nu,Rd 5250,96	Ncr,T 8692,273			
			Ncr,TF 8692,273			
	An/Ag 1,					
Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b 0,34	4762,701	1,032	1,174	0,577	2927,073
MajorB(y-y)	b 0,34	4762,701	1,032	1,174	0,577	2927,073
Minor (z-z)	c 0,49	4540,758	1,057	1,269	0,507	2575,837
MinorB(z-z)	c 0,49	4540,758	1,057	1,269	0,507	2575,837
Torsional TF	c 0,49	8692,273	0,764	0,93	0,685	3475,504

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med, span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	20,007	331,953	212,752	276,578
Minor (z-z)	0,	0,	0,	0,
	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	741,24	741,24	741,24	609,319
Minor (z-z)	284,71	284,71	284,71	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b	0,34	0,761	0,885	0,822	1,204	1280,44

	kyy	kys	kzy	kzz
Factors	0,822	0,61	0,998	1,016

SHEAR DESIGN

Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
-----	-----	-------	--------	--------

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>gian bultrini</i></div></div></div>	<div>MANDANTI:</div> <div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div> <div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div> <div><div>pide</div></div> <div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div> <div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>gian bultrini</i></div></div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div> <table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>64 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	64 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	64 di 118								

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 8	X Mid: 0,	Combo: SLU_010	Design Type: Column
Length: 6,6	Y Mid: 0,	Shape: HE360A	Frame Type: DCH-MRF
Loc : 6,6	Z Mid: 3,3	Class: Class 1	Rolled : Yes

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1, An/Ag=1,	GammaM1=1, RLLF=1,	GammaM2=1,25 PLLF=0,75	D/C Lim=0,95
Aeff=0,014 A=0,014 It=1,530E-06 Iw=2,180E-06 E=210000000,	eNy=0, Iyy=3,309E-04 Iss=7,887E-05 Iys=0, fy=355000,	eNs=0, iyy=0,152 iss=0,074 h=0,35 fu=510000,	Wel,yy=0,002 Wel,ss=5,258E-04 Wpl,yy=0,002 Wpl,ss=8,020E-04 Weff,yy=0,002 Weff,ss=5,258E-04 Av,y=0,011 Av,z=0,005

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS	Location	Ned	Med,yy	Med,ss	Ved,z	Ved,y	Ted
	6,6	-161,844	0,	97,044	0,	-21,997	0,

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq 4.2.38(s))
D/C Ratio: 0,341 = 0,341 < 0,95 OK
= (Ms,Ed/Mn,z,Rd) (NTC Eq 4.2.38(s))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned	Nc,Rd	Nt,Rd				
	Force	Capacity	Capacity				
Axial	-161,844	5076,5	5076,5				
	Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag		
	5076,5	5250,96	7466,236	7466,236	1,		
	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0,34	3937,196	1,136	1,304	0,514	2610,992
MajorB (y-y)	b	0,34	32177,654	0,397	0,612	0,927	4706,85
Minor (z-z)	c	0,49	3269,644	1,246	1,533	0,412	2093,494
MinorB (z-z)	c	0,49	11073,202	0,677	0,846	0,739	3750,614
Torsional TF	c	0,49	7466,236	0,825	0,993	0,647	3283,123

MOMENT DESIGN

	Med	Med, span	Mm,Ed	Meq,Ed			
	Moment	Moment	Moment	Moment			
Major (y-y)	0,	0,	0,	0,			
Minor (z-z)	97,044	97,044	24,455	38,973			
	Mc,Rd	Mv,Rd	Mn,Rd	Mb,Rd			
	Capacity	Capacity	Capacity	Capacity			
Major (y-y)	741,24	741,24	741,24	470,336			
Minor (z-z)	284,71	284,71	284,71				
	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	psi	Mcr
LTB	b	0,34	0,941	1,069	0,635	1,	836,379
	kyy	kys	kxy	kxz			
Factors	1,007	0,249	0,996	0,415			

SHEAR DESIGN

Ved	Ted	Vc,Rd	Stress	Status
Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><p>ARTELIA Passion & Solutions Italia</p></div><div><p>ARTELIA Passion & Solutions France</p></div><div><p>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE D.O. INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p></div><div><p>pide</p></div><div><p>OPINI SMART ENGINEERING</p></div><div><p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGRESSO design builders</p></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>65 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	65 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	65 di 118								

6.4.2 Verifica della deformazione

Sono state condotte le verifiche definite al par. 4.2.4.2 del D.M. 14 Gennaio 2008 e in particolare si citano:

- Verifiche agli spostamenti verticali per i singoli elementi (par. 4.2.4.2.1).
- Verifiche agli spostamenti laterali per i singoli elementi (par. 4.2.4.2.2).
- Verifiche agli spostamenti per il piano e per l'edificio (par. 4.2.4.2.2).

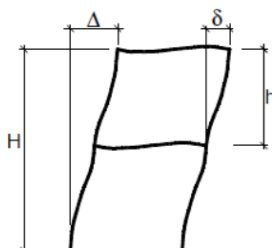
I relativi risultati sono riportati nei tabulati.

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{l}$	$\frac{\delta_2}{l}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l'aspetto dell'edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

Tipologia dell'edificio	Limiti superiori per gli spostamenti orizzontali	
	$\frac{\delta}{h}$	$\frac{\Delta}{H}$
Edifici industriali monopiano senza carroponte	$\frac{1}{150}$	/
Altri edifici monopiano	$\frac{1}{300}$	/
Edifici multipiano	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{500}$

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.



<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div></div><div><div><i>dream builders</i></div></div></div> <div>Mandanti:</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
7.0 Opere Civili	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo strutturale	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	66 di 118

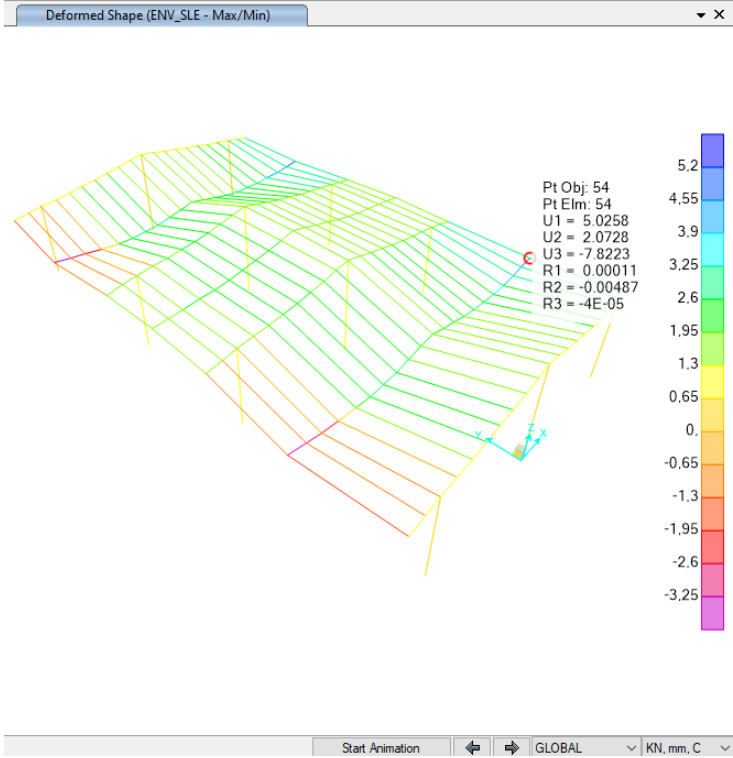
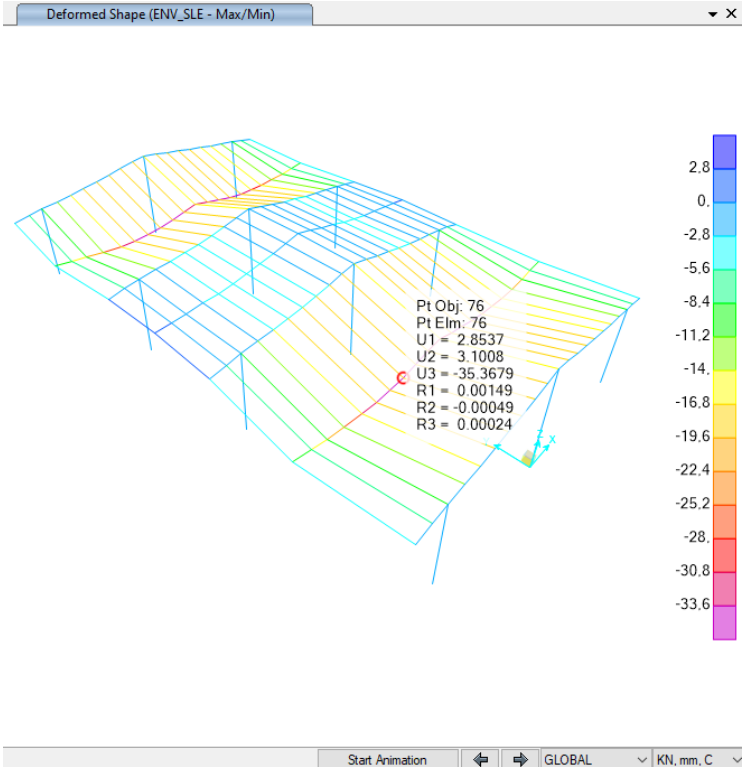


Figura 6.34 Env SLE – Spostamenti orizzontali [mm]



<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div>Mandanti:</div> <div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI <small>SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</small></div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Design builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	67 di 118

Figura 6.35 Env SLE – Spostamenti verticali

7. FONDAZIONI – DEPOSITO VIA GLENO

7.1 Introduzione

Le fondazioni proposte sono di tipo misto, costituite da plinti e plinti su pali. Questo è anche dovuto ai vincoli geometrici per la presenza del cunicolo tecnologico in prossimità degli appoggi centrali della struttura.

Si prevedono due tipologie di fondazioni per le opere in oggetto:

- Fondazione tipo 1: in corrispondenza delle colonne esterne, costituite da fondazione continua di 2.5mx4.0m con altezza pari a 0.5m. Le colonne esterne, costituiti da profili in acciaio verranno collegati ai pilastri 0.45x0.45 tramite piastre in acciaio bullonate
- Fondazione tipo 2: in corrispondenza delle colonne intermedie, costituite da fondazione continua 3.0mx4.0m con altezza pari a 0.5m.
- Fondazione tipo 3: fondazione mista di 2.10mx4.8m di altezza pari a 0.6m e fondati su 8 micropali di 0.30m di diametro e lunghezza di 15m

Per tutte le fondazioni si considera un piano di posa dei plinti corrispondente con la profondità rilevata della soletta del cunicolo tecnologico, pari a 1.7m dal livello del terreno.

Note le azioni totali (F_x , F_y , F_z , M_x ed M_y) che trasmette la colonna al plinto, risultato del dimensionamento strutturale visto nei precedenti capitoli, si procede quindi con le seguenti verifiche:

- Calcolo dei carichi assiali sui pali
- Dimensionamento geotecnico dei pali
- Dimensionamento strutturale dei pali

La progettazione delle fondazioni sui pali è eseguita in conformità a quanto richiesto dalle NTC 2018 al par. 6.4.3. In particolare, tenuto conto delle scelte progettuali, si sono presi in considerazione i seguenti stati limiti:

- Approccio 1: SLU di tipo geotecnico:
 - Collasso per carico limite del palo nei riguardi dei carichi assiali
 - Collasso per carico limite del palo nei riguardi dei carichi trasversali
- Approccio 2: SLU di tipo strutturale:

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	68 di 118

- Raggiungimento della resistenza (per sollecitazioni assiali e flessionali, taglianti, torcenti) nelle opere di fondazione (plinto)
- Raggiungimento della resistenza (per sollecitazioni assiali e flessionali, taglianti, torcenti) nelle opere di sottofondazione (pali)

Le verifiche SLU-GEO sono svolte secondo l'approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.4II e 6.4 VI. Per R3 si intende il congiunto di coefficienti parziali di sicurezza sulle resistenze relativi alla tipologia di verifica da condurre.

Le verifiche SLU-STR sono quindi svolte con la combinazione (A1+M1+R3) in cui i coefficienti γ_R e γ_M sono unitari.

In modo cautelativo, si sono considerate le sollecitazioni per le verifiche dei pali quelle azioni ottenute dalle combinazioni dei carichi orizzontali e verticali della struttura in elevazione e applicati in testa al palo.

Le verifiche nei confronti delle azioni sismiche sono effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni (A) e sui parametri geotecnici (M) ed adottando per le resistenze gli stessi valori assunti in condizione statica (R3).

Le azioni in input trasmesse dalla struttura soprastante sono già risultanti di SLU, avendo applicato i coefficienti parziali di sicurezza delle azioni e dei parametri geotecnici; mentre i sovraccarichi dovuti al peso del plinto e al ritombamento fino a quota terreno sono maggiorati applicando i coefficienti parziali di sicurezza indicati a continuazione (tabelle 6.2.I, NTC 2018):

- Carichi permanenti G_1 : $\gamma_{G1} = 1,3$

Di seguito invece si riportano i coefficienti parziali di sicurezza delle resistenze:

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale ^{*)}	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

^{*)} da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div>Mandanti:</div> <div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INEGNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	69 di 118

7.2 Parametri geotecnici di riferimento

Vengono svolti il dimensionamento e le verifiche geotecniche con il metodo degli stati limite. Si considerano i valori geotecnici del terreno indicati dalla relazione geologica, nello specifico:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 26^\circ$$

$$k_w = 0.032 \text{ (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)}$$

7.3 Tipologia di fondazione

Le fondazioni sono di tipo profonde, mediante pali trivelati di 0.45m di diametro e lunghezza variabile.

Il palo di fondazione deve essere in grado di far fronte al carico verticale di progetto mediante la sua resistenza assiale. Determinata la capacità portante, la resistenza di calcolo verticale del palo si ottiene applicando opportuni coefficienti di sicurezza prescritti dalla normativa.

7.4 Calcolo dei carichi assiali sui pali

Dato un gruppo di n pali soggetto a delle sollecitazioni relativi ad una determinata combinazione, i carichi agenti alla tesata di ciascun palo risultano:

$$N_i = \frac{F_z}{n} + \left[\frac{M_x * y_i}{\sum_1^n y_i^2} \right] - \left[\frac{M_y * x_i}{\sum_1^n x_i^2} \right]$$

$$V_{xi} = \frac{F_x}{n}$$

$$V_{yi} = \frac{F_y}{n}$$

Dove, fissato un sistema di riferimento XYZ destrorso, avente origine nel baricentro della plificata con asse Z rivolto verso l'alto, risultano:

- M_x momento esterno attorno all'asse X
- M_y momento esterno attorno all'asse Y
- F_x forza orizzontale esterna nella direzione X
- F_y forza orizzontale esterna nella direzione Y

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>   <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>70 di 118</p>

- F_z forza verticale esterna nella direzione Z
- N_i forza verticale agente alla testa del palo
- V_{xi} forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione X
- V_{yi} forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione Y
- x_i distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della plaificata nella direzione X
- y_i distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della plaificata nella direzione X

Nel caso in esame i micropali si considerano disposti verticalmente per cui deve risultare:

$$Q_{Rd} \geq N_i \quad (1)$$

Inoltre devono verificarsi le seguenti condizioni:

$$F_x \leq \sum_{i=1}^n \frac{H_{i,res}}{\sin \alpha_{xi}} \quad (2)$$

$$F_y \leq \sum_{i=1}^n \frac{H_{i,res}}{\sin \alpha_{yi}} \quad (2)$$

dove $H_{i,res}$ è la componente orizzontale del residuo di resistenza assiale dei singoli micropali che vale:

$$H_{i,res} = Q_{Rd} - N_{i,ass}$$

Mediante un processo iterativo è possibile quindi determinare la lunghezza minima dei pali affinché siano contemporaneamente soddisfatte le condizioni (1), (2), e (3).

7.5 Cenni Teorici

7.5.1 Capacità portante a carichi assiali dei pali di fondazione

La capacità portante di un palo è composta dalla portanza di base (o di punta) e dalla portanza per attrito laterale lungo il fusto. In ciascuna combinazione prevista deve risultare:

$$Q_{Rd} \geq Q_{Ed}$$

In cui:

$$Q_{Rd} = \frac{1}{\xi} \left(\frac{Q_s}{R_i^s} + \frac{Q_b}{R_i^b} \right) - W_k + \frac{S_w}{R_w}$$

dove:

Q_s Portata laterale del palo determinata analiticamente;

Q_b Portata di base del palo determinata analiticamente;

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div> Passion & Solutions Italia</div> <div>Mandanti:</div> <div> Passion & Solutions France</div> <div> ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div> <div> pide</div> <div> OPINI SMART ENGINEERING</div> <div> studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA <i>Dream builders</i></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	71 di 118

W_k Peso proprio del palo.

ξ fattore di correlazione funzione del numero di verticali indagate secondo la Tab. 6.4.IV delle NTC 2018

In sede di calcolo, considerato la limitata disponibilità di indagini geognostiche, sono stati assunti i valori di 1.70 e 1.70 rispettivamente, considerando la Tab. 6.4.IV delle NTC 2018 e n.1 verticali indagate.

La capacità laterale del palo sarà calcolata con il metodo di Burland per terreno incoerente essendo:

$$Q_s = A_{lat} * P_{ef} * K * f_w * tg \delta$$

Dove:

A_{lat} Area laterale del palo;

P_{ef} Pressione efficace del terreno;

K $1 - \sin \phi'$.

f_w fattore correttivo per la tronco-conicità del palo; assunto pari a 1 essendo pali a sezione costante

δ angolo d'attrito terreno-palo; assunto pari a $2/3 \phi'$ per pali in calcestruzzo

Nell'applicare tali relazioni va tenuto presente che a causa del disturbo indotto nei livelli incoerenti dall'asportazione del terreno, l'angolo d'attrito del terreno da considerare si assume come: $\phi' = \phi - 3$.

La capacità di base del palo sarà calcolata con il metodo di Berezantev per terreno incoerente essendo:

$$Q_b = A_{base} * P_{ef} * N_q$$

A_{base} Area base;

P_{ef} Pressione efficace del terreno;

N_q Fattore adimensionale di portata uguale a 10^m ; per i fini di calcolo della presente relazione si limita il valore di N_q a 10.

m $-0.764 + 0.076 \phi'$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div>Mandanti:</div> <div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div><small>REDACTED ARCHITECTURAL DESIGN</small> <small>PROGETTAZIONE ED ARCHITETTURA</small></div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	72 di 118

Nell'applicare tali relazioni va tenuto presente che a causa del disturbo indotto nei livelli incoerenti dall'asportazione del terreno, l'angolo d'attrito del terreno da considerare si assume come: $\phi' = \phi - 3$.

7.5.2 Capacità portante a carichi trasversali dei pali di fondazione

In presenza di forze orizzontali agenti su un palo è necessario che esso venga dimensionato a carico limite sotto queste azioni.

Lo stato tenso-deformativo del complesso palo-terreno si presenta come problema tridimensionale, per la cui soluzione è necessario introdurre alcune ipotesi semplificative. La teoria che verrà presentata è quella sviluppata da Broms, che assume:

- terreno omogeneo;
- comportamento dell'interfaccia palo-terreno di tipo rigido-perfettamente plastico;
- forma del palo ininfluente. Quest'ultima ipotesi comporta che il palo abbia solo moti rigidi finché non si raggiunge il momento di plasticizzazione (M_y) del palo, a partire dalla quale si forma una cerniera plastica in cui la rotazione continua indefinitamente con momento costante.

Nello studio seguente si fa riferimento a pali soggetti a carichi orizzontali con rotazione impedita in testa, in quanto la presenza di una struttura rigida in sommità (platea o plinto) consente l'ipotesi dell'esistenza di un vincolo di incastro.

Per un terreno prevalentemente incoerente, come quello interessato dai pali di fondazione in progetto, si assume che la resistenza opposta dal terreno p alla traslazione del palo vari linearmente con la profondità:

$$p = 3 K_p \gamma z d$$

dove

K_p = coefficiente di spinta passiva calcolato come $(1 + \sin \phi') / (1 - \sin \phi')$

z = profondità dal piano campagna;

γ = peso specifico del terreno

<p>Capogruppo/mandataria:</p> <p>ARTELIA Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p> <p>ARTELIA Passion & Solutions France</p> <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p> <p>pide</p> <p>OPINI SMART ENGINEERING</p> <p>studio CARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p><i>Urban builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>73 di 118</p>

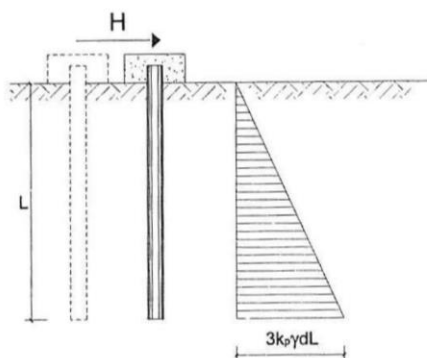


Figura 7.1 Resistenza limite dei terreni incoerenti

Come si evince dall'espressione precedente, la pressione orizzontale risulta tre volte maggiore della spinta passiva; ciò si giustifica tenendo in considerazione il fatto che il fenomeno di rottura in questo caso è di tipo tridimensionale, per cui esso comprende anche le azioni tangenziali che si sviluppano sulla superficie laterale del palo.

I meccanismi di rottura del complesso palo-terreno sono condizionati dalla lunghezza del palo, dal momento di plasticizzazione della sezione e dalla resistenza esercitata dal terreno. I possibili meccanismi di rottura sono riportati di seguito:

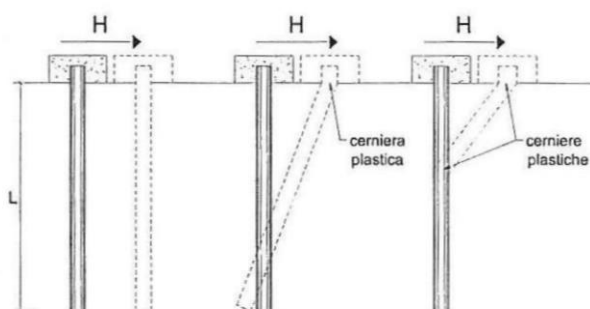


Figura 7.2 Meccanismi di rottura per i pali vincolati in testa

Il meccanismo di "palo corto" corrisponde alla condizione in cui non si raggiunge il momento di plasticizzazione in nessuna sezione; il carico limite orizzontale corrispondente a tale caso si determina facendo ricorso a semplici equazioni di equilibrio e vale:

$$H_1 = 1.5 * k_p * \gamma * d^3 * \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Il meccanismo di "palo intermedio" corrisponde alla condizione in cui si raggiunge il momento di plasticizzazione all'attacco palo-fondazione; il carico limite orizzontale

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>   <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p> <p><i>Design builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>74 di 118</p>

corrispondente a tale caso si determina facendo ricorso ad equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di una cerniera plastica all'attacco palo-fondazione e risulta:

$$H_2 = 0.5 * k_p * \gamma * d^3 * \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Infine il meccanismo "palo lungo" corrisponde alla condizione in cui si raggiunge il momento di plasticizzazione dapprima all'attacco palo-fondazione e successivamente in una sezione lungo il fusto del palo stesso; il carico limite orizzontale corrispondente a tale caso si determina facendo ricorso ad equazioni di equilibrio ed imponendo la formazione di cerniere plastiche nelle 2 sezioni che hanno raggiunto il momento di plasticizzazione e risulta:

$$H_3 = k_p * \gamma * d^3 * \sqrt[3]{(3.676 * \frac{M_y}{k_p * \gamma * d^4})^2}$$

L'azione ultima resistente del terreno a carichi trasversali risulta pertanto pari a:

$$R_{tr,d} = \frac{\min (H_1; H_2; H_3)}{\gamma_T * \xi}$$

dove il fattore di correlazione ξ relativo al numero n di verticali di indagini, è analogo a quanto assunto per la capacità del palo a carichi verticali, mentre per il coefficiente parziale di sicurezza delle resistenze γ_T è determinato secondo la combinazione A1+M1+R3 in cui:

Tab. 6.4.VI - Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali

Coefficiente parziale (R3)
$\gamma_T = 1,3$

7.6 Verifiche Fondazioni tipo 1

Per il calcolo del Q_{lim} viene utilizzata la formula di Terzaghi-Vesic. La verifica per il dimensionamento della fondazione viene svolta con l'Approccio n. 2 indicato dalle NTC2018 al cap. 6. Vengono pertanto utilizzati i coefficienti:

A1+M1+R3

I coefficienti amplificativi dei carichi risultano:

Carichi propri: $\gamma = 1,3$

Carichi permanenti: $\gamma = 1,5$

Carichi variabili: $\gamma = 1,5$

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	75 di 118

Il coefficiente di sicurezza da adottare risulta:

$$R_3 = 2,3$$


Viene svolto il calcolo del Q_{limite} :

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div>Passion & Solutions Italia</div></div> <div><div>Passion & Solutions France</div></div> <div><div>ERREGI RENDU INTERNET 3D INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div> <div><div>pide</div></div> <div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div> <div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA Dima Builders</div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>76 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	76 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	76 di 118								

7.6.1 Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione statica

**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI (BRINCH-HANSEN et al, 1970)
TERRENI NON COESIVI - CONDIZIONI DRENATE**

>> INPUT INTERMEDI OUTPUT <<



COEFFICIENTI PARZIALI PER ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Approcci per l'applicazione dei coeff.parziali allo SLU	Azioni		Proprietà del terreno		γ _R
	Permanenti	Temporanee Variabili	tan φ'	c'	
[1] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
[2] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) - DM2018 §6.4.2.1	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80
[3] Stato limite ultimo - Approccio 2 (A1+M1+R3) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
[4] Definiti dall'utente	1,30	1,50	1,00	1,00	1,80

3

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

Peso per unità di volume terreno umido (apparente)	γ _{wet}	18	18	kN/m ³
Peso per unità di volume terreno saturo	γ _{sat}	18	18	kN/m ³
Coesione	c' _k	0,0	0,0	kN/m ²
Angolo di attrito interno	φ' _k	26,0	26,0	°
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (da assegnare solo in caso sismico)	k ₀	0,000	0,000	Assenza sisma

SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E DI CALCOLO AGENTI

Nota: per fondazioni nostriformi (L=100m) le sollecitazioni sono a metro [kN/m]

		Valori caratteristici		Valori di calcolo	
		Permanenti	Temporanee		
Forza verticale	V _k [kN]	297,3		396,5	= V _d
Momento flettente lungo B	M _{B,k} [kN×m]	21,1		27,4	= M _{B,d}
Momento flettente lungo L	M _{L,k} [kN×m]	121,8		158,3	= M _{L,d}
Forza orizzontale lungo B	H _{B,k} [kN]	114,9		149,4	= H _d
Forza orizzontale lungo L	H _{L,k} [kN]	0,2			

PARAMETRI GEOMETRICI

Profondità piano di posa della fondazione da p.c.	D =	1,5	m
Profondità della falda da p.c.	Z _w =	20,0	m
Lunghezza fondazione (per fondazione nostriforme porre L=100m)	L =	4,00	m
Larghezza fondazione	B (B<L) =	2,50	m
Inclinazione base	η =	0	°
Inclinazione piano campagna	β =	0	°

Fond rettangolare

VALORI DI CALCOLO INTERMEDI

H=0.5·B·tan(45+φ/2)	H =	2,0	m
Peso di volume medio efficace del terreno nel cuneo sotto la fondazione	γ _{te} =	18,0	kN/m ³
Eccentricità in direzione B	e _B =	0,07	m
Eccentricità in direzione L	e _L =	0,41	m
Carico alla base della fondazione	q =	27	kN/m ²
lunghezza efficace	L' =	3,18	m
larghezza efficace	B' =	2,36	m

Fattori di capacità portante

N _q = 22,25	m = 1,62
N _q = 11,85	
N _q = 12,54	

Fattori correttivi

s _q = 1,39	s _q = 1,36	s _q = 0,70
i _q = 0,28	i _q = 0,34	i _q = 0,21
b _q = 1,00	b _q = 1,00	b _q = 1,00
g _q = 1,00	g _q = 1,00	g _q = 1,00
d _q = 1,24	d _q = 1,18	d _q = 1,00
z _q = 1,00	z _q = 1,00	z _q = 1,00
k = 0,60		r _s = 0,98

Coefficienti di correzione sismici

CALCOLO DELLA Q_k E VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

$Q_k = 0.5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot z_q + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c \cdot z_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot z_q$

Q _k (kPa)	Q _d (kPa)	Q _k (kPa)	OK
214,2	108,4	51,5	OK

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REVOLUTION INTERNATIONAL SL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div>Design builders</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>77 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	77 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	77 di 118								

7.6.1 Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione sismica

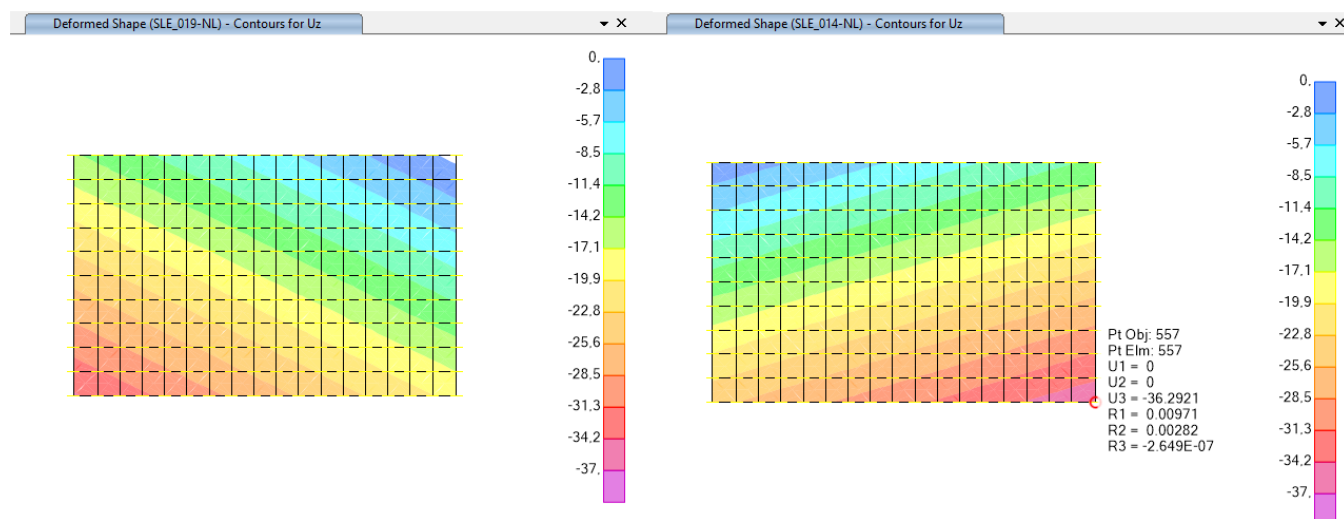
La capacità del complesso fondazione-terreno viene verificata con riferimento allo stato limite ultimo (SLV):

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI (BRINCH-HANSEN et al, 1970) TERRENI NON COESIVI - CONDIZIONI DRENATE							
>> INPUT INTERMEDI OUTPUT <<							
<div><div></div><div></div><div></div></div>							
COEFFICIENTI PARZIALI PER ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO							
Approcci per l'applicazione dei coeff.parziali allo SLU	Azioni		Proprietà del terreno		γR		
	Permanenti	Temporanee Variabili	tan φ'	c'			
	[1] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1) - DM2018 §6.4.2.1	○	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
	[2] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) - DM2018 §6.4.2.1	○	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80
	[3] Stato limite ultimo - Approccio 2 (A1+M1+R3) - DM2018 §6.4.2.1	○	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
[4] Definiti dall'utente	⊙	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30	
4							
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO							
Peso per unità di volume terreno umido (apparente)	γ _{wet}	18	18	kN/m³			
Peso per unità di volume terreno saturo	γ _{sat}	18	18	kN/m³			
Coesione	c'	0,0	0,0	kN/m²			
Angolo di attrito interno	φ' _u	26,0	26,0	°			
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (da assegnare solo in caso sismico)	k _o	0,032	0,032	Presenza Sisma			
SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E DI CALCOLO AGENTI							
Nota: per fondazioni nostriformi (L=100m) le sollecitazioni sono a metro (kN/m)							
	Valori caratteristici		Valori di calcolo				
	Permanenti	Temporanee					
Forza verticale	V _k [kN]	72,4	72,4	72,4	= V _d		
Momento flettente lungo B	M _{B,k} [kN×m]	5,4	5,4	5,4	= M _{B,d}		
Momento flettente lungo L	M _{L,k} [kN×m]	42,4	42,4	42,4	= M _{L,d}		
Forza orizzontale lungo B	H _{B,k} [kN]	69,6					
Forza orizzontale lungo L	H _{L,k} [kN]	11,5		61,7	= H _d		
PARAMETRI GEOMETRICI							
Profondità piano di posa della fondazione da p.c.	D	1,5	m				
Profondità della falda da p.c.	Z _w	20,0	m				
Lunghezza fondazione (per fondazione nostriforme porre L=100m)	L	4,00	m				
Larghezza fondazione	B (B<L)	2,30	m				
Inclinazione base	η	0°					
Inclinazione piano campagna	β	0°					
VALORI DI CALCOLO INTERMEDI							
H=0.5Btan(45+φ/2)	H	2,0	m				
Peso di volume medio efficace del terreno nel cuneo sotto la fondazione	γ _a	18,0	kN/m³				
Eccentricità in direzione B	e _B	0,07	m				
Eccentricità in direzione L	e _L	0,59	m				
Carico alla base della fondazione	q	27	kN/m²				
lunghezza efficace	L'	2,83	m				
larghezza efficace	B'	2,35	m				
<div><div>Fattori di capacità portante</div><div><div>N_b = 22,25</div><div>N_s = 11,85</div><div>N_c = 12,54</div></div><div>m=1,62</div></div>							
<div><div>Fattori correttivi</div><div><div>s_c = 1,44</div><div>i_c = -0,02</div><div>b_c = 1,00</div><div>g_c = 1,00</div><div>d_c = 1,24</div><div>z_c = 0,99</div><div>k = 0,60</div></div><div>s_q = 1,41</div><div>i_q = 0,06</div><div>b_q = 1,00</div><div>g_q = 1,00</div><div>d_q = 1,18</div><div>z_q = 0,98</div></div> <div><div>s_c = 0,67</div><div>i_c = 0,01</div><div>b_c = 1,00</div><div>g_c = 1,00</div><div>d_c = 1,00</div><div>z_c = 0,98</div><div>r_c = 0,98</div></div> <div><div>γ_a = (2H - d_a) * d_a / H³ * γ_{sat} + γ' / H³ * (H - d_a)²</div><div>γ_a</div></div>							
CALCOLO DELLA Q _k E VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE							
Q _k =0.5*γ*B*N _b *x _s *d _c *i _c *b _c *g _c *z _c +c'*N _c *s _q *d _q *i _q *b _q *g _q *z _q							
Q _k (kPa)	Q _d (kPa)						
34,2	30,1	>					
		Q _d (kPa)	OK				
		10,9					

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REDAZIONE ARCHITETTURA INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGENGERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>78 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	78 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	78 di 118								

7.6.2 Verifica di stabilità

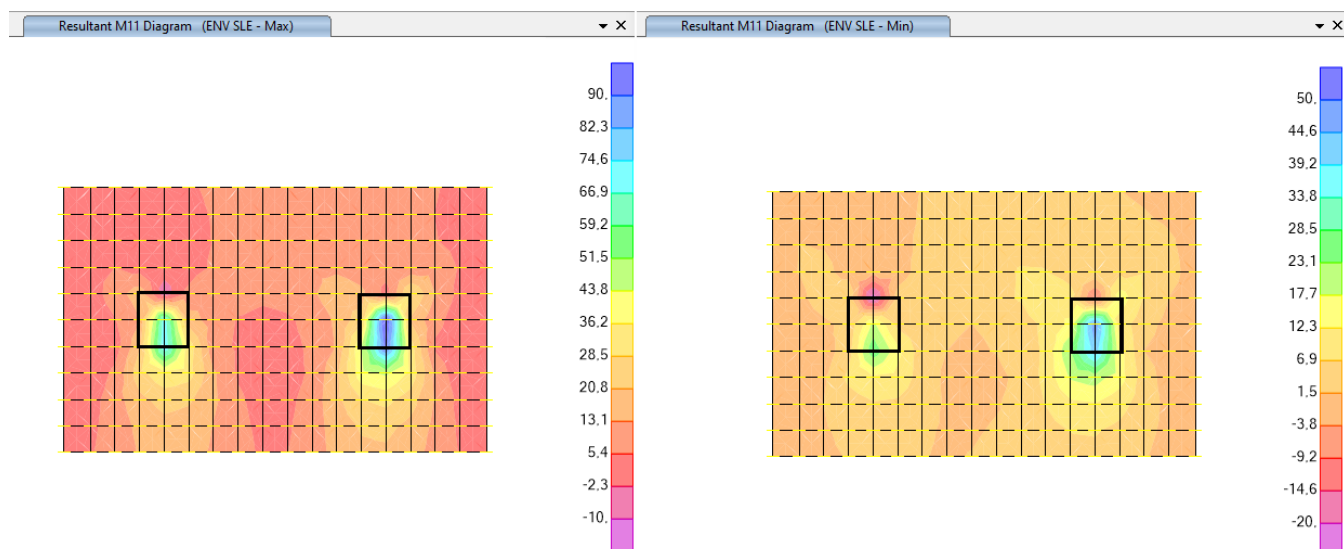
Di seguito si riportano le verifiche di stabilità per le combinazioni più sfavorevoli:



La fondazione è stabile con un'area di compressione del 99%.

7.6.1 Verifica strutturale per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)

Viene svolta la verifica di resistenza a flessione:



<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	79 di 118

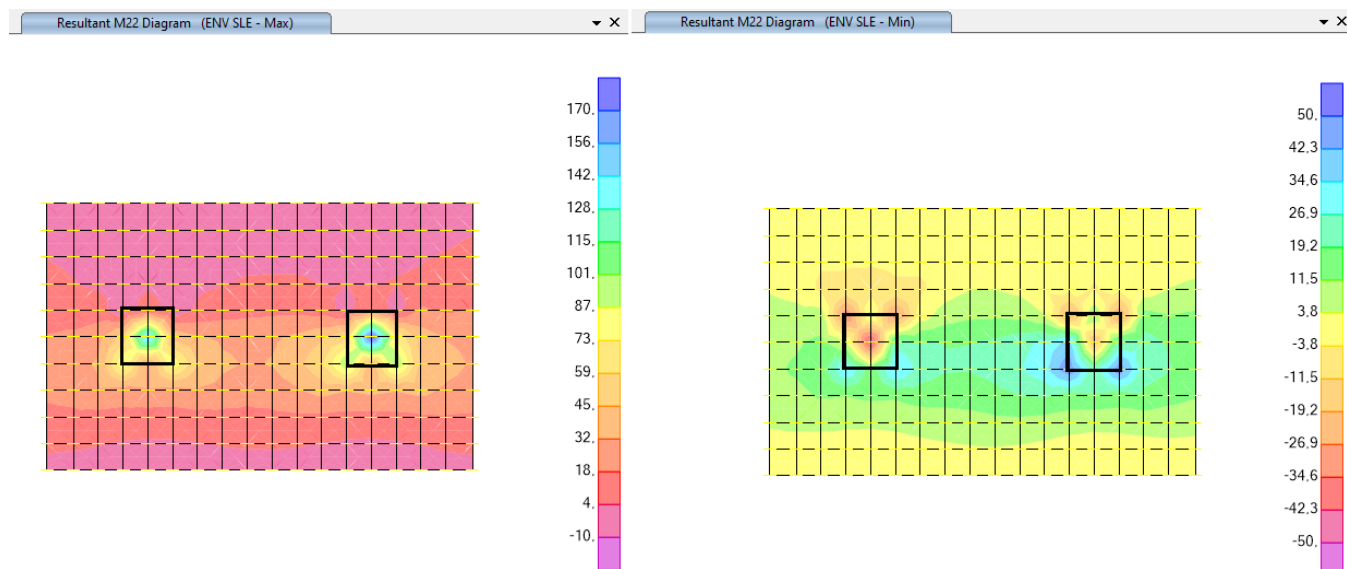


Figura 7.3 Momenti M11 y M22 – ENV SLE [kN-m]

Dati:

Dimensione = sp.50cm

Armadura inf = $\phi 16@20$ cm

Armadura sup = $\phi 16@20$ cm

Med= $86,7 \text{ kN -m} \times 1,5 = 130,1 \text{ kN-m}$

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	80 di 118

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fund_01

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	10,05	7,4
			2	10,05	42,6

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 130,1 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali B450C C32/40

E_{su} 67,5 %
 f_{yd} 391,3 N/mm²
 E_s 200.000 N/mm²
 E_s/E_c 15
 E_{syd} 1,957 %
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²

E_{c2} 2 %
 E_{cu} 3,5
 f_{cd} 18,81
 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 $\sigma_{c,adm}$ 12,25
 τ_{co} 0,7333
 τ_{c1} 2,114

M_{xRd} 178,5 kN m

σ_c -18,81 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 %
 ϵ_s 26,85 %
d 42,6 cm
x 4,913 x/d 0,1153
 δ 0,7

Metodo di calcolo S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

La verifica risulta soddisfatta.

7.6.1 Verifica strutturale dei pilastri per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)

Verifica dei pilastri:

Dati:

Dimensione = 45cm x45 cm

Armadura long = 8 ϕ 16

Staffe = ϕ 16@20cm

Capogruppo/mandataria:



Mandanti:



PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-

7.0 Opere Civili

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

B23D

00 D 00

RH

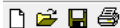
FVD000 001

A

81 di 118

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pi45x45

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?



Titolo :

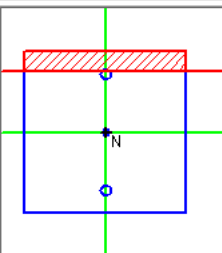
N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	45	45

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,03	6,4
2	2,01	22,5
3	6,03	38,6

Tipo Sezione

- ☒ Rettang. re
☐ a T
☐ Rettangoli
☐ DXF



Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N _{Ed}	93,42	0	kN
M _{Ed}	12,8638	0	kNm
M _{yEd}	2,1361	0	

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls

Coord. [cm]

xN 0 yN 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C	C32/40
ϵ_{su}	67,5 ‰
ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm²
ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm²
f_{cd}	18,81
E_s/E_c	15
f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰
$G_{c,adm}$	12,25
$G_{s,adm}$	255 N/mm²
τ_{co}	0,7333
τ_{c1}	2,114

M_{xRd} 104,2 kN m σ_c -18,81 N/mm² σ_s 391,3 N/mm² ϵ_c 3,5 ‰ ϵ_s 20,88 ‰

d 38,6 cm

x 5,54 x/d 0,1435

 δ 0,7

Metodo di calcolo

S.L.U. + S.L.U. -

Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd

Dominio M-N

L₀ 0 cm

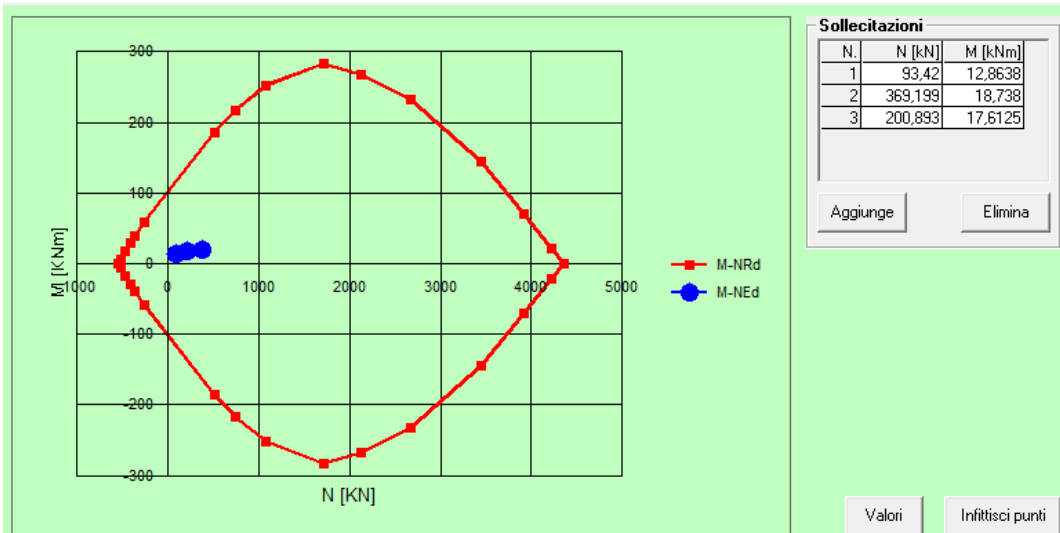
Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Dominio M-N

File



<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><p>Passion & Solutions Italia</p></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><p>Passion & Solutions France</p></div><div><p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p></div><div><p>pide</p></div><div><p>OPINI SMART ENGINEERING</p></div><div><p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></p></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>82 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	82 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	82 di 118								

VERIFICA AL PUNZONAMENTO DELLA FONDAZIONE

$$V_{Ed} := 369.2 \text{ kN}$$

armatura in entrambe le direzioni:

$$f_{ck} := 33.20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{s_prop} = \phi 16/20$$

$$\phi := 16 \text{ mm}$$

$$f_{cd} := 18.81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{esp} := 20 \text{ cm} \quad A_s := \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 2.01 \text{ cm}^2$$

Area caricata:

$$b := 45 \text{ cm} \quad l := 45 \text{ cm}$$

$$d := 44.2 \text{ cm} \quad \text{altezza utile}$$

$$\mu_l := 4 \cdot b + 4 \cdot \pi \cdot d = 735.4 \text{ cm}$$

$$\beta := 1.15$$

$$v := 0.5$$

$$V_{Rd,max} := 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 4702.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$V_{Ed} := \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{\mu_l \cdot d} = 130.62 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{if}(V_{Rd,max} > V_{Ed}, \text{"OK"}, \text{"No Ok"}) = \text{"OK"}$$

$$k := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d}{\text{cm}}}}, 2 \right) = 2$$

$$\rho_x := \frac{A_s}{\text{esp} \cdot d} = 0.00227 \quad \rho_y := \frac{A_s}{\text{esp} \cdot d} = 0.00227$$

$$\rho_l := \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = 0.00227$$

$$\gamma_c := 1.5$$

$$C_{Rd,c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

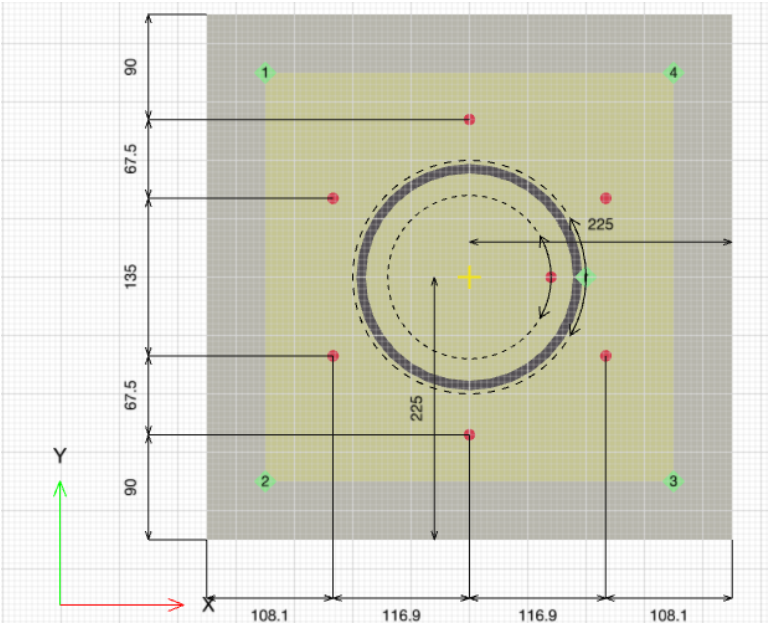
$$V_{Rd,c} := C_{Rd,c} \cdot k \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \left(100 \cdot \rho_l \cdot \frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \right)^{\frac{1}{3}} = 470.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \right)^{\frac{1}{2}} = 320.128 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{if}(V_{Rd,c} > V_{Ed}, \text{"OK"}, \text{"No Ok"}) = \text{"OK"}$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>83 di 118</p>

7.6.2 **Verifica strutturale della basse colonna in acciaio**



<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div></div> <div><div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div></div>	<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>84 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	84 di 118
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>84 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	84 di 118	
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO									
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	84 di 118									

Materiali:

$$f_{cd} := 18.81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \text{C32/40}$$

Bulloni M16 di classe 5.6:

$$A_s := 1.57 \text{cm}^2 \quad f_{tb} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{yb} := 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Piastra S355:

$$B := 350 \text{mm} \quad \text{Larghezza} \quad f_{yp} := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{tp} := 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$H := 350 \text{mm} \quad \text{Altezza}$$

$$t := 25 \text{mm} \quad \text{spessore della piastra}$$

Calcolo:

$$y := 96 \text{mm} \quad \text{larghezza di compressione}$$

$$d := 38.1 \text{mm} \quad \text{distanza dei tirafondi dall } \phi \quad A_c := y \cdot H = 33600 \cdot \text{mm}^2$$

$$z_c := 64 \text{mm}$$

$$z_t := 169 \text{mm}$$

$$\beta := \frac{2}{3}$$

$$f_{R,du} := 3.0 \cdot f_{cd} = 56.43 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Sollecitazioni:

$$N_{Ed} := 396.2 \text{kN}$$

$$M_{xEd} := 18.74 \text{kN}$$

$$M_{yEd} := 1.20 \text{kN}$$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REVOLUTION INTERNATIONAL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Diana Bellini</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	85 di 118

$$f_{jd} := \beta \cdot f_{R,du} = 37.62 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$F_{c,Rd} := f_{jd} \cdot A_c = 1264 \cdot kN$$

$$\gamma_{Mb} := 1.25$$

$$F_{t,Rd} := 5 \cdot \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = 282.6 \cdot kN$$

$$F_{c,Rd} - F_{t,Rd} = 981.4 \cdot kN$$

$$C := F_{t,Rd} + N_{Ed} = 678.8 \cdot kN \qquad T := F_{t,Rd}$$

$$M_{Rd} := T \cdot z_t + C \cdot z_c = 91.2 \cdot kN \cdot m$$

Momento sollecitante:

$$M_{ed} := F_{t,Rd} \cdot d = 10.8 \cdot kN \cdot m$$

Momento resistente:

$$\gamma_{MO} := 1.05 \qquad W_{el} := H \cdot \frac{t^2}{4} = 54687.5 \cdot mm^3$$

$$M_{Rd} := f_{yp} \cdot \frac{W_{el}}{\gamma_{MO}} = 18.49 \cdot kN \cdot m$$

$$if(M_{Rd} > M_{ed}, "OK", "No Ok") = "OK"$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p> <p><i>Design builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>86 di 118</p>

ANCHORING TO CONCRETE EN 1992-4

Concrete properties:

$$f_{ck} := 33.20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 33642.8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{yk} := 450 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$h := 1200\text{mm} \quad \text{alto pedestal}$$

Anchors properties:

M16 class 5.6

$$f_{yk} := 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n_p := 6$$

Number of anchors

$$L_a := 200\text{mm}$$

Anchor length

$$E_s := 2100 \frac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$$

$$d_a := 16\text{mm}$$

Anchor diameter M16

$$d_h := 24\text{mm}$$

Nut diameter

$$f_{uk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_0 := 157\text{mm}^2$$

Anchoring area

Solicitation:

Most requested anchor:

Anchor group:

$$N_{Ed} := 0\text{kN}$$

$$N_{Edg} := 0\text{kN}$$

$$V_{Ed} := 14.620\text{kN}$$

$$V_{Edg} := 87.71\text{kN}$$

☐ Design requirements for tensile loading

☒ Design requirements for shear loading

$$\gamma_{M.s} := 1.25$$

$$\gamma_{M.c} := 1.50$$

$$\gamma_{M.cp} := 1.50$$

Steel failure of fastener without lever arm - Most requested anchor:

$$k_6 := 0.6 \quad \text{para } f_{uk} < 500 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rks} := k_6 \cdot A_0 \cdot f_{uk} = 47.1 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rds} := \frac{V_{Rks}}{\gamma_{M.s}} = 37.68 \cdot \text{kN} \quad \beta_{Vs} := \frac{V_{Ed}}{V_{Rds}} = 0.39$$

if ($V_{Rds} > V_{Ed}$, "OK", "No Ok") = "OK"

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><p>ARTELIA Passion & Solutions Italia</p></div><div><p>ARTELIA Passion & Solutions France</p></div><div><p>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p></div></div> <div><div><p>pide</p></div><div><p>PINI SMART ENGINEERING</p></div><div><p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA <i>Urban builders</i></p></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>87 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	87 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	87 di 118								

Concrete pry-out failure - Anchor group:

$$k_8 := 2.56$$

$$e_{c1v} := 0\text{mm} \quad \text{Eccentricity}$$

$$A_{cN1} = 178445 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{cNo2} := S_{crN1}^2 = 46742 \cdot \text{mm}^2$$

$$\psi_{ec1N} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c1v}}{S_{crN1}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$e_{c2v} := 0\text{mm} \quad \text{Eccentricity}$$

$$\psi_{ec2N} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c2v}}{S_{crN1}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$N_{Rk.c1} := N_{Rk.sp.o} \cdot \frac{A_{cN1}}{A_{cNo2}} \cdot \psi_{sN1} \cdot \psi_{reN} \cdot \psi_{ec1N} \cdot \psi_{ec2N} \cdot \psi_{MN} = 98.417 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rk.cp} := k_8 \cdot N_{Rk.c1} = 251.949 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.cp} := \frac{V_{Rk.cp}}{\gamma_{M.cp}} = 167.97 \cdot \text{kN} \quad \beta_{Vcp} := \frac{V_{Edg}}{V_{Rd.cp}} = 0.52$$

$$\text{if}(V_{Rd.cp} > V_{Edg}, \text{"OK"}, \text{"No Ok"}) = \text{"OK"}$$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA</div></div></div>	<div>MANDANTI</div> <div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>88 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	88 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	88 di 118								

Concrete edge failure in Y direction - Anchor group:

$k_g := 1.7$ cracked concrete

$$\alpha := 0.1 \cdot \left(\frac{L_a}{c_1} \right)^{0.5} = 0.149 \quad \beta := 0.1 \cdot \left(\frac{d_a}{c_1} \right)^{0.2} = 0.071$$

$$A_{cvo} := 4.5 \cdot c_1^2 = 36450 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{cv} := 36450 \text{mm}^2$$

$$\psi_{sv} := \min \left(1, 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 \cdot c_1} \right) = 0.94$$

$$\psi_{hv} := \max \left[1, \left(\frac{1.5 \cdot c_1}{h} \right)^{0.5} \right] = 1$$

$\alpha_v := 9.21^\circ$ Shear rotation angle

$$\psi_{av} := \max \left[1, \sqrt{\frac{1}{(\cos(\alpha_v))^2 + (0.5 \cdot \sin(\alpha_v))^2}} \right] = 1.01$$

$$e_v := 0 \text{mm}$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>   <p>SMART ENGINEERING</p>  <p>ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p><i>Design builders</i></p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>89 di 118</p>

$$\psi_{ecv} := \min \left[1, \frac{1}{1 + \left(\frac{2e_v}{3 \cdot c_1} \right)} \right] = 1$$

$$\psi_{rev} := 1.0 \quad \text{fastening in uncracked concrete and fastening in cracked concrete without edge reinforcement or stirrups}$$

$$k_t := 1$$

$$V_{Rk.c.o} := k_g \cdot \left(\frac{d_a}{mm} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{L_a}{mm} \right)^\beta \cdot N \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{N}} \cdot \left(\frac{c_1}{mm} \right)^{1.5} = 18.398 \cdot kN$$

$$V_{Rk.c} := k_t \cdot V_{Rk.c.o} \cdot \frac{A_{cv}}{A_{cvo}} \cdot \psi_{sv} \cdot \psi_{hv} \cdot \psi_{av} \cdot \psi_{ecv} \cdot \psi_{rev} = 17.471 \cdot kN \quad V_{Edg} = 87.71 \cdot kN$$

$$V_{Rd.c} := \frac{V_{Rk.c}}{Y_{M.c}} = 11.65 \cdot kN \quad \beta_{Vkc} := \frac{V_{Edg}}{V_{Rd.c}} = 7.53$$

$$\text{if}(V_{Rd.c} > V_{Edg}, "OK", "Reinforcement") = "Reinforcement"$$

Supplementary reinforcement:

$$\phi_v := 16mm \quad Y_{Msre} := 1.15 \quad n := 2$$

$$l_1 := 200mm \quad \eta_1 := 1 \quad \eta_2 := 1$$

$$f_{ctd} := \frac{2.0MPa}{1.5} = 1.333 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\alpha_1 := 1$$

$$\alpha_2 := 1$$

$$N_{Rda} := \pi \cdot n \cdot \frac{\phi_v^2}{4} \cdot \frac{f_{ykre}}{Y_{Msre}} = 157.35 \cdot kN \quad \text{Condition} := \begin{cases} "Ok" & \text{if } \frac{l_1 \cdot \pi \cdot \phi_v \cdot f_{bd}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \leq N_{Rda} \\ "No Ok" & \text{otherwise} \end{cases} = "Ok"$$

$$\text{if}(N_{Rda} > V_{Edg}, "OK", "No OK") = "OK"$$

$$\beta_{NRda} := \frac{V_{Edg}}{N_{Rda}} = 0.56$$

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	90 di 118

Combined tension and shear load:

Steel failure:

$$\beta_{NS} := \beta_{Ns}^2 + \beta_{Vs}^2 = 0.151$$

if ($\beta_{NS} > 1$, "No OK", "OK") = "OK"

Concrete Failure:

$$\beta_{Nc1} := \max(\beta_{Np}, \beta_{Nc}, \beta_{Nsp}) = 0$$

$$\beta_{Vc1} := \max(\beta_{Vcp}, \beta_{NRda}) = 0.557$$

$$\beta_{NC} := \frac{(\beta_{Nc1} + \beta_{Vc1})}{1.2} = 0.465$$

if ($\beta_{NC} > 1$, "No OK", "OK") = "OK"

7.7 Verifiche Fondazioni tipo 2

Per il calcolo del Qlim viene utilizzata la formula di Terzaghi-Vesic. La verifica per il dimensionamento della fondazione viene svolta con l'Approccio n. 2 indicato dalle NTC2008 al cap. 6. Vengono pertanto utilizzati i coefficienti:

A1+M1+R3

I coefficienti amplificativi dei carichi risultano:

Carichi propri: $\gamma = 1,3$

Carichi permanenti: $\gamma = 1,5$

Carichi variabili: $\gamma = 1,5$

Il coefficiente di sicurezza da adottare risulta:

$R_3 = 2,3$

7.7.1 Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione statica

Capogruppo/mandataria:



Mandanti:



PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-

7.0 Opere Civili

Relazione di calcolo strutturale

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

B23D

00 D 00

RH

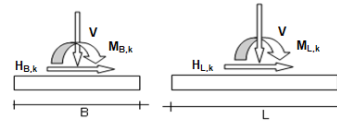
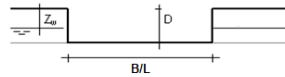
FVD000 001

A

91 di 118

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI (BRINCH-HANSEN et al, 1970) TERRENI NON COESIVI - CONDIZIONI DRENATE

>> INPUT INTERMEDI OUTPUT <<



COEFFICIENTI PARZIALI PER ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Approcci per l'applicazione dei coeff.parziali allo SLU	Azioni		Proprietà del terreno		γ_R
	Permanenti	Temporanee Variabili	$\tan \varphi'$	c'	
[1] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
[2] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) - DM2018 §6.4.2.1	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80
[3] Stato limite ultimo - Approccio 2 (A1+M1+R3) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
[4] Definiti dall'utente	1,30	1,50	1,00	1,00	1,80

3

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

Peso per unità di volume terreno umido (apparente)	$\gamma_{wet} =$	18	18 kN/m ³
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{sat} =$	18	18 kN/m ³
Coesione	$c'_k =$	0,0	0,0 kN/m ²
Angolo di attrito interno	$\varphi'_k =$	26,0	26,0 °
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (da assegnare solo in caso sismico)	$k_h =$	0,000	0,000 Assenza sisma

SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E DI CALCOLO AGENTI

		Valori caratteristici		Valori di calcolo
		Permanenti	Temporanee	
Forza verticale	V_k [kN] =	745,4		969,0 = Vd
Momento flettente lungo B	$M_{B,k}$ [kNxm] =	72,3		94,0 = M _{B,d}
Momento flettente lungo L	$M_{L,k}$ [kNxm] =	290,5		377,7 = M _{L,d}
Forza orizzontale lungo B	$H_{B,k}$ [kN] =	40,0		
Forza orizzontale lungo L	$H_{L,k}$ [kN] =	59,0		92,7 = H _d

PARAMETRI GEOMETRICI	
Profondità piano di posa della fondazione da p.c.	D = 1,5 m
Profondità della falda da p.c.	$Z_w =$ 20,0 m
Lunghezza fondazione (per fondazione nostriforme porre L=100m)	L = 4,00 m
Larghezza fondazione	B (B<L) = 3,00 m
Inclinazione base	$\eta =$ 0 °
Inclinazione piano campagna	$\beta =$ 0 °

VALORI DI CALCOLO INTERMEDI

$H=0.5B\tan(45+\varphi/2)$	H =	2.4	m
Peso di volume medio efficace del terreno nel cuneo sotto la fondazione	$\gamma_e =$	18.0	kN/m ³
Eccentricità in direzione B	$e_B =$	0.10	m
Eccentricità in direzione L	$e_L =$	0.39	m
Carico alla base della fondazione	q =	27	kN/m ²
lunghezza efficace	L' =	3.22	m
larghezza efficace	B' =	2.81	m

$$\gamma_e = (2H - d_w) \frac{d_w}{H^2} \gamma_{sat} + \gamma' \frac{(H - d_w)^2}{H^2}$$

Fattori di capacità portante		
$N_c = 22.25$	m =	1.57
$N_q = 11.85$		
$N_\gamma = 12.54$		
Fattori correttivi		
$s_c = 1.46$	$s_q = 1.42$	$s_\gamma = 0.65$
$i_c = 0.76$	$i_q = 0.78$	$i_\gamma = 0.71$
$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_\gamma = 1.00$
$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_\gamma = 1.00$
$d_c = 1.20$	$d_q = 1.15$	$d_\gamma = 1.00$
$z_c = 1.00$	$z_q = 1.00$	$z_\gamma = 1.00$
$k = 0.50$		$r_\gamma = 0.96$

Coefficienti di correzione sismici

CALCOLO DELLA Q_k E VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

$$Q_k = 0.5 \gamma' \times B \times N_c \times r_s \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c \times z_c + c' \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c \times z_c + q' \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q \times z_q$$

Q _k (kPa)	Q _d (kPa)	Q _b (kPa)	
551,4	255,0	107,2	OK


<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div></div><div><div>Dima Builders</div></div></div>	<div>MANDANTI:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div></div><div><div>Dima Builders</div></div></div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div> <table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>92 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	92 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	92 di 118								

7.7.2 Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione sismica

La capacità del complesso fondazione-terreno viene verificata con riferimento allo stato limite ultimo (SLV):

**CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI (BRINCH-HANSEN et al, 1970)
TERRENI NON COESIVI - CONDIZIONI DRENATE**

>> INPUT INTERMEDI OUTPUT <<



COEFFICIENTI PARZIALI PER ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Approcci per l'applicazione dei coeff.parziali allo SLU	Azioni		Proprietà del terreno		
	Permanenti	Temporanee Variabili	tan φ'	c'	γR
[1] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
[2] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) - DM2018 §6.4.2.1	1,00	1,30	1,25	1,25	1,00
[3] Stato limite ultimo - Approccio 2 (A1+M1+R3) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
[4] Definiti dall'utente	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

Peso per unità di volume terreno umido (apparente)	γ _{sat} =	18	18	kN/m³
Peso per unità di volume terreno saturo	γ _{sat} =	18	18	kN/m³
Coesione	c' =	0,0	0,0	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ' =	26,0	26,0	°
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (da assegnare solo in caso sismico)	k _{se} =	0,032	0,032	Presenza Sisma

SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E DI CALCOLO AGENTI

Nota: per fondazioni nostriformi (L=100m) le sollecitazioni sono a metro B/N/m

	Valori caratteristici		Valori di calcolo
	Permanenti	Temporanee	
Forza verticale	V _k [kN] =	379,0	379,0 = V _d
Momento flettente lungo B	M _{B,k} [kN·m] =	350,2	350,2 = M _{B,d}
Momento flettente lungo L	M _{L,k} [kN·m] =	99,7	99,7 = M _{L,d}
Forza orizzontale lungo B	H _{B,k} [kN] =	99,5	99,5 = H _d
Forza orizzontale lungo L	H _{L,k} [kN] =	16,1	

PARAMETRI GEOMETRICI

Profondità piano di posa della fondazione da p.c.	D =	1,5	m
Profondità della falda da p.c.	Z _u =	20,0	m
Lunghezza fondazione (per fondazione nostriforme porre L=100m)	L =	4,00	m
Larghezza fondazione	B (B<L) =	3,00	m
Inclinazione base	β =	0	°
Inclinazione piano campagna	β =	0	°

VALORI DI CALCOLO INTERMEDI

H=0.5Btan(45+φ/2)	H =	2,4	m
Peso di volume medio efficace del terreno nel cuneo sotto la fondazione	γ _e =	18,0	kN/m³
Eccentricità in direzione B	e _B =	0,92	m
Eccentricità in direzione L	e _L =	0,26	m
Carico alla base della fondazione	q =	27	kN/m²
lunghezza efficace	L' =	3,47	m
larghezza efficace	B' =	1,15	m

Fattori di capacità portante

N_u = 22,25
N_u = 11,85
N_u = 12,54

m = 1,57

Fattori correttivi

s ₂ = 1,18	s ₂ = 1,16	s ₂ = 0,87
i ₂ = 0,45	i ₂ = 0,49	i ₂ = 0,36
b ₂ = 1,00	b ₂ = 1,00	b ₂ = 1,00
g ₂ = 1,00	g ₂ = 1,00	g ₂ = 1,00
d ₂ = 1,20	d ₂ = 1,15	d ₂ = 1,00
z ₂ = 0,99	z ₂ = 0,98	z ₂ = 0,98
k = 0,50		r ₂ = 0,96

CALCOLO DELLA Q_k E VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

$Q_k = 0.5 \times \gamma \times B \times N_u \times r_s \times s_2 \times d_2 \times i_2 \times b_2 \times g_2 \times z_2 + c' \times N_u \times s_2 \times d_2 \times i_2 \times b_2 \times g_2 \times z_2 + q \times N_u \times s_2 \times d_2 \times i_2 \times b_2 \times g_2 \times z_2$

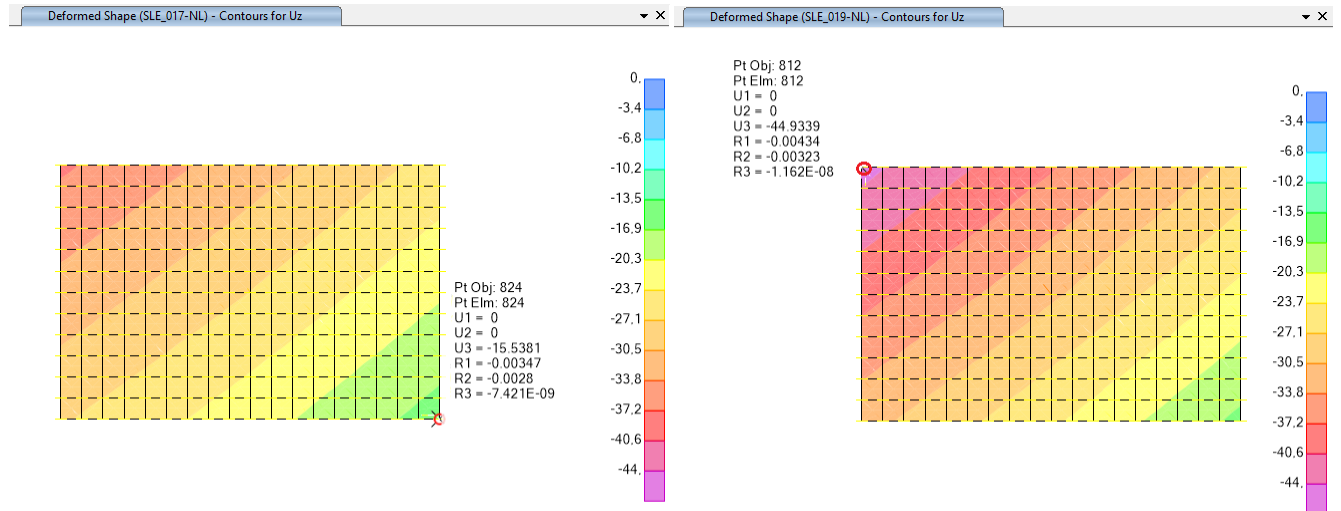
Q _k (kPa)	Q _d (kPa)	Q _k (kPa)
244,8	121,7	94,7

> OK

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>93 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	93 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	93 di 118								

7.7.3 Verifica di stabilità

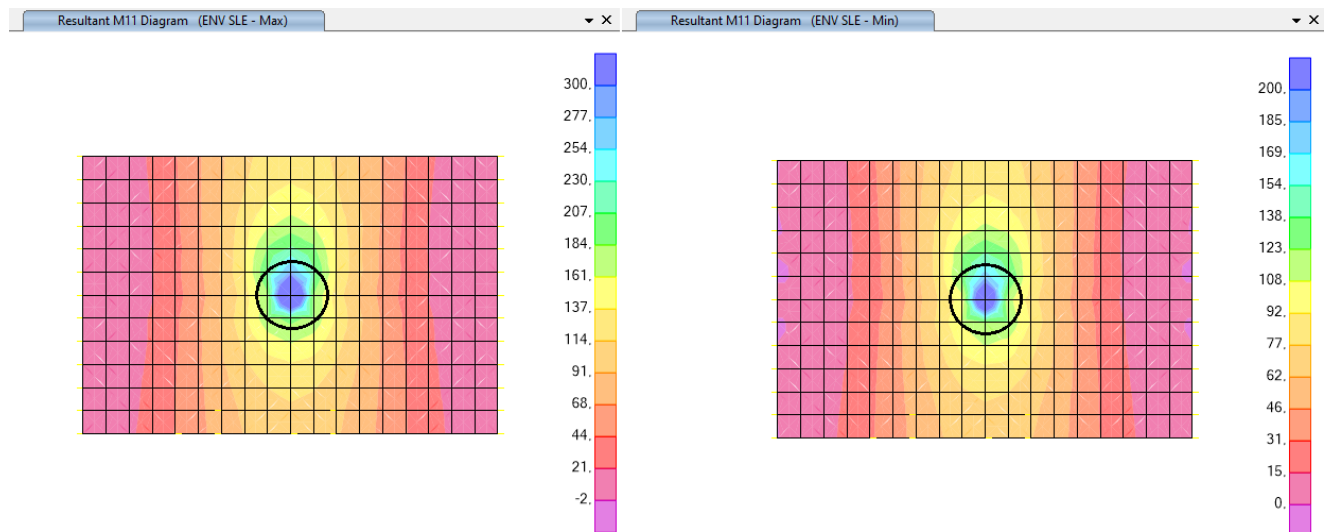
Di seguito si riportano le verifiche di stabilità per le combinazioni più sfavorevoli:



La fondazione è stabile con un'area di compressione del 100%.

7.7.4 Verifica strutturale per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)

Viene svolta la verifica di resistenza a flessione:



<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Dream builder</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	94 di 118

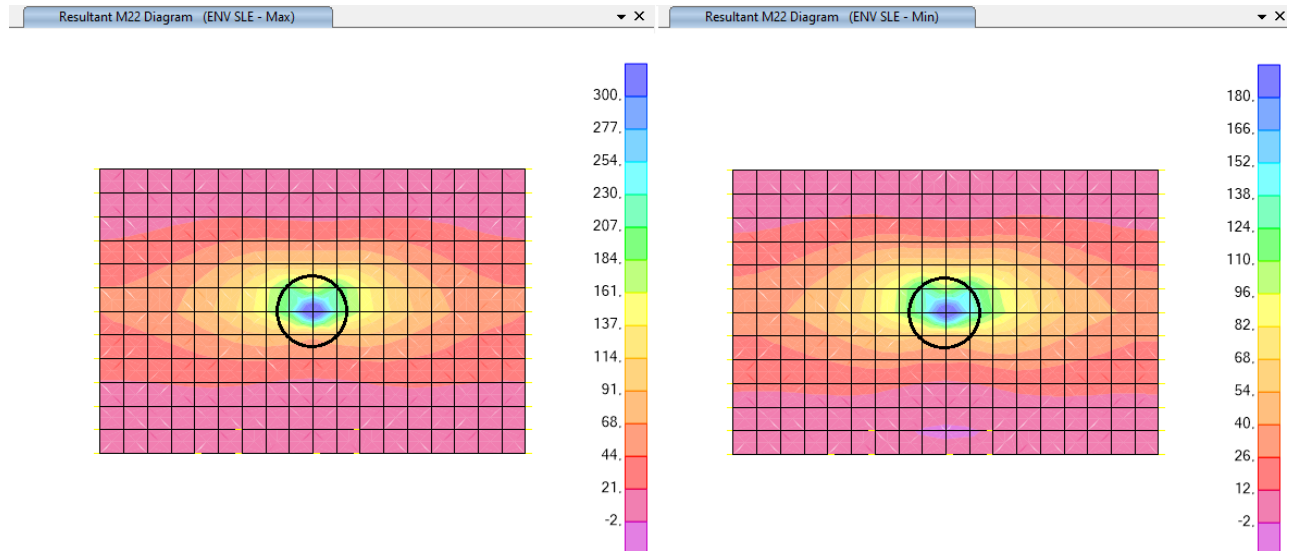


Figura 7.4 Momenti M11 y M22 – ENV SLE [kN-m]

Dati:

Dimensione = sp.50cm

Armadura inf = $\phi 28@20$ cm

Armadura sup = $\phi 28@20$ cm

Med= 244 kN -m x 1,5 = 366 kN-m

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fund_02

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	50	1	30,79	7,4
			2	30,79	42,6

Tipo Sezione
☒ Rettang. ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

Sollecitazioni
 S.L.U. ☒ Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 366 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,81 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12,25 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,7333
 τ_{c1} 2,114

M_{xRd} 473,1 kN m
 σ_c -18,81 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 16,18 ‰
 d 42,6 cm
 x 7,577 x/d 0,1779
 δ 0,7

Metodo di calcolo
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -
☒ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRD Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 M-curvatura
☐ Precompresso

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>95 di 118</p>

La verifica risulta soddisfatta.

VERIFICA AL PUNZONAMENTO DELLA FONDAZIONE

$$V_{Ed} := 1241.7 \text{ kN}$$

armatura in entrambe le direzioni:

$$f_{ck} := 33.20 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_{s_prop} = \phi 28/20$$

$$\phi := 28 \text{ mm}$$

$$f_{cd} := 18.81 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$esp := 20 \text{ cm}$$

$$A_s := \pi \cdot \frac{\phi^2}{4} = 6.16 \text{ cm}^2$$

Area caricata:

$$b := 80 \text{ cm} \quad l := 400 \text{ cm}$$

$$d := 43.6 \text{ cm} \quad \text{altezza utile}$$

$$\mu_l := 1308.8 \text{ m}$$

$$\beta := 1.15$$

$$v := 0.5$$

$$V_{Rd,max} := 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 4702.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$V_{Ed} := \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{\mu_l \cdot d} = 250.24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

if($V_{Rd,max} > V_{Ed}$, "OK", "No Ok") = "OK"

$$k := \min \left(1 + \sqrt{\frac{200}{\frac{d}{\text{cm}}}}, 2 \right) = 2$$

$$\rho_x := \frac{A_s}{esp \cdot d} = 0.00706$$

$$\rho_y := \frac{A_s}{esp \cdot d} = 0.00706$$

$$\rho_l := \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = 0.00706$$

$$\gamma_c := 1.5$$

$$C_{Rd,c} := \frac{0.18}{\gamma_c} = 0.12$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>96 di 118</p>

$$V_{Rd,c} := C_{Rd,c} \cdot k \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \left(100 \cdot \rho_1 \cdot \frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \right)^{\frac{1}{3}} = 686.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$v_{\min} := 0.035 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \left(\frac{f_{ck}}{\frac{N}{\text{mm}^2}} \right)^{\frac{1}{2}} = 320.128 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

if($V_{Rd,c} > V_{Ed}$, "OK", "No Ok") = "OK"

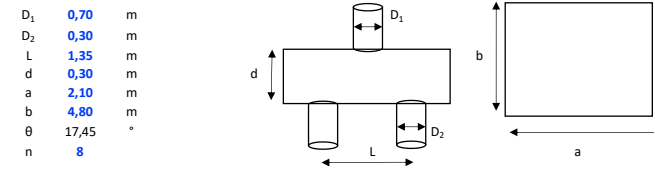
7.8 Verifiche Fondazioni tipo 3

7.8.1 Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione statica

Si riporta la verifica della capacità portante ai carichi assiali dei pali di 0.30m di diametro e lunghezza pari a 15m:

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>97 di 118</p>

SCHEMA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE



Geometria palificata rispetto al baricentro palificata

N°	Xi (m)	Yi (m)	Di (m)	Ai (m ²)	AiXi ² (m ²)	AiYi ² (m ²)
1	-0,68	2,03	0,45	0,159	0,072	0,655
2	-0,68	0,675	0,45	0,159	0,072	0,072
3	0,675	-0,68	0,45	0,159	0,072	0,072
4	-0,68	-2,03	0,45	0,159	0,072	0,655
5	0,675	2,03	0,45	0,159	0,072	0,655
6	0,675	0,675	0,45	0,159	0,072	0,072
7	0,675	-0,68	0,45	0,159	0,072	0,072
8	0,675	-2,03	0,45	0,159	0,072	0,655

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni dalla colonna per combinazione di carico

(Azioni applicate nel baricentro della palificata)

N°	Combinazione	TIPO	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	A1+M1+R3	ILU_01	0,24	107,8	-642	-188	0,481
2	A1+M1+R3	ILU_01	-7,54	90,01	-546	-157	-524
3	A1+M1+R3	ILU_00	0,21	114,4	-598	-211	0,514

Legenda

Fx = Azione orizzontale lungo X
 Fy = Azione orizzontale lungo Y
 Fz = Azione verticale lungo Z (positiva se di trazione)
 Mx = Momento flettente attorno all'asse X
 My = Momento flettente attorno all'asse Y

Sollecitazioni plinto e terreno ritombamento

(Azioni applicate nel baricentro della palificata)

Peso plinto	75,6	kN	yg1	1,3
Peso terreno ritombamento	254	kN	yg1	1,3

Azioni sui pali per combinazione di carico più gravosa

N°	N (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)
1	-155	0,06	26,94
2	-141	0,06	26,94
3	-127	0,06	26,94
4	-113	0,06	26,94
5	-155	0,06	26,94
6	-141	0,06	26,94
7	-127	0,06	26,94
8	-113	0,06	26,94

PARAMETRI GEOTECNICI

Stratigrafia di calcolo con parametri geotecnici ridotti dei coefficienti γM

N°	Unità Geot.	Descrizione	γ	φ	Zi	Zf	c'
2	B	Limi argilloso-sabbioso	18	26	1	12	0

CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

Coefficienti parziali di sicurezza per resistenze

Resistenza	Simbolo	Pali Trivellati
	γR	(R3)
Base	γb	1,35
Laterale in comp	γs	1,15
Laterale in trazione	γst	1,25

Fattori di corr. ξ per il calcolo resistenza caratt. in funzione # verticali indagate

n	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Valore scelto di ξ

1,70

Calcolo della resistenza laterale del palo

METODO DI BURLAND

$$Q_s = A_{lat} * P_{ef} * K * f_w * tg \delta$$

402,7 kN

Calcolo della resistenza di base del palo

METODO DI BEREZANTEV

$$Q_b = A_{base} * P_{ef} * N_q$$

0 kN

Calcolo della resistenza caratteristica

$$Q_{Rd} = \frac{1}{\xi} \left(\frac{Q_s}{R_s^2} + \frac{Q_b}{R_b^2} \right) - W_k$$

173,8 kN

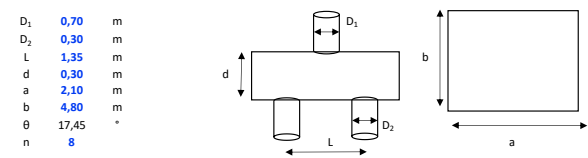
>

154,7
Verifica soddisfatta

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REVOLUTION INTERNATIONAL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGEGNERIA</div><div><i>Diana Bellini</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>98 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	98 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	98 di 118								

7.8.2 Verifica della capacità portante a carichi assiali (SLU-GEO) condizione sismica

SCHEMA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE



Geometria palificata rispetto al baricentro palificata

N°	Xi (m)	Yi (m)	Di (m)	Ai (m2)	AiXi^2 (m2)	AiYi^2 (m2)
1	-0,68	2,03	0,45	0,159	0,072	0,655
2	-0,68	0,675	0,45	0,159	0,072	0,072
3	0,675	-0,68	0,45	0,159	0,072	0,072
4	-0,68	-2,03	0,45	0,159	0,072	0,655
5	0,675	2,03	0,45	0,159	0,072	0,655
6	0,675	0,675	0,45	0,159	0,072	0,072
7	0,675	-0,68	0,45	0,159	0,072	0,072
8	0,675	-2,03	0,45	0,159	0,072	0,655

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Sollecitazioni dalla colonna per combinazione di carico

(Azioni applicate nel baricentro della palificata)

N°	Combinazione	TIPO	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)
1	A1+M1+R3	CENTR	-16,4	-88,7	-310	-366	-91
2							
3							

Legenda

Fx = Azione orizzontale lungo X
Fy = Azione orizzontale lungo Y
Fz = Azione verticale lungo Z (positiva se di trazione)
Mx = Momento flettente attorno all'asse X
My = Momento flettente attorno all'asse Y

Sollecitazioni plinto e terreno ribombamento

(Azioni applicate nel baricentro della palificata)

Peso plinto	75,6	kN	yg1	1,0
Peso terreno ribombamento	254	kN	yg1	1,0

Azioni sui pali per combinazione di carico più gravosa

N°	N (kN)	Vx (kN)	Vy (kN)
1	-137	-4,09	-22,2
2	-110	-4,09	-22,2
3	-49,6	-4,09	-22,2
4	-56,2	-4,09	-22,2
5	-104	-4,09	-22,2
6	-76,6	-4,09	-22,2
7	-49,6	-4,09	-22,2
8	-22,5	-4,09	-22,2

PARAMETRI GEOTECNICI

Stratigrafia di calcolo con parametri geotecnici ridotti dei coefficienti yM

N°	Unità Geot.	Descrizione	gamma	phi	zeta	zeta'	c'
2	B	Limi argilloso-sabbioso	18	26	1	12	0

CALCOLO CAPACITÀ PORTANTE

Coefficienti parziali di sicurezza per resistenze

Resistenza	Simbolo	Pali Trivellati
	yR	(R3)
Base	yb	1,35
Laterale in comp	ys	1,15
Laterale in trazione	yst	1,25

Fattori di corr. ξ per il calcolo resistenza caratt. in funzione # verticali indagate

n	1	2	3	4	5	7	≥10
ξ3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Valore scelto di ξ

1,70

Calcolo della resistenza laterale del palo

METODO DI BURLAND

$$Q_s = A_{lat} * P_{ef} * K * f_w * t g \delta$$

402,7 kN

Calcolo della resistenza di base del palo

METODO DI BEREZANTEV

$$Q_b = A_{base} * P_{ef} * N_q$$

0 kN

Calcolo della resistenza caratteristica

$$Q_{Rd} = \frac{1}{\xi} \left(\frac{Q_s}{R_s^{\gamma}} + \frac{Q_b}{R_b^{\gamma}} \right) - W_k$$

173,8 kN

> 137,3
Verifica soddisfatta

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA <i>dream builders</i></div></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	99 di 118

7.8.3 Verifica della capacità portante a carichi trasversali (SLU-GEO)

Si riporta la verifica della capacità portante ai caichi trasversali dei pali di 0.45m di diametro e lunghezza pari a 12m:

TEORIA DI BASE

(Broms, 1964)

H	carico limite orizzontale	-22,18 kN
L	lunghezza del palo	15 m
D	diámetro del palo	0,45 m
My	momento di plasticizzazione della sezione	284,4 kN m
Fs	coefficiente di sicurezza	2,21
ϕ'	angolo di attrito del terreno	26 °
kp	coefficiente di spinta passiva	2,56
γ	peso unità di volume del terreno	18 kN/m3

Palo corto

$$H_1 = 1.5 * k_p * \gamma * d^3 * \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio

$$H_2 = 0.5 * k_p * \gamma * d^3 * \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

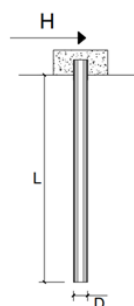
Palo lungo

$$H_3 = k_p * \gamma * d^3 * \sqrt{\left(3.676 * \frac{M_y}{k_p * \gamma * d^4}\right)^2}$$

CALCOU

Palo corto		
H1	6998,4 kN	3166,7
Palo intermedio		
H2	2351,76 kN	1064,14
Palo lungo		
H3	282,99 kN	128,05

$$R_{tr,d} = \frac{\min(H_1; H_2; H_3)}{\gamma_T * \xi} = 128,05 \text{ kN} \quad \text{Verifica soddisfatta}$$



n	1	2	3	4	5	7 ≥ 10	
ξ3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Resistenza Caratteristica R	R1	R2	R3
Resistenza Laterale	1,00	1,60	1,30

ξ	1,70
R	1,30

7.8.4 Verifica strutturale dei micropali per sollecitazioni assiali, flessionali e di taglio (SLU-STR)

La verifica strutturale del micropalo condotta a partire dalla combinazione più gravosa delle sollecitazioni ottenute in testa al palo.

La sezione risulta armata con un tubo di 168.3mm di diametro esterno e uno spessore di 4.5mm.

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA</p>  <p>PIDE</p>  <p>PINI SMART ENGINEERING</p>  <p>Dina Builders</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>100 di 118</p>

VERIFICHE STRUTTURALI S.L.U.				
Sollecitazioni				
Sforzo Normale di calcolo		N _{Sd}	[kN]	155,0
Momento di calcolo		M _{Sd}	[kNm]	0,0
Taglio di calcolo		V _{Sd}	[kN]	27,0
Definizione classe				
f _y	275	[N/mm ²]	Limite Classe1	42,73
ε	0,924	[-]	Limite Classe2	59,82
d/t	37,4	[-]	Limite Classe3	76,91
Classe di appartenenza del profilato utilizzato				1
Coefficienti di calcolo				
resist.sez.transv.classi 1,2,3		γ _{Mo}	[-]	1,05
Verifica compressione				
Resist. plastica sezione lorda		N _{pl,Rd}	[kN]	607,6
Resist.compress. di progetto		N _{c,Rd}	[kN]	607,6
N _{Sd}	<	N _{N,Rd}	Sezione Verificata	
Verifica taglio				
Area resistente a taglio		A _V	[mm ²]	1477,0
Resist. a taglio di progetto		V _{pl,Rd}	[kN]	223,3
V _{Sd}	<	V _{pl,Rd}	Sezione Verificata	
V _{Sd}	<	V _{pl,Rd} /2	1-ρ	[-] 1
Verifica flessione				
Momento Statico		S _x	[mm ³]	60383,7
Modulo resistente plastico		W _{pl}	[mm ³]	120767
Modulo resistente plastico		n	[-]	0,255
Mom. plastico resist. max		M _{pl,Rd}	[kNm]	31,6295
Mom. resist. max		M _{N,R}	[kNm]	29,6698
Mom. resist. max di progetto		M _{N,Rd}	[kNm]	29,6698
M _{Sd}	<	M _{N,Rd}	Sezione Verificata	

La verifica risulta soddisfatta.

7.8.5 Verifica strutturale del plinto per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)

La verifica strutturale del plinto viene condotta a partire dalla combinazione più gravosa delle sollecitazioni trasmesse dalla colonna. A favore di sicurezza, non si é tenuto in conto le sollecitazioni equilibranti della spinta del terreno.

Per il dimensionamento strutturale della fondazione si rimanda alla fondazione tipo 2, essendo quest'ultima più sollecitata della fondazione tipo 3. Per tanto si assume:

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>101 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	101 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	101 di 118								

Dimensione = sp.60cm

Armadura inf = $\phi 28@20$ cm

Armadura sup = $\phi 28@20$ cm

Med= 244 kN -m x 1,5 = 366 kN-m

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	60	1	30,79	7,4
			2	30,79	52,6

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 366 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C32/40

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,81 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12,25 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,7333
 τ_{c1} 2,114

M_{xRd} 593,6 kN m

σ_c -18,81 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 20,8 ‰
d 52,6 cm
x 7,576 x/d 0,144
 δ 0,7

Tipo Sezione
☒ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
M-curvatura
☐ Precompresso

La verifica risulta soddisfatta.

8. FONDAZIONI – DEPOSITO VIA PER LEVATE

8.1 Introduzione

La fondazione proposta corrisponde ad una fondazione di tipo superficiale, costituita da plinti di 1.5mx1.5m.0.5m che vengono uniti tramite travi di collegamento di sezione 0.65mx0.60m.

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div></div> <div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>dream builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	102 di 118

8.2 Verifiche geotecniche

Viene svolto il dimensionamento e la verifica delle fondazioni con il metodo degli stati limite. Vengono considerati i valori geotecnici del terreno indicati dalla relazione geologica sopra indicata:

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 26^\circ$$

$$k_w = 0.032 \text{ (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>)}$$

Per il calcolo del Q_{lim} viene utilizzata la formula di Terzaghi-Vesic. La verifica per il dimensionamento della fondazione viene svolta con l'Approccio n. 2 indicato dalle NTC2008 al cap. 6. Vengono pertanto utilizzati i coefficienti:

$$A1+M1+R3$$

I coefficienti amplificativi dei carichi risultano:

$$\text{Carichi propri: } \gamma = 1,3$$

$$\text{Carichi permanenti: } \gamma = 1,5$$

$$\text{Carichi variabili: } \gamma = 1,5$$

Il coefficiente di sicurezza da adottare risulta:

$$R_3 = 2,3$$

Viene svolto il calcolo del Q_{limite} :

8.2.1 Verifica della capacità portante (SLU-GEO) condizione statica

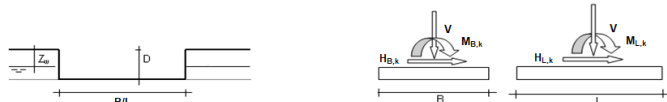
<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA</p> <p>ARCHITETTURA INgegNERIA</p> <p>Smart Engineering</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>104 di 118</p>

8.2.1 Verifica della capacità portante (SLU-GEO) condizione sismica

La capacità del complesso fondazione-terreno viene verificata con riferimento allo stato limite ultimo (SLV):

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI (BRINCH-HANSEN et al, 1970)
TERRENI NON COESIVI - CONDIZIONI DRENATE

>> INPUT INTERMEDI OUTPUT <<



COEFFICIENTI PARZIALI PER ANALISI ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Approcci per l'applicazione dei coeff. parziali allo SLU	Permanenti	Temporanee Variabili	Proprietà del terreno		
			tan φ	c'	γ _{re}
[1] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 1 (A1+M1+R1) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	1,00
[2] Stato limite ultimo - Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2) - DM2018 §6.4.2.1	1,00	1,30	1,25	1,25	1,80
[3] Stato limite ultimo - Approccio 2 (A1+M1+R3) - DM2018 §6.4.2.1	1,30	1,50	1,00	1,00	2,30
[4] Definiti dall'utente	1,00	1,00	1,00	1,00	2,30

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO

Peso per unità di volume terreno umido (apparente)	γ _{wet}	18	18	kN/m³
Peso per unità di volume terreno saturo	γ _{sat}	18	18	kN/m³
Coesione	c _k	0,0	0,0	kN/m²
Angolo di attrito interno	φ _k	26,0	26,0	°
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (da assegnare solo in caso sismico)	k _α	0,018	0,018	Presenza Sisma

SOLLECITAZIONI CARATTERISTICHE E DI CALCOLO AGENTI

		Valori caratteristici		Valori di calcolo
		Permanenti	Temporanee	
Forza verticale	V _k [kN]	110,8		110,8 = V _d
Momento flettente lungo B	M _{B,k} [kN×m]	8,4		8,4 = M _{B,d}
Momento flettente lungo L	M _{L,k} [kN×m]	7,0		7,0 = M _{L,d}
Forza orizzontale lungo B	H _{B,k} [kN]	2,8		3,5 = H _d
Forza orizzontale lungo L	H _{L,k} [kN]	2,0		

PARAMETRI GEOMETRICI

Profondità piano di posa della fondazione da p.c.	D	1,5	m
Profondità della falda da p.c.	Z _{wp}	20,0	m
Lunghezza fondazione (per fondazione nostriforme porre L=100m)	L	1,50	m
Larghezza fondazione	B (B<L)	1,50	m
Inclinazione base	η	0°	
Inclinazione piano campagna	β	0°	

VALORI DI CALCOLO INTERMEDI

H=0.5 B tan(45+φ/2)	H	1,2	m
Peso di volume medio efficace del terreno nel cuneo sotto la fondazione	γ _{se}	18,0	kN/m³
Eccentricità in direzione B	e _B	0,08	m
Eccentricità in direzione L	e _L	0,06	m
Carico alla base della fondazione	q	27	kN/m²
lunghezza efficace	L'	1,37	m
larghezza efficace	B'	1,35	m

Fattori di capacità portante

N _c	22,25
N _q	11,85
N _γ	12,54

Fattori correttivi

s _c	1,52	s _q	1,48	s _γ	0,61
i _c	0,92	i _q	0,92	i _γ	0,90
b _c	1,00	b _q	1,00	b _γ	1,00
g _c	1,00	g _q	1,00	g _γ	1,00
d _c	1,40	d _q	1,31	d _γ	1,00
z _c	0,99	z _q	0,99	z _γ	0,99
k	1,00			r _i	1,03

CALCOLO DELLA Q_{sk} E VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE

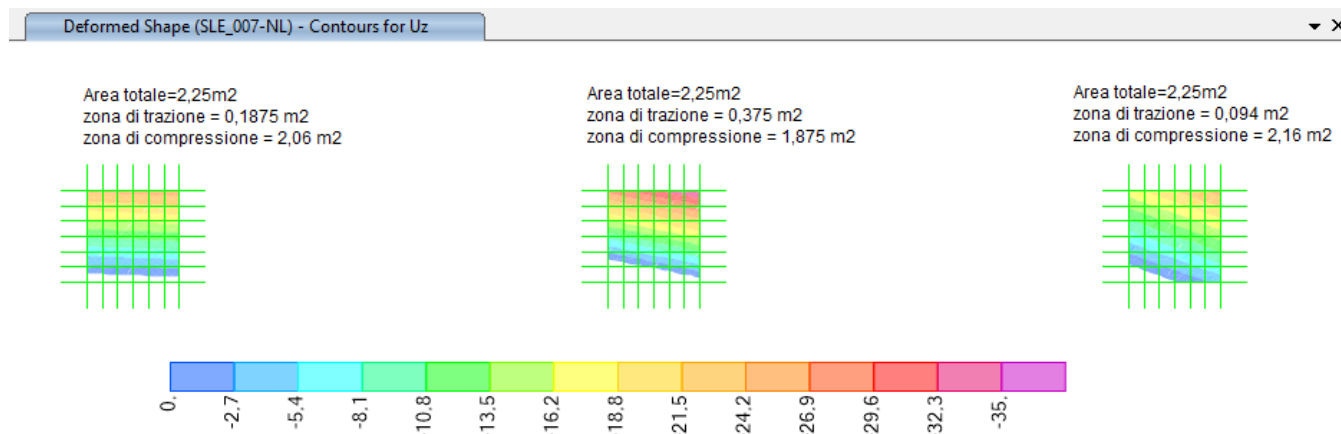
$Q_{sk} = 0.5 \gamma' \times B \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c \times z_c + c' \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c \times z_c + q \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c \times z_c$

Q _{sk} (kPa)	Q _d (kPa)	Q _{sk} (kPa)
648,8	297,3	59,8

OK

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGENGERIA</p>  <p>pinide SMART ENGINEERING</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>105 di 118</p>

Di seguito si riportano le verifiche di stabilità per le combinazioni più sfavorevoli senza considerare il contributo delle travi:



La fondazione è stabile con un'area di compressione del 83%.

8.3 Verifiche strutturali

Vengono svolte le verifiche strutturali delle fondazioni, utilizzando l'Approccio 2 indicato dal cap.6 delle NTC2018. Vengono pertanto utilizzati i coefficienti:

A1+M1+R3

I coefficienti amplificativi dei carichi risultano:

Carichi propri: $\gamma = 1.3$

Carichi permaenti: $\gamma = 1.5$

Carichi variabili: $\gamma = 1.5$

Di seguito si riportano pertanto le verifiche di resistenza svolte con il metodo degli stati limite.

8.3.1 Verifica strutturale della fondazione per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA</div></div><div><div>Design Builders</div></div></div>	<div>Mandanti:</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
7.0 Opere Civili	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
Relazione di calcolo strutturale	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	106 di 118	

Viene svolta la verifica di resistenza a flessione:

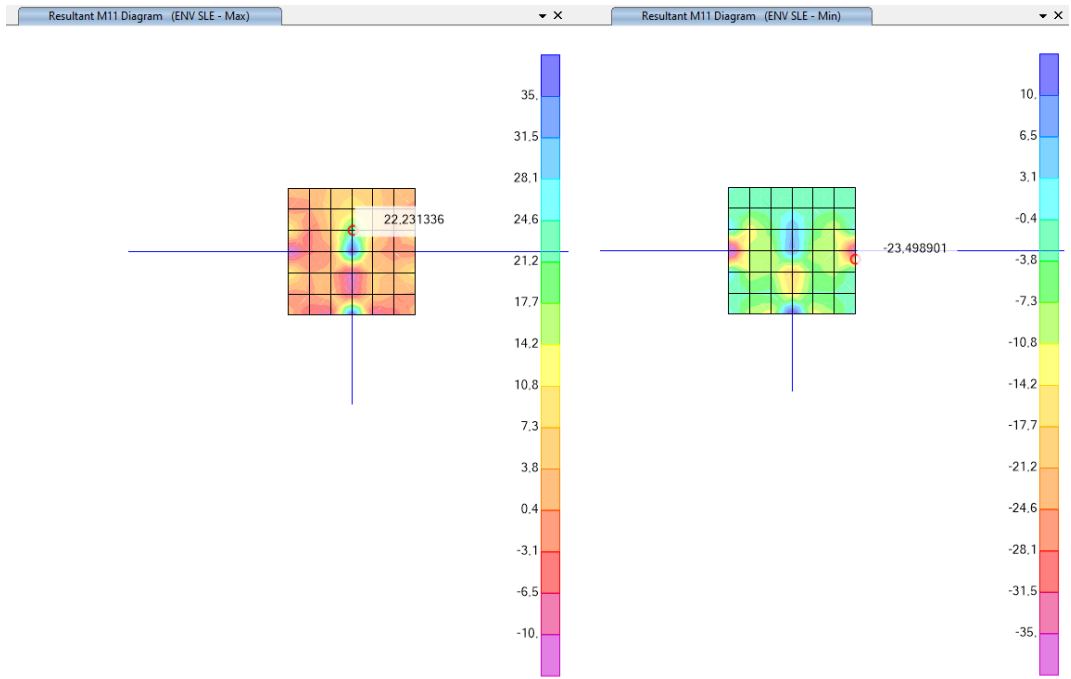


Figura 8.1 Momenti M11– ENV SLE [kN-m]

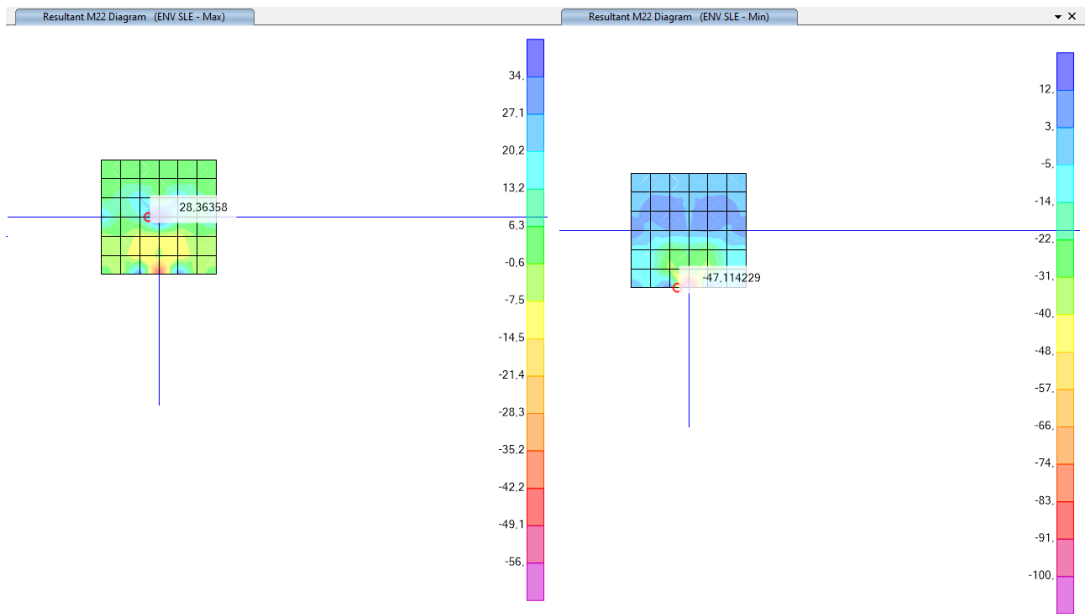


Figura 8.2 Momenti M22 – ENV SLE [kN-m]

Dati:

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO PROGETTAZIONE INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA INGEGNERIA <i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	107 di 118

Dimensione = sp.50cm

Armadura inf = $\phi 16@20$ cm

Armadura sup = $\phi 16@20$ cm

Med=47,1 kN -m x 1,5 = 70,7 kN-m

Verifica C.A. S.L.U. - File: Fund

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10,05	7,4
2	10,05	42,6

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 70,7 0 kNm
M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C32/40

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,81
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12,25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,7333
 τ_{cl} 2,114

M_{xRd} 178,5 kN m
 σ_c -18,81 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ϵ_c 3,5 ‰
 ϵ_s 26,85 ‰
d 42,6 cm
x 4,913 x/d 0,1153
 δ 0,7

Tipo Sezione
Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.
DXF

Metodo di calcolo
S.L.U. + S.L.U. -
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
M-curvatura
Precompresso

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REVOLUTION INTERNATIONAL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div>Diana Bultrini</div></div></div>	<div>MANDANTI:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REVOLUTION INTERNATIONAL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div>Diana Bultrini</div></div></div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div> <table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>108 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	108 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	108 di 118								

8.3.1 **Verifica strutturale della trave di collegamento per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)**

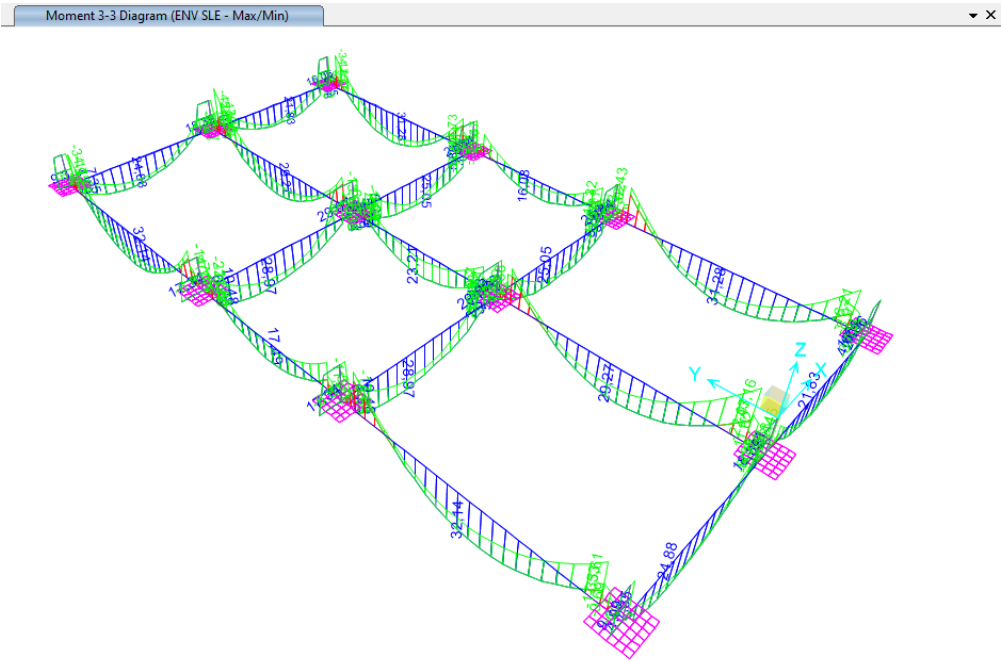


Figura 8.3 Momenti M33 – ENV SLE [kN-m]

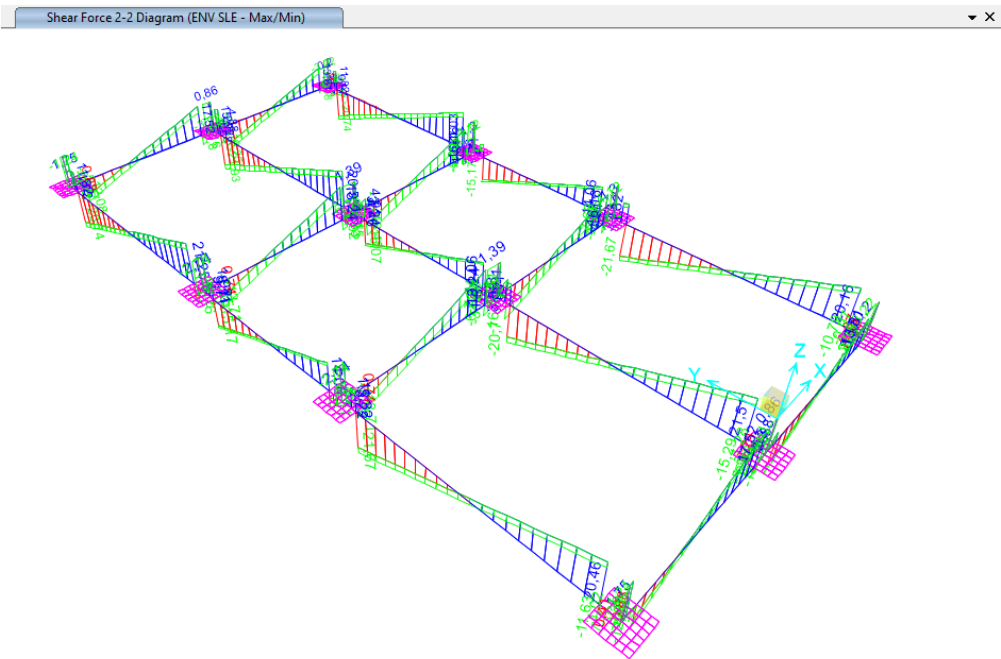


Figura 8.4 Taglio V22 – ENV SLE [kN]

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>109 di 118</p>

Dati:

Dimensione = 50cm x 30 cm

Armadura inf = 3 ϕ 16

Armadura sup = 3 ϕ 16@

Staffe = ϕ 12@20cm

Med= 33,60 kN -m x 1,5 = 50,4 kN-m

Verifica C.A. S.L.U. - File: viga fund

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	30	50

N°	As [cm²]	d [cm]
1	6,032	7,6
2	6,032	42,4

Tipologia Sezione:
☒ Rettang. re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.
☐ DXF

File

Diagramma di sforzo:

Metodo di calcolo:
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☒ Metodo n

Tipologia flessione:
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

M-curvatura

☐ Precompresso

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 50,4 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C28/35

ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15,87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 ε_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 11
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{c1} 1,971

M_{xRd} 94,8 kN m

σ_c -15,87 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 17,64 ‰
 d 42,4 cm
 x 7,021 x/d 0,1656
 δ 0,7

La verifica risulta soddisfatta.

<div><div>Capogruppo/mandataria:</div><div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>Mandanti:</div><div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI SERVIZIO PROGETTAZIONE ED INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div><div><div>OPINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA <i>dream builders</i></div></div></div></div><div><div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div></div></div>	
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div><div>COMMESSA</div><div>B23D</div></div> <div><div>LOTTO</div><div>00 D 00</div></div> <div><div>CODIFICA</div><div>RH</div></div> <div><div>DOCUMENTO</div><div>FVD000 001</div></div> <div><div>REV.</div><div>A</div></div> <div><div>FOGLIO</div><div>110 di 118</div></div>

TABLE: Joint Reactions							
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
11	SLU_010	Combination	0,00	22,00	171,29	-48,13	0,00
23	SLU_009	Combination	0,00	-22,23	162,67	50,79	0,00
41	SLU_010	Combination	0,00	-10,04	327,33	22,03	0,00

8.3.1 Verifica strutturale dei pilastri per sollecitazioni assiali e flessionali (SLU-STR)

Dati:

Dimensione = 65cm x60 cm

Armadura long = 12 ϕ 16

Staffe = ϕ 12@20cm

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pilastro65x60

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : Pilastro 65x60

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	-32,5	-30	8	2,01	25,1	7,54
2	32,5	-30	9	2,01	-25,1	22,6
3	32,5	30	10	2,01	-8,37	22,6
4	-32,5	30	11	2,01	8,37	22,6
			12	2,01	25,1	22,6

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 333,3 kN
M_{xEd} 100 kNm
M_{yEd} 33,33

P.to applicazione N
☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

Materiali
B450C C28/35
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☒ Coord.
☐ DXF

Metodo di calcolo
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

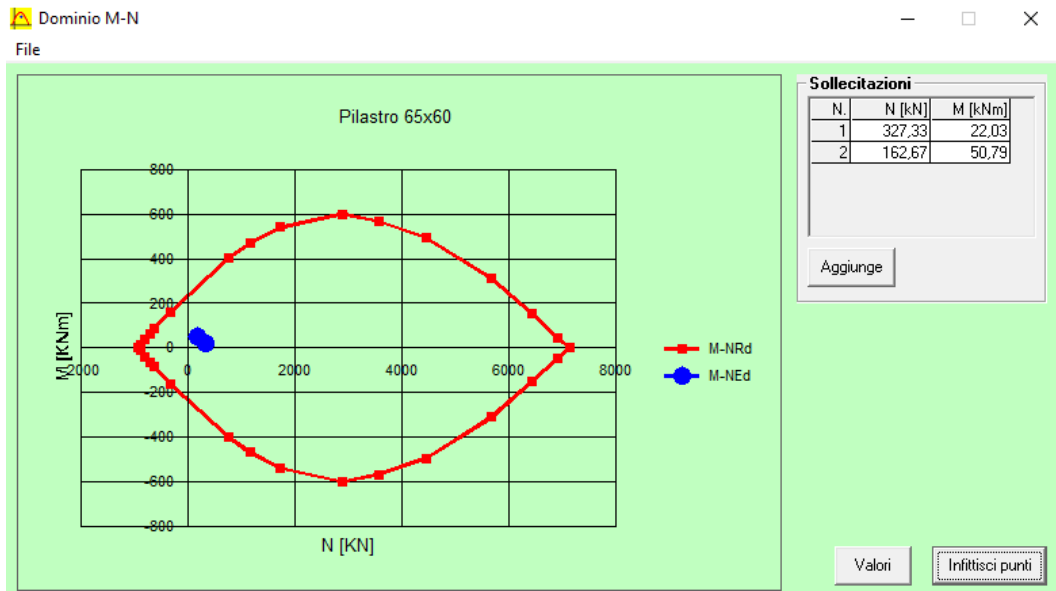
Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

M-curvatura

☐ Precompresso

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>111 di 118</p>



La verifica risulta soddisfatta.

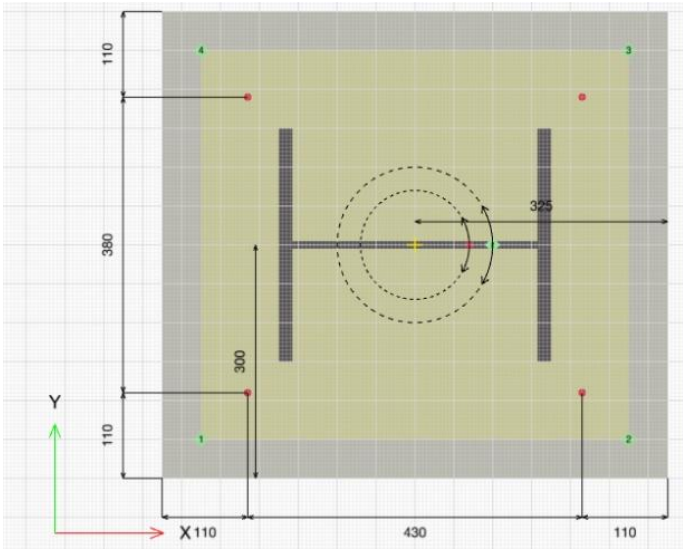
8.3.2 Verifica del collegamento Colonna – Plinto

Il collegamento colonna-plinto é realizzato mediante una piastra in acciaio.

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA Urban builders</div></div></div>	<div>MANDANTI:</div> <div><div><div>ERREGI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>studioCARRARA ARCHITETTURA E INGEGNERIA Urban builders</div></div></div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div> <table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>112 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	112 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	112 di 118								

Base di colonna in acciaio

Verifica di resistenza piastra di base:



h_{piastra} [mm]	550	f_{yk} [N/mm ²]	355
b_{piastra} [mm]	500	γ_{M0}	1,05
e_{piastra} [mm]	25	ϕ_t [mm]	16
ϕ_{foro} [mm]	17		
A_{st} [mm ²]	157		

TABLE: Joint Reactions			
Joint	F3	M1	M2
Text	KN	KN-m	KN-m
23	-171,29	48,13	0,00
24	-162,67	-50,79	0,00

σ_c max	σ_s	y	Vcompr	Mcompr	Vteso	Mteso
N/mm ²	N/mm ²	mm	kN	KN-m	kN	KN-m
4,479	119	158,8	195,60	9,21	37,37	1,49
4,881	147,9	145,7	195,57	10,06	46,44	1,86

$i_{,MAX}$	W_{pl}	M_{pl}	$M_{ED,MAX}/M_{pl}$	$V_{ED,MAX}$	A_v	V_{pl}	$V_{ED,MAX}/V_{pl}$
kN-m	mm ³	kN-m	%	kN	mm ²	kN	%
9,21	78125	26,41	34,9	195,60	12900	2518,07	7,8
10,06	78125	26,41	38,1	195,57	12900	2518,07	7,8

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>REVOLUTION INTERNATIONAL INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div></div> <div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Diana Bultrini</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	113 di 118

Verifica C.A. S.L.U. - File: BaseColonna

File

Materiali

Opzioni

Visualizza

Progetto Sez. Rett.

Sismica

Normativa: DM 1996

?

Titolo : Base di colonna in acciaio

N* Vertici

4

Zoom

N* barre

4

Zoom

N*	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	0	50
3	55	50
4	55	0

N*	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	1,57	6	6
2	1,57	49	6
3	1,57	6	44
4	1,57	49	44

Sollecitazioni

S.L.U.

Metodo n

N_{Ed}

0

162,67 kN

M_{xEd}

0

50,79 kNm

M_{yEd}

0

0

P.to applicazione N

Centro

Baricentro cls

Coord.[cm]

xN 0

yN 0

Tipo Sezione

Rettan.re

Trapezi

a T

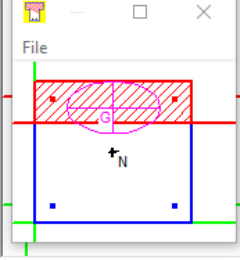
Circolare

Rettangoli

Coord.

DXF

File



Metodo di calcolo

S.L.U. +

S.L.U. -

Metodo n

Materiali

Classe 5,6

C28/35

ε_{su}

67,5 ‰

ε_{c2}

2 ‰

f_{yd}

260,9 N/mm²

ε_{cu}

3,5 ‰

E_s

200.000 N/mm²

f_{cd}

14,88

E_s/E_c

15

f_{cc}/f_{cd}

0,8

ε_{syd}

1,305 ‰

σ_{c,adm}

11

σ_{s,adm}

255 N/mm²

τ_{co}

0,6667

τ_{c1}

1,971

σ_c

-4,881 N/mm²

σ_s

147,9 N/mm²

ε_s

0,7395 ‰

d

44 cm

x

14,57

x/d

0,3311

δ

0,8539

Verifica

N* iterazioni: 5

Precompresso

Verifica dei tirafondi:

ANCHORING TO CONCRETE EN 1992-4

Concrete properties:

$$f_{ck} := 29.05 \frac{N}{mm^2}$$

$$E_c := 32588.1 \frac{N}{mm^2}$$

$$f_{ykre} := 450 \frac{N}{mm^2}$$

$$h := 1250mm \quad \text{alto pedestal}$$

Anchors properties:

M16 class 5.6

$$f_{yk} := 300 \frac{N}{mm^2}$$

$$n_p := 4 \quad \text{Number of anchors}$$

$$L_a := 192mm \quad \text{Anchor length}$$

$$E_s := 2100 \frac{tonf}{cm^2}$$

$$d_a := 16mm \quad \text{Anchor diameter M16}$$

$$d_h := 24mm \quad \text{Nut diameter}$$

$$f_{uk} := 500 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_0 := 157mm^2 \quad \text{Anchoring area}$$

<p>Capogruppo/mandataria:</p>  <p>Passion & Solutions Italia</p> <p>Mandanti:</p>  <p>Passion & Solutions France</p>  <p>ERREGI INGEGNERIA DI ARCHITETTURA</p>  <p>pide</p>  <p>OPINI SMART ENGINEERING</p>  <p>studioCARRARA ARCHITETTURA INgegNERIA</p>	<p>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</p> <p>-PROGETTO DEFINITIVO-</p>					
<p>7.0 Opere Civili</p> <p>Relazione di calcolo strutturale</p>	<p>COMMESSA</p> <p>B23D</p>	<p>LOTTO</p> <p>00 D 00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RH</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>FVD000 001</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>114 di 118</p>

Solicitation:

Most requested anchor:

Anchor group:

$$N_{Ed} := 20.295 \text{ kN}$$

$$N_{Edg} := 40.590 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 5.558 \text{ kN}$$

$$V_{Edg} := 22.232 \text{ kN}$$

☒ Design requirements for tensile loading

$$\gamma_{M.s} := 1.50$$

$$\gamma_{M.p} := 1.50$$

$$\gamma_{M.c} := 1.50$$

$$\gamma_{M.sp} := 1.50$$

Steel failure of fastener - Most requested anchor:

$$N_{Rk.s} := A_0 \cdot f_{uk} = 78.5 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Rd.s} := \frac{N_{Rk.s}}{\gamma_{M.s}} = 52.33 \cdot \text{kN} \quad \beta_{Ns} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd.s}} = 0.39$$

$$\text{if}(N_{Rd.s} > N_{Ed}, "OK", "No Ok") = "OK"$$

Pull - out failure of fastener - Most requested anchor:

$$\psi_c := 1$$

$$k_2 := 7.5 \quad \text{for fasteners in cracked concrete}$$

$$A_h := \frac{\pi}{4} \cdot (d_h^2 - d_a^2) = 251 \cdot \text{mm}^2$$

$$N_{Rk.p} := k_2 \cdot A_h \cdot f_{ck} = 54.758 \cdot \text{kN}$$

$$N_{Rd.p} := \frac{\psi_c \cdot N_{Rk.p}}{\gamma_{M.p}} = 36.51 \cdot \text{kN} \quad \beta_{Np} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd.p}} = 0.56$$

$$\text{if}(N_{Rd.p} > N_{Ed}, "OK", "No Ok") = "OK"$$

Concrete cone failure - Anchor group:

$$k_1 := 7.7 \quad \text{for cracked concrete}$$

$$h_{ef} := \max\left(\frac{c_{\max}}{1.5}, \frac{s_{\max}}{3}\right) = 143.3 \cdot \text{mm}$$

$$c_{crN} := \frac{3}{2} \cdot h_{ef} = 215 \cdot \text{mm}$$

$$S_{crN} := 3 \cdot h_{ef} = 430 \cdot \text{mm}$$

$$A_{cNo} := 9 \cdot h_{ef}^2 = 184900 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{cN} := 211217.5 \text{ mm}^2$$

$$c_1 := 110 \text{ mm}$$

$$s_1 := 380 \text{ mm}$$

$$c_2 := 110 \text{ mm}$$

$$s_2 := 430 \text{ mm}$$

$$c_{\max} := \max(c_1, c_2) = 110 \cdot \text{mm} \quad s_{\max} := \max(s_1, s_2) = 430 \cdot \text{mm}$$

$$c_{\min} := \min(c_1, c_2) = 110 \cdot \text{mm} \quad s_{\min} := \min(s_1, s_2) = 380 \cdot \text{mm}$$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SEMPRE INTEGRATO INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Design builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>					
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	115 di 118

$$N_{Rk.c.o} := k_1 \cdot N \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{N}} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{mm} \right)^{1.5} = 71.217 \cdot kN$$

$$\psi_{sN} := 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_{min}}{c_{crN}} = 0.853$$

$$\psi_{reN} := 1 \quad \text{According to 7.5}$$

$$e_{c1N} := 0mm \quad \text{Eccentricity}$$

$$\psi_{ecN1} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c1N}}{S_{crN}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$e_{c2N} := 0mm \quad \text{Eccentricity}$$

$$\psi_{ecN2} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c2N}}{S_{crN}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$\psi_{MN} := 1 \quad \text{According to 7.7}$$

$$N_{Rk.c} := N_{Rk.c.o} \cdot \frac{A_{cN}}{A_{cNo}} \cdot \psi_{sN} \cdot \psi_{reN} \cdot \psi_{ecN1} \cdot \psi_{ecN2} \cdot \psi_{MN} = 69.43 \cdot kN$$

$$N_{Rd.c} := \frac{N_{Rk.c}}{\gamma_{M.c}} = 46.29 \cdot kN \quad \beta_{Nc} := \frac{N_{Edg}}{N_{Rd.c}} = 0.88$$

if $(N_{Rd.c} > N_{Edg}, "OK", "No OK") = "OK"$

Concrete splitting failure - Anchor group:

$$\psi_{sN1} := 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_{min}}{c_{crN}} = 0.853$$

$$\psi_{ec1N1} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c1N}}{S_{crN}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$\psi_{ec2N1} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c2N}}{S_{crN}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$\psi_{hsp} := 1.143$$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><p>ARTELIA Passion & Solutions Italia</p></div><div><p>ARTELIA Passion & Solutions France</p></div><div><p>ERREGI SERVIZIO PROGETTATIVO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</p></div></div> <div><div><p>pide</p></div><div><p>OPINI SMART ENGINEERING</p></div><div><p>studioCARRARA ARCHITETTURA INGEGNERIA <i>Urban builders</i></p></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO -PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>116 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	116 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	116 di 118								

$$N_{Rk.sp.o} := k_1 \cdot N \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{N}} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{mm}\right)^{1.5} = 71.22 \cdot kN$$

$$N_{Rk.sp} := N_{Rk.sp.o} \cdot \frac{A_{cN}}{A_{cNo}} \cdot \psi_{sN1} \cdot \psi_{reN} \cdot \psi_{ec1N1} \cdot \psi_{ec2N1} \cdot \psi_{hsp} = 79.364 \cdot kN$$

$$N_{Rd.sp} := \frac{N_{Rk.sp}}{\gamma_{M.sp}} = 52.91 \cdot kN \quad \beta_{Nsp} := \frac{N_{Edg}}{N_{Rd.sp}} = 0.77$$

if($N_{Rk.sp} > N_{Edg}$, "OK", "No Ok") = "OK"

☐ Design requirements for tensile loading

☒ Design requirements for shear loading

$$\gamma_{M.s} := 1.25 \quad \gamma_{M.c} := 1.50$$

$$\gamma_{M.cp} := 1.50$$

Steel failure of fastener without lever arm - Most requested anchor:

$$k_6 := 0.6 \quad \text{para } f_{uk} < 500 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rks} := k_6 \cdot A_0 \cdot f_{uk} = 47.1 \cdot kN$$

$$V_{Rds} := \frac{V_{Rks}}{\gamma_{M.s}} = 37.68 \cdot kN \quad \beta_{Vs} := \frac{V_{Ed}}{V_{Rds}} = 0.15$$

if($V_{Rds} > V_{Ed}$, "OK", "No Ok") = "OK"

Concrete pry-out failure - Anchor group:

$$k_8 := 2.56$$

$$e_{c1v} := 0mm \quad \text{Eccentricity}$$

$$A_{cN} = 211217.5 \cdot mm^2$$

$$A_{cNo} := S_{crN}^2 = 184900 \cdot mm^2$$

$$\psi_{ec1N} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c1v}}{S_{crN}} \right)}, 1 \right] = 1$$

$$e_{c2v} := 0mm \quad \text{Eccentricity}$$

$$\psi_{ec2N} := \min \left[\frac{1}{1 + 2 \cdot \left(\frac{e_{c2v}}{S_{crN}} \right)}, 1 \right] = 1$$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Urban builder</i></div></div></div>	<div>MANDANTI:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SERVIZIO INTEGRATO DI INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>OPINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Urban builder</i></div></div></div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div> <div><table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>117 di 118</td></tr></table></div>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	117 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	117 di 118								

$$N_{Rk.c1} := N_{Rk.sp.o} \cdot \frac{A_{cN}}{A_{cNo}} \cdot \psi_{sN1} \cdot \psi_{reN} \cdot \psi_{ec1N} \cdot \psi_{ec2N} \cdot \psi_{MN} = 69.434 \cdot kN$$

$$V_{Rk.cp} := k_8 \cdot N_{Rk.c1} = 177.752 \cdot kN$$

$$V_{Rd.cp} := \frac{V_{Rk.cp}}{V_{M.cp}} = 118.5 \cdot kN \quad \beta_{Vcp} := \frac{V_{Edg}}{V_{Rd.cp}} = 0.19$$

$$\text{if}(V_{Rd.cp} > V_{Edg}, \text{"OK"}, \text{"No Ok"}) = \text{"OK"}$$

Concrete edge failure in Y direction - Anchor group:

$$k_g := 1.7 \quad \text{cracked concrete}$$

$$\alpha := 0.1 \cdot \left(\frac{L_a}{c_1} \right)^{0.5} = 0.132 \quad \beta := 0.1 \cdot \left(\frac{d_a}{c_1} \right)^{0.2} = 0.068$$

$$A_{cvo} := 4.5 \cdot c_1^2 = 54450 \cdot mm^2$$

$$A_{cv} := 90750 mm^2$$

$$\psi_{sv} := \min \left(1, 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5 \cdot c_1} \right) = 0.9$$

$$\psi_{hv} := \max \left[1, \left(\frac{1.5 \cdot c_1}{h} \right)^{0.5} \right] = 1$$

$$\alpha_v := 0^\circ \quad \text{Shear rotation angle}$$

$$\psi_{av} := \max \left[1, \sqrt{\frac{1}{(\cos(\alpha_v))^2 + (0.5 \cdot \sin(\alpha_v))^2}} \right] = 1$$

$$e_v := 0 mm$$

$$\psi_{ecv} := \min \left[1, \frac{1}{1 + \left(\frac{2e_v}{3 \cdot c_1} \right)} \right] = 1$$

$$\psi_{rev} := 1.0 \quad \text{fastening in uncracked concrete and fastening in cracked concrete without edge reinforcement or stirrups}$$

$$k_t := 1$$

$$V_{Rk.c.o} := k_g \cdot \left(\frac{d_a}{mm} \right)^\alpha \cdot \left(\frac{L_a}{mm} \right)^\beta \cdot N \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{N}} \cdot \left(\frac{c_1}{mm} \right)^{1.5} = 21.801 \cdot kN$$

<div>Capogruppo/mandataria:</div> <div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions Italia</div></div><div><div>ARTELIA</div><div>Passion & Solutions France</div></div><div><div>ERREGI</div><div>SEMPRE INTEGRATO INGEGNERIA ED ARCHITETTURA</div></div><div><div>pide</div></div><div><div>PINI</div><div>SMART ENGINEERING</div></div><div><div>studioCARRARA</div><div>ARCHITETTURA E INGEGNERIA</div><div><i>Urban builders</i></div></div></div>	<div>PROGETTAZIONE DEFINITIVA ED ESECUTIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA E-BRT TRA I COMUNI DI BERGAMO, DALMINE E VERDELLINO</div> <div>-PROGETTO DEFINITIVO-</div>												
<div>7.0 Opere Civili</div> <div>Relazione di calcolo strutturale</div>	<table><tr><td>COMMESSA</td><td>LOTTO</td><td>CODIFICA</td><td>DOCUMENTO</td><td>REV.</td><td>FOGLIO</td></tr><tr><td>B23D</td><td>00 D 00</td><td>RH</td><td>FVD000 001</td><td>A</td><td>118 di 118</td></tr></table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	118 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
B23D	00 D 00	RH	FVD000 001	A	118 di 118								

$$V_{Rk.c} := k_t \cdot V_{Rk.c.o} \cdot \frac{A_{cv}}{A_{cvo}} \cdot \psi_{sv} \cdot \psi_{hv} \cdot \psi_{av} \cdot \psi_{ecv} \cdot \psi_{rev} = 32.701 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Edg} = 22.232 \cdot \text{kN}$$

$$V_{Rd.c} := \frac{V_{Rk.c}}{V_{M.c}} = 21.8 \cdot \text{kN} \quad \beta_{Vkc} := \frac{V_{Edg}}{V_{Rd.c}} = 1.02$$

if($V_{Rd.c} > V_{Edg}$, "OK", "Reinforcement") = "Reinforcement"

Supplementary reinforcement:

$$\phi_v := 16 \text{ mm} \quad V_{Msre} := 1.15 \quad n := 2$$

$$l_1 := 200 \text{ mm} \quad \eta_1 := 1 \quad \eta_2 := 1$$

$$f_{ctd} := \frac{2.0 \text{ MPa}}{1.5} = 1.333 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha_1 := 1$$

$$\alpha_2 := 1$$

$$N_{Rda} := \pi \cdot n \cdot \frac{\phi_v^2}{4} \cdot \frac{f_{ykre}}{V_{Msre}} = 157.35 \cdot \text{kN} \quad \text{Condition} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } \frac{l_1 \cdot \pi \cdot \phi_v \cdot f_{bd}}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \leq N_{Rda} \\ \text{"No Ok"} & \text{otherwise} \end{cases} = \text{"Ok"}$$

if($N_{Rda} > V_{Edg}$, "OK", "No OK") = "OK"

$$\beta_{NRda} := \frac{V_{Edg}}{N_{Rda}} = 0.14$$

Combined tension and shear load:

Steel failure:

$$\beta_{NS} := \beta_{Ns}^2 + \beta_{Vs}^2 = 0.172$$

if($\beta_{NS} > 1$, "No OK", "OK") = "OK"

Concrete Failure:

$$\beta_{Nc1} := \max(\beta_{Np}, \beta_{Nc}, \beta_{Nsp}) = 0.877$$

$$\beta_{Vc1} := \max(\beta_{Vcp}, \beta_{NRda}) = 0.188$$

$$\beta_{NC} := \frac{(\beta_{Nc1} + \beta_{Vc1})}{1.2} = 0.887$$

if($\beta_{NC} > 1$, "No OK", "OK") = "OK"

▣ Design requirements for shear loading