



Committente

tecnici

Progetto definitivo

committente		FRI-EL S.p.a. Piazza della Rotonda 2 I-00186 Roma (RM)	
progetto		Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Gravina - Serra del Corvo" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili avente potenza pari a 200 MW nei Comuni di Genzano di Lucania (PZ) e Gravina in Puglia (BA)	
contenuto		Relazione Strutturale	
Redatto	22.12.2021	modificato	scala
MD	22.12.2021	a	elaborato n. PD-R.8
Controllato		b	
ron	22.12.2021	c	
pagine	131	n. progetto	21-208
		21_208_PSW_Gravina\stat\text\PD-R.8 relazione strutture 01.docx	

GM

Studio di Geologia Applicata e Geofisica Applicata
Dott. Geol. Gianpiero Monti

Dott. Geol. Gianpiero Monti
Via C. Battisti 21 – 83053 Sant'Andrea di Conza (AV)
tel. +39 0827 35 247
gianpiero.monti@alice.it



BETTIOL ING. LINO SRL
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273
E-mail: bettiolinglinosrl@legalmail.it

patscheiderpartner

E N G I N E E R S

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.
i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza
i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli
a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6
tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01
info@ipp.bz.it – www.patscheiderpartner.it

Indice

1. Introduzione	6
1.1 Committente.....	6
1.2 Studi tecnici incaricati.....	6
1.3 Documentazione di progetto e riferimenti normativi.....	7
1.3.1 Riferimenti normativi.....	7
1.3.1.1 Normativa nazionale.....	7
1.3.1.2 Eurocodici.....	7
2. Premessa	7
3. Materiali	7
3.1 Calcestruzzo.....	8
3.2 Acciaio per strutture in c.a.....	9
3.3 Acciaio per carpenteria metallica.....	9
4. Analisi dei carichi	9
4.1 Carichi permanenti.....	9
4.2 Carichi variabili.....	9
4.2.1 Azione del vento.....	10
4.2.2 Azione della neve.....	12
5. Coefficienti di sicurezza e combinazione delle azioni	13
5.1 Coefficienti di sicurezza.....	13
5.2 Combinazione delle azioni.....	14
6. Metodo di calcolo e verifica	15
7. Edificio di servizio	16
7.1 Premessa.....	16
7.2 Carichi.....	16
7.2.1 Carichi permanenti.....	16
7.2.2 Carichi variabili.....	16
7.3 Modello di calcolo e carichi applicati.....	17
7.3.1 Modello di calcolo.....	17
7.3.2 Carichi applicati.....	18
7.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU).....	20
7.4.1 Solaio di copertura.....	20
7.4.2 Pareti.....	22
7.4.3 Fondazioni.....	24

7.5	Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)	26
7.5.1	Solaio di copertura	26
7.5.2	Platea di fondazione.....	26
7.6	Pressioni sul terreno.....	27
8.	Sfioratore di superficie	28
8.1	Premessa	28
8.2	Carichi	28
8.2.1	Carichi permanenti	29
8.2.2	Carichi variabili.....	29
8.3	Modello di calcolo e carichi applicati	29
8.3.1	Modello di calcolo.....	29
8.3.2	Carichi applicati.....	30
8.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	32
8.4.1	Solaio.....	32
8.4.2	Pareti.....	34
8.4.3	Platea.....	40
8.5	Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)	43
8.5.1	Solaio.....	43
8.5.2	Platea di fondazione.....	44
8.6	Pressioni sul terreno.....	44
8.7	Travi passerella	44
9.	Opera di presa	46
9.1	Premessa	46
9.2	Carichi	46
9.2.1	Carichi permanenti	46
9.2.2	Carichi variabili.....	46
9.3	Modello di calcolo e carichi applicati	47
9.3.1	Modello di calcolo.....	47
9.3.2	Carichi applicati.....	47
9.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	48
9.4.1	Galleria circolare	48
9.4.2	Strutture ingresso galleria	50
9.4.2.1	Parete.....	50
9.4.2.2	Platee	52
9.5	Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)	54

9.5.1 Galleria.....	54
9.5.2 Platea.....	54
9.6 Pressioni sul terreno.....	55
10. Camera valvole	56
10.1 Premessa	56
10.2 Carichi	56
10.2.1 Carichi permanenti	57
10.2.2 Carichi variabili.....	57
10.3 Modello di calcolo e carichi applicati	57
10.3.1 Modello di calcolo.....	57
10.3.2 Carichi applicati.....	58
10.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	61
10.4.1 Camera valvole	61
10.4.1.1 Solai	61
10.4.1.2 Pareti.....	66
10.4.2 Camera di carico.....	70
10.4.2.1 Solaio	70
10.4.2.2 Pareti.....	71
10.4.2.3 Fondazioni.....	73
10.4.3 Condotte uscita	76
10.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)	78
10.5.1 Camera valvole	78
10.5.2 Camera di carico.....	78
10.5.2.1 Solaio	78
10.5.2.2 Fondazione.....	79
10.5.3 Condotte uscita	80
10.6 Pressioni sul terreno.....	80
10.7 Travi e colonne in acciaio.....	81
11. Centrale di produzione energia.....	82
11.1 Premessa	82
11.2 Carichi	83
11.2.1 Carichi permanenti	83
11.2.2 Carichi variabili.....	84
11.3 Modello di calcolo e carichi applicati	84
11.3.1 Modello di calcolo.....	84

11.3.2 Carichi applicati.....	85
11.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	89
11.4.1 Ingresso	89
11.4.1.1 Solaio	89
11.4.1.2 Pareti	90
11.4.1.3 Fondazioni.....	93
11.4.2 Edificio turbine	94
11.4.2.1 Solaio copertura	94
11.4.2.2 Solaio 6	96
11.4.2.3 Solaio 5	98
11.4.2.4 Solaio 4	100
11.4.2.5 Solaio 3	102
11.4.2.6 Solaio 2	104
11.4.2.7 Solaio 1	106
11.4.3 Edificio trasformatori	108
11.4.3.1 Solai copertura	108
11.4.3.2 Solai intermedi.....	110
11.4.3.3 Pareti.....	112
11.4.3.4 Fondazioni.....	114
11.4.4 Corridoi di servizio.....	115
11.4.4.1 Solai copertura	115
11.4.4.2 Pareti.....	117
11.4.4.3 Fondazioni.....	120
11.4.5 Vano scale	122
11.4.5.1 Solaio copertura	122
11.4.5.2 Pareti.....	123
11.4.5.3 Fondazioni.....	126
12. Opere di restituzione/presa	128
12.1 Premessa	128
12.2 Carichi	128
12.2.1 Carichi permanenti.....	128
12.2.2 Carichi variabili.....	128
12.3 Modello di calcolo e carichi applicati.....	129
12.3.1 Modello di carico	129
12.3.2 Carichi applicati.....	129

12.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) 129

1. Introduzione

1.1 Committente

FRI-EL S.p.a.

Piazza della Rotonda 2

I-00186 Roma (RM)

1.2 Studi tecnici incaricati

Coordinatore di progetto:

Dr. Ing. Walter Gostner

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

Ingegneri Patscheider & Partner Srl

Via Glorenza 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Responsabile opere civili:

Coordinamento interno:

Progettisti:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dr. Ing. Walter Gostner

Dr. Ing. Ronald Patscheider

Dr. Ing. Corrado Lucarelli

Dr. Ing. David Dipauli

Dr. Ing. Alex Balzarini

Geom. Stefania Fontanella

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

Dr. Geol. Gianpiero Monti

Via C. Battisti 21

I-83053 Sant'Andrea di Conza (AV)

1.3 Documentazione di progetto e riferimenti normativi

1.3.1 Riferimenti normativi

1.3.1.1 Normativa nazionale

- [1] Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle <<Norme Tecniche per le Costruzioni>>” pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 - Suppl. Ordinario n° 8.

1.3.1.2 Eurocodici

- [2] UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi specifici, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
- [3] UNI EN 1992-1-1:2005 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [4] UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- [5] UNI EN 1998-1:2005 Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture.

2. Premessa

Oggetto della presente relazione è la verifica della capacità portante delle strutture in oggetto. La zona interessata dal progetto d'intervento è al confine tra la Regione Puglia e la Regione Basilicata, ad una quota compresa tra 265 m s.l.m.m. (bacino inferiore) e 480 m s.l.m.m. (bacino superiore).

3. Materiali

Nel seguito si elencano le caratteristiche dei materiali previsti per la realizzazione delle opere la struttura.

3.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo C25/30

- $R_{ck} = 30$ MPa Valore caratteristico resistenza cubica
- $f_{ck} = 24.9$ MPa Valore caratteristico resistenza cilindrica
- $f_{cm} = 32.9$ MPa Valore medio resistenza cilindrica
- $f_{ctm} = 2.56$ MPa Valore medio resistenza a trazione semplice
- $f_{ctm} = 3.07$ MPa Valore medio resistenza a trazione per flessione
- $\nu = 0.2$ Coefficiente di Poisson
- $E_{cm} = 31447$ MPa Modulo elastico
- $\gamma_c = 1.5$ Coefficiente parziale di sicurezza
- $\alpha_{cc} = 0.85$ Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
- $f_{cd} = 14.11$ MPa Resistenza di calcolo a compressione
- $f_{ctd} = 1.19$ MPa Resistenza di calcolo a trazione
- $\epsilon_{cu} = 0.0035$ Deformazione a rottura per il calcestruzzo
- $\epsilon_{c0} = 0.002$ Deformazione limite del calcestruzzo

Calcestruzzo C30/37

- $R_{ck} = 37$ MPa Valore caratteristico resistenza cubica
- $f_{ck} = 30.71$ MPa Valore caratteristico resistenza cilindrica
- $f_{cm} = 38.7$ MPa Valore medio resistenza cilindrica
- $f_{ctm} = 2.94$ MPa Valore medio resistenza a trazione semplice
- $f_{ctm} = 3.56$ MPa Valore medio resistenza a trazione per flessione
- $\nu = 0.2$ Coefficiente di Poisson
- $E_{cm} = 33019$ MPa Modulo elastico
- $\gamma_c = 1.5$ Coefficiente parziale di sicurezza
- $\alpha_{cc} = 0.85$ Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
- $f_{cd} = 17.40$ MPa Resistenza di calcolo a compressione
- $f_{ctd} = 1.37$ MPa Resistenza di calcolo a trazione
- $\epsilon_{cu} = 0.0035$ Deformazione a rottura per il calcestruzzo
- $\epsilon_{c0} = 0.002$ Deformazione limite del calcestruzzo

3.2 Acciaio per strutture in c.a.

Acciaio per c.a. B450C

- $f_{yk, nom} = 450$ MPa Valore nominale tensione caratteristica di snervamento
- $f_{tk, nom} = 540$ MPa Valore nominale della tensione caratteristica di rottura
- $\gamma_s = 1.15$ Coefficiente parziale di sicurezza
- $E_s = 210000$ MPa Modulo elastico
- $f_{yd} = 391.3$ MPa Resistenza di calcolo
- $\epsilon_{su} = 0.01$ Deformazione a rottura per l'acciaio

3.3 Acciaio per carpenteria metallica

Acciaio per carpenteria metallica S235

- $f_{yk} = 235$ MPa Valore nominale tensione caratteristica di snervamento
- $f_{yk} = 360$ MPa Valore nominale tensione caratteristica a rottura
- $E_s = 210000$ MPa Modulo elastico

4. Analisi dei carichi

4.1 Carichi permanenti

I valori dei carichi permanenti considerati nelle diverse parti dell'impianto sono riportati nei relativi capitoli.

4.2 Carichi variabili

I valori dei carichi variabili considerati nelle diverse parti dell'impianto sono riportati nei relativi capitoli. Di seguito si determina la sola azione del carico vento e del carico neve.

4.2.1 Azione del vento

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	25	1000	0,4
a_s (altitudine sul livello del mare [m])	480		
T_R (Tempo di ritorno)	100		
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_b = v_{b,0} \cdot (1 + k_a(a_s/a_0 - 1))$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])	25,000		
α_R (T_R)	1,039		
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]	25,981		

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

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

q_b [N/mq]	421,88
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

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

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

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

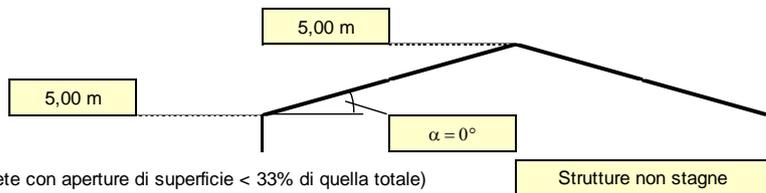
Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
3	D	480

Cat. Esposiz.	k _r	z ₀ [m]	z _{min} [m]	c _t
II	0,19	0,05	4	1

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

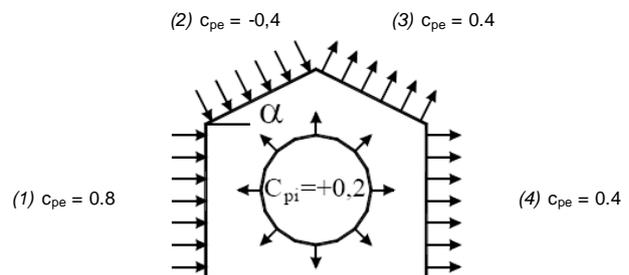
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

z [m]	c _e
z ≤ 4	1,801
z = 5	1,929
z = 5	1,929

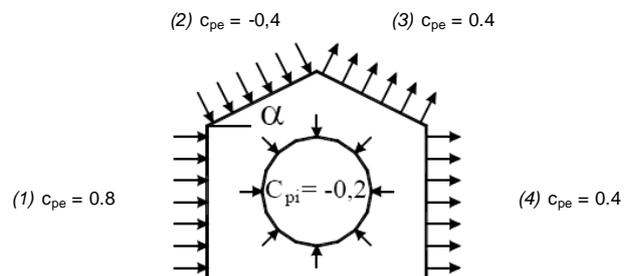


Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

(1)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	0,488
(2)	c _p	p [kN/mq]
	-0,60	-0,488
(3)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	0,488
(4)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	0,488

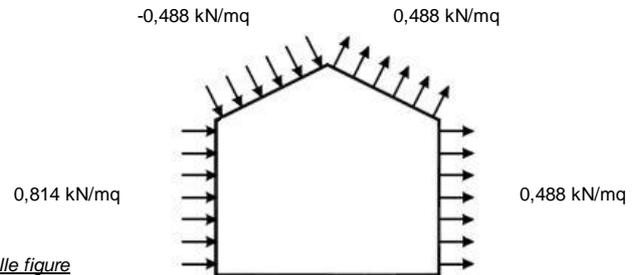


(1)	c _p	p [kN/mq]
	1,00	0,814
(2)	c _p	p [kN/mq]
	-0,20	-0,163
(3)	c _p	p [kN/mq]
	0,20	0,163
(4)	c _p	p [kN/mq]
	0,20	0,163



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0,814
(2)	-0,488
(3)	0,488
(4)	0,488



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

4.2.2 Azione della neve

Quota bacino superiore $a_s=480$ m s.l.m.m.

Quota bacino inferiore $a_s=265$ m s.l.m.m

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

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

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

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	480
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1,70

Coefficiente termico

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

Coefficiente di esposizione

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

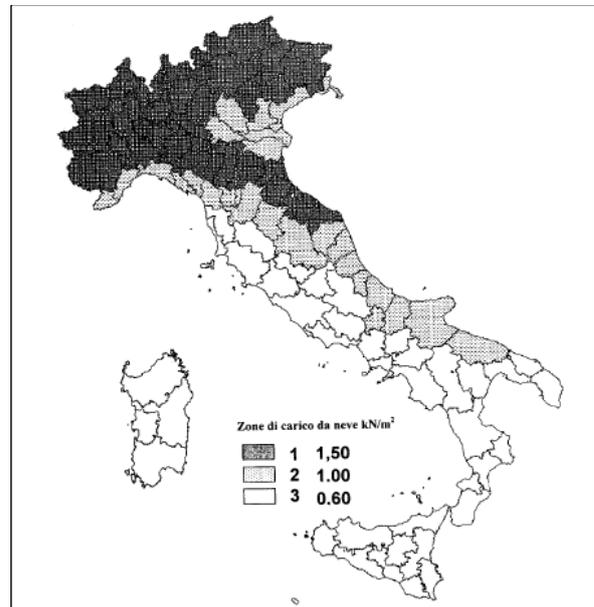
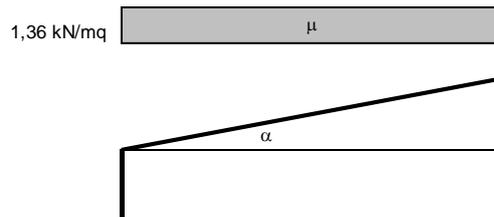
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1,70
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

μ	0,8
-------	-----



5. Coefficienti di sicurezza e combinazione delle azioni

Di seguito si riportano le combinazioni di carico e i coefficienti previsti dalla norma in vigore.

5.1 Coefficienti di sicurezza

Calcestruzzo armato normale: $\gamma_M = 1,50$

Acciaio da cemento armato: $\gamma_M = 1,15$

Acciaio laminato:	$\gamma_{M0} = 1,05$
Collegamenti bullonati:	$\gamma_{M2} = 1,25$
Legno lamellare:	$\gamma_M = 1,45$
Legno massiccio:	$\gamma_M = 1,50$

5.2 Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_1 + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Si riporta di seguito una tabella con i valori dei coefficienti parziali per le azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi di equilibrio come corpo rigido (EQU), strutturali (STR) e geotecnici (GEO).

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Si riportano, nella tabella seguente, i valori dei coefficienti di combinazione.

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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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. Metodo di calcolo e verifica

La valutazione delle sollecitazioni negli elementi, come anche il calcolo delle deformazioni e le verifiche agli Stati Limite Ultimi e di Esercizio sono state condotte tramite il programma FE SCIA ESA PT. Per la valutazione dello stato deformativo e tensionale delle strutture di fondazione è stata modellata l'intera struttura. Modelli parziali della costruzione sono stati implementati per la verifica di parti di essa.

7. Edificio di servizio

7.1 Premessa

L'edificio dei servizio è costituito da una struttura in cemento armato a pianta rettangolare di dimensioni 11,0 m x 7,50 m e altezza 5,00 m. Le fondazioni sono del tipo a platea di spessore costante $s=30$ cm. Le pareti sui quattro lati hanno spessore $s=30$ cm. Il solaio di copertura ha spessore variabile da $s_{\min}=32$ cm a $s_{\max}=38$ cm. All'interno del locale ci sono due pilastri con sezione 35 x35 cm. Una trave in acciaio per la movimentazione dei macchinari completa la struttura portante dell'opera.

7.2 Carichi

Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

7.2.1 Carichi permanenti

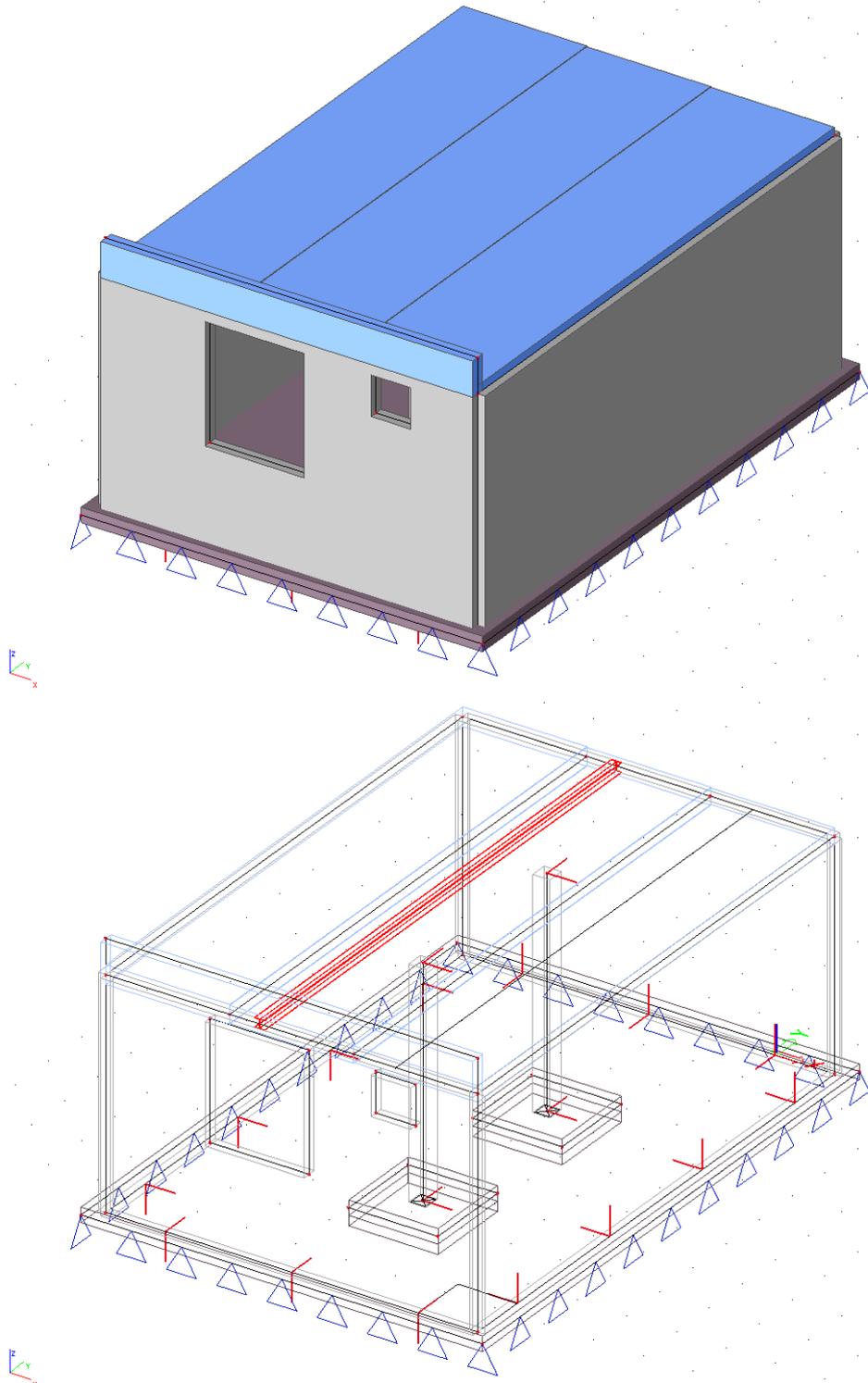
Sovraccarico permanente sul solaio	$g_2 =$	2,50 kN/m ²
Sovraccarico permanente terreno sul solaio di copertura	$g_3 = 19 \times 0,5 =$	9,50 kN/m ²

7.2.2 Carichi variabili

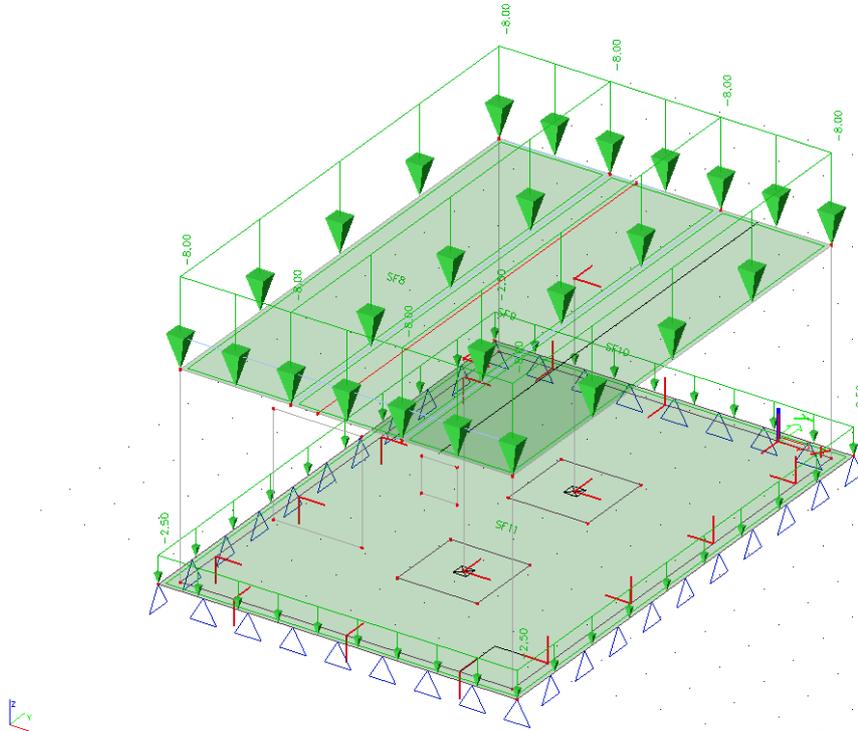
Sovraccarico variabile di servizio	$q_1 =$	5,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile sul solaio di copertura	$q_2 =$	16,70 kN/m ²
Sovraccarico variabile neve	$q_3 =$	1,70 kN/m ²

7.3 Modello di calcolo e carichi applicati

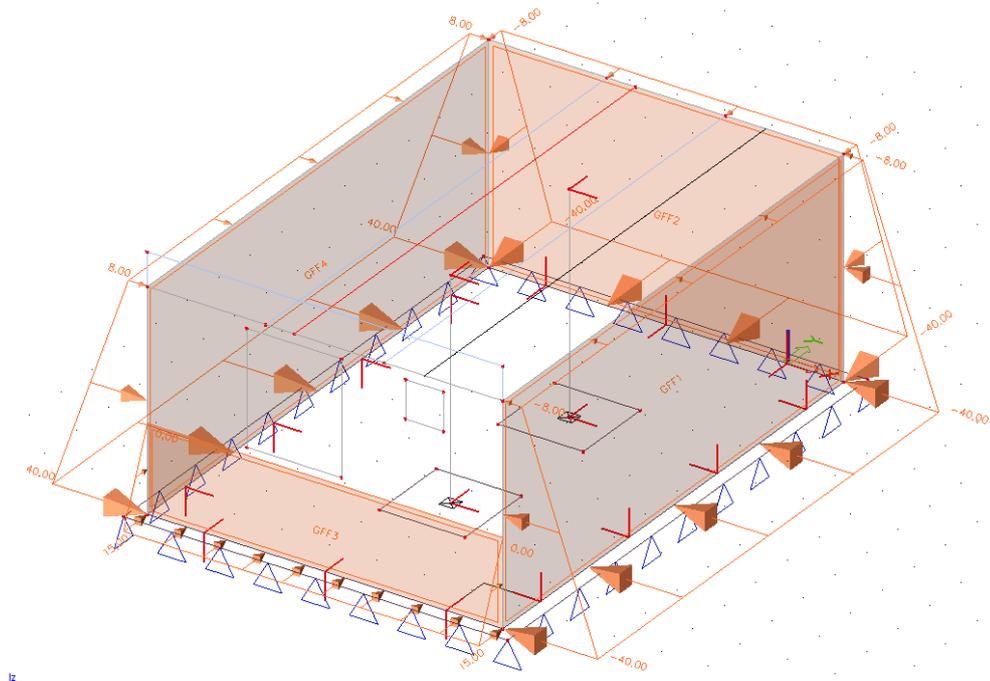
7.3.1 Modello di calcolo



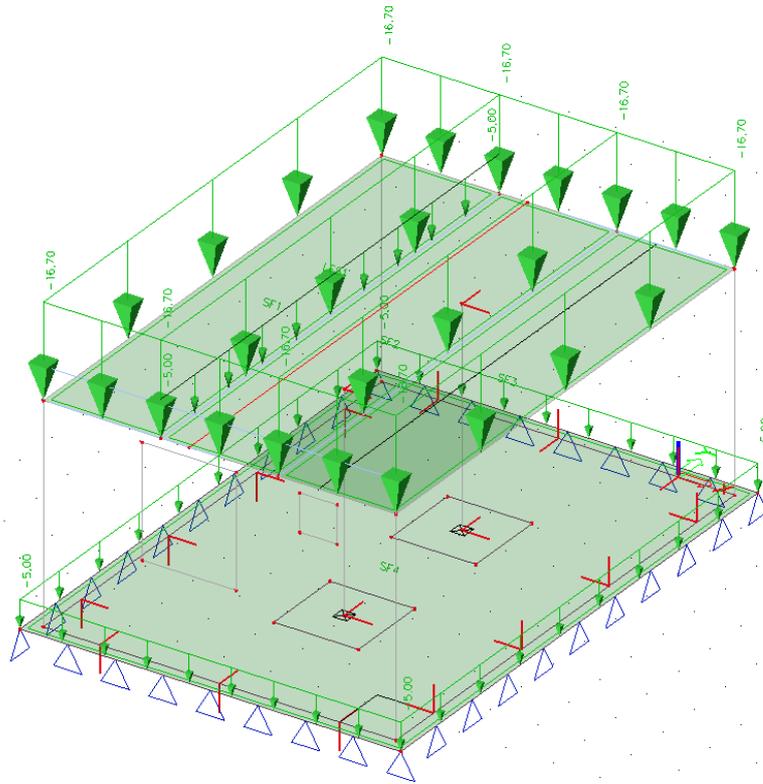
7.3.2 Carichi applicati



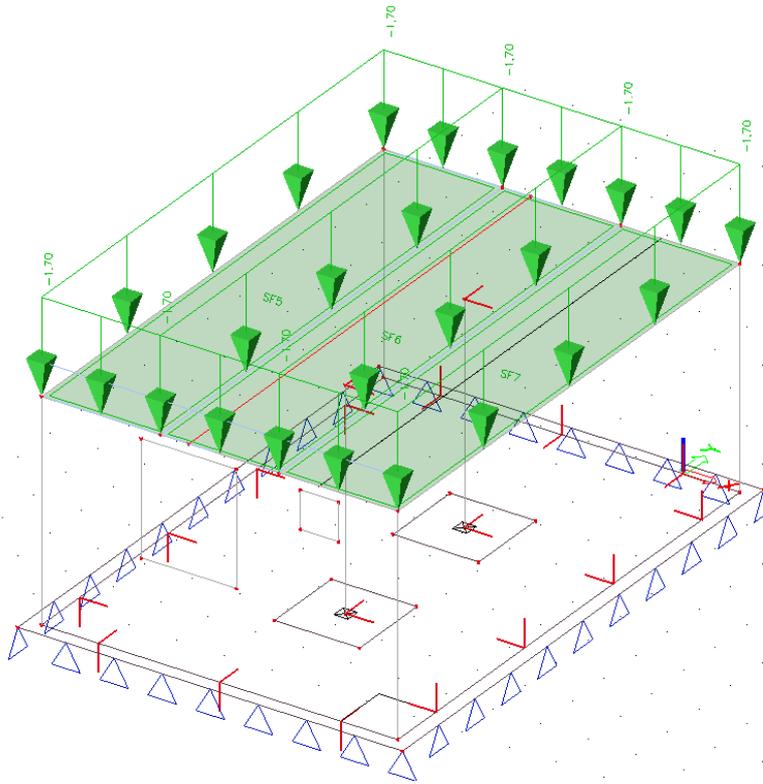
Sovraccarichi permanenti.



Sovraccarico permanente spinta del terreno.



Sovraccarichi variabili di servizio.

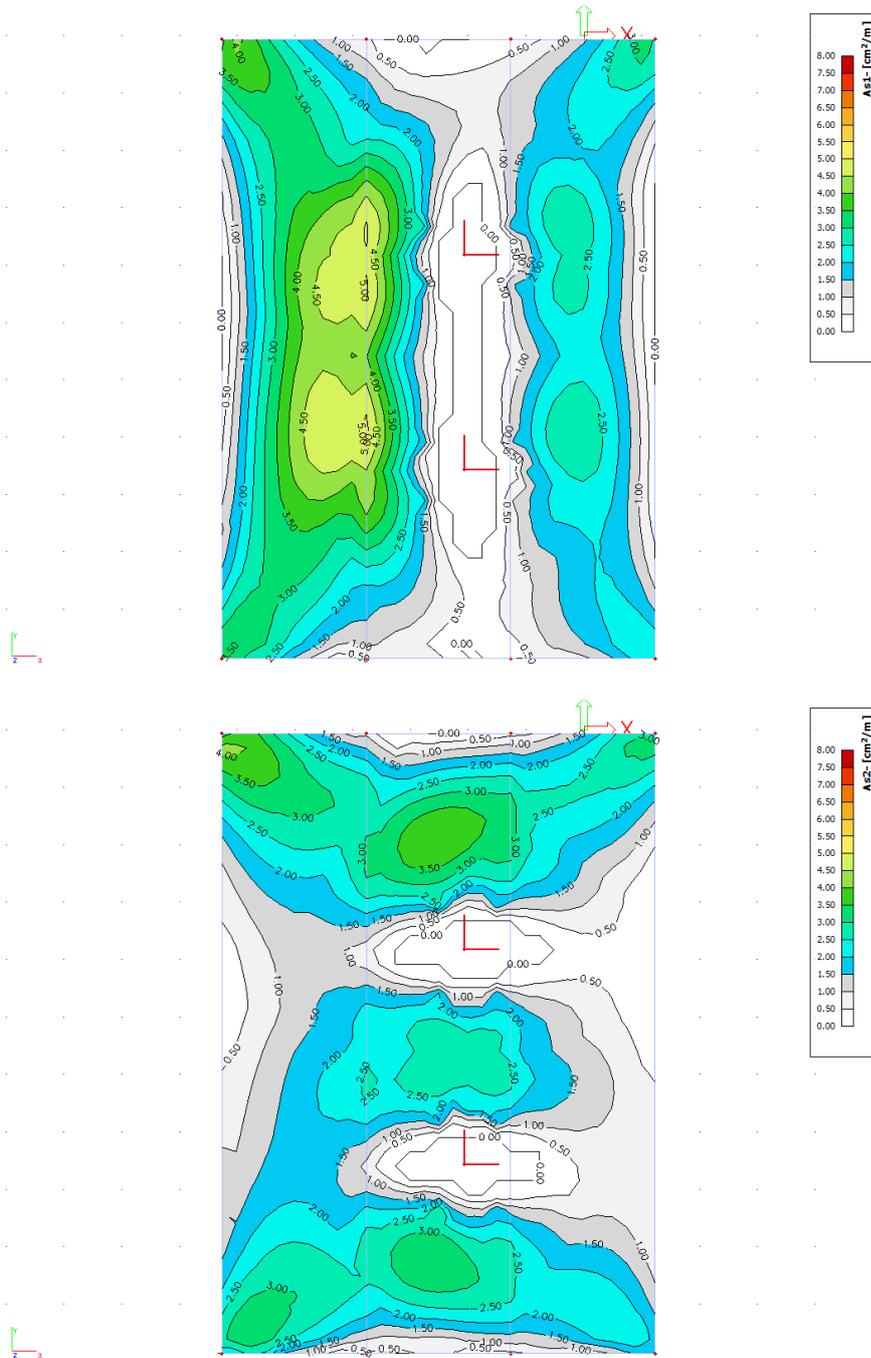


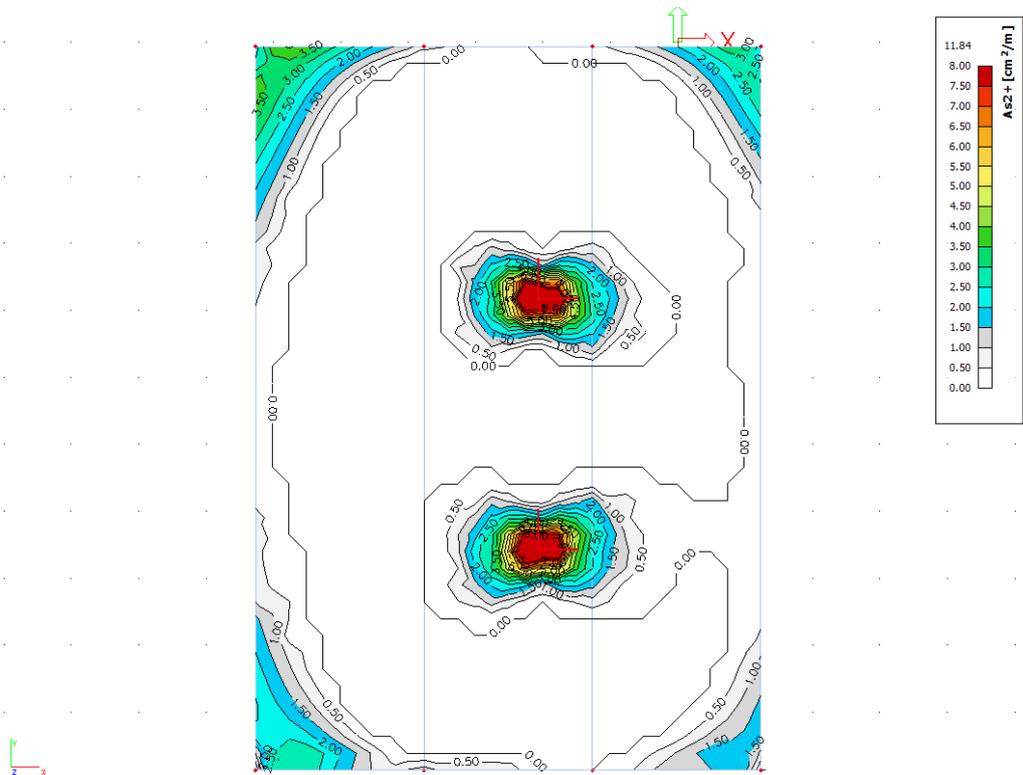
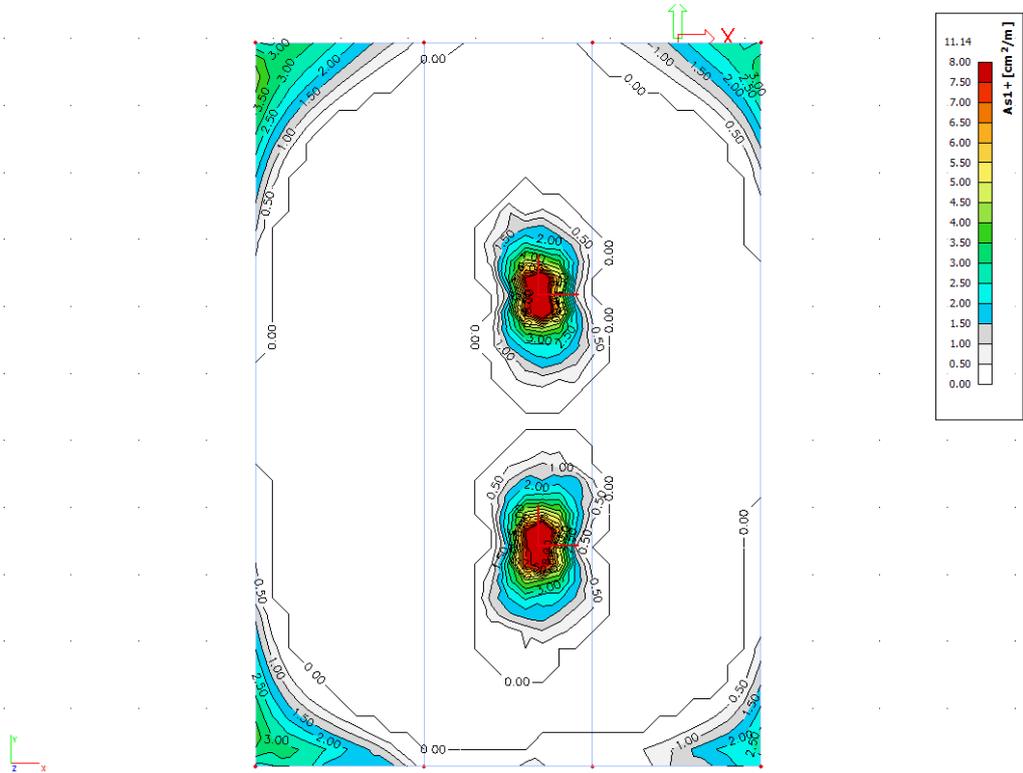
Sovraccarico variabile neve.

7.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

7.4.1 Solaio di copertura

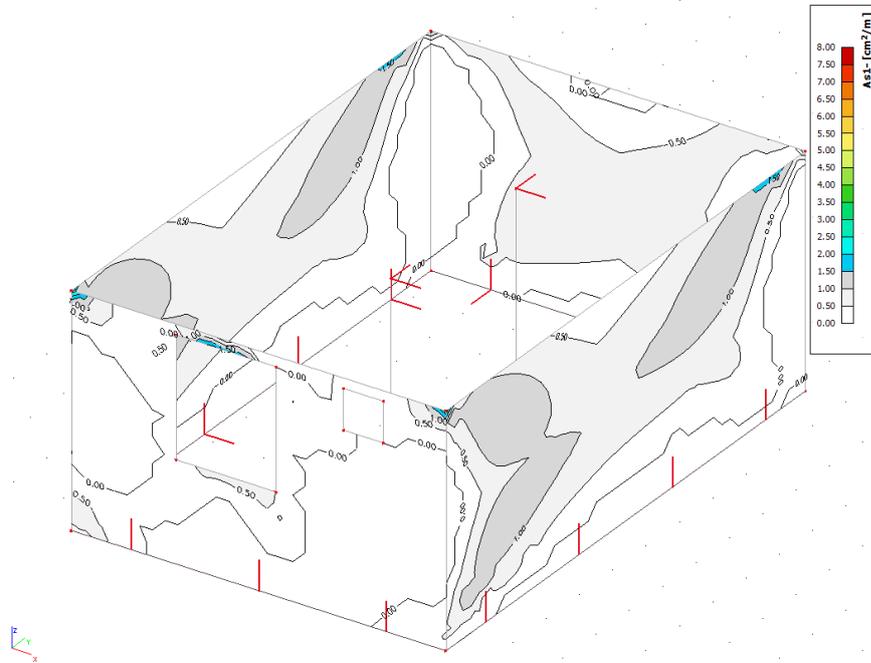
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



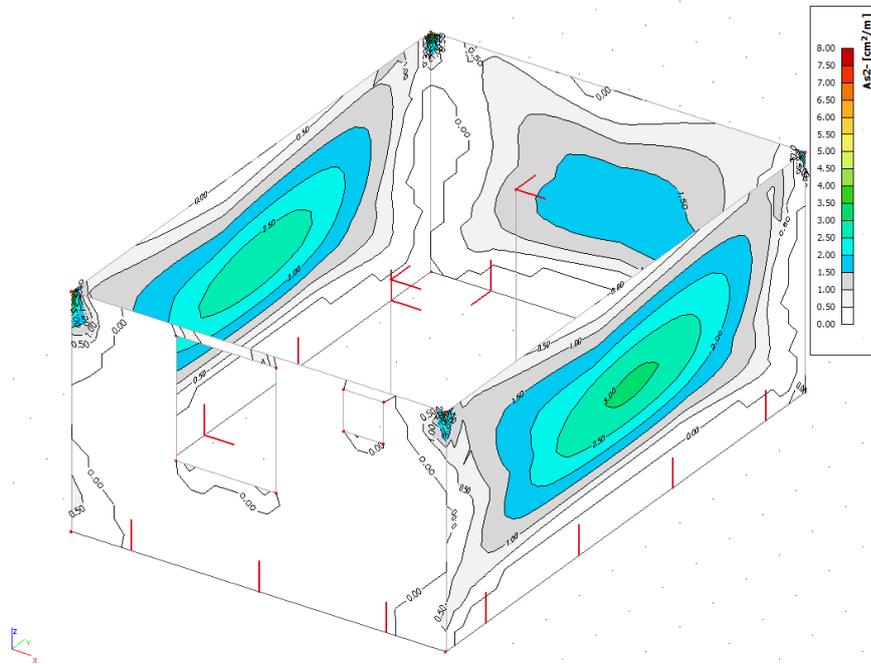


7.4.2 Pareti

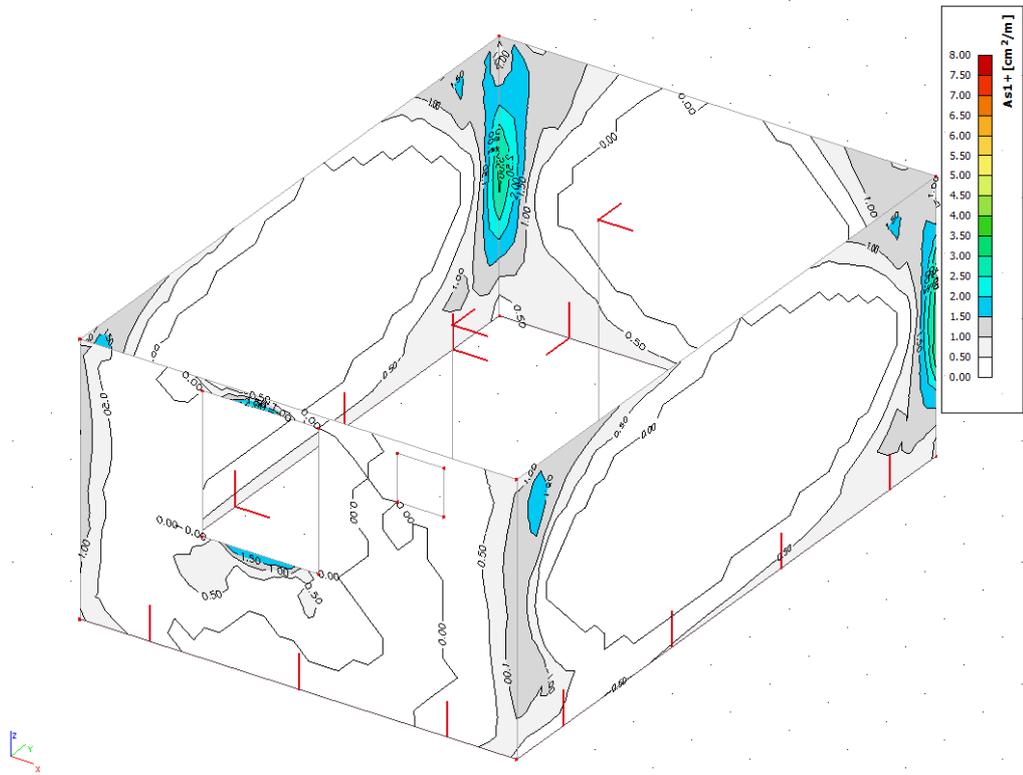
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sul lato interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



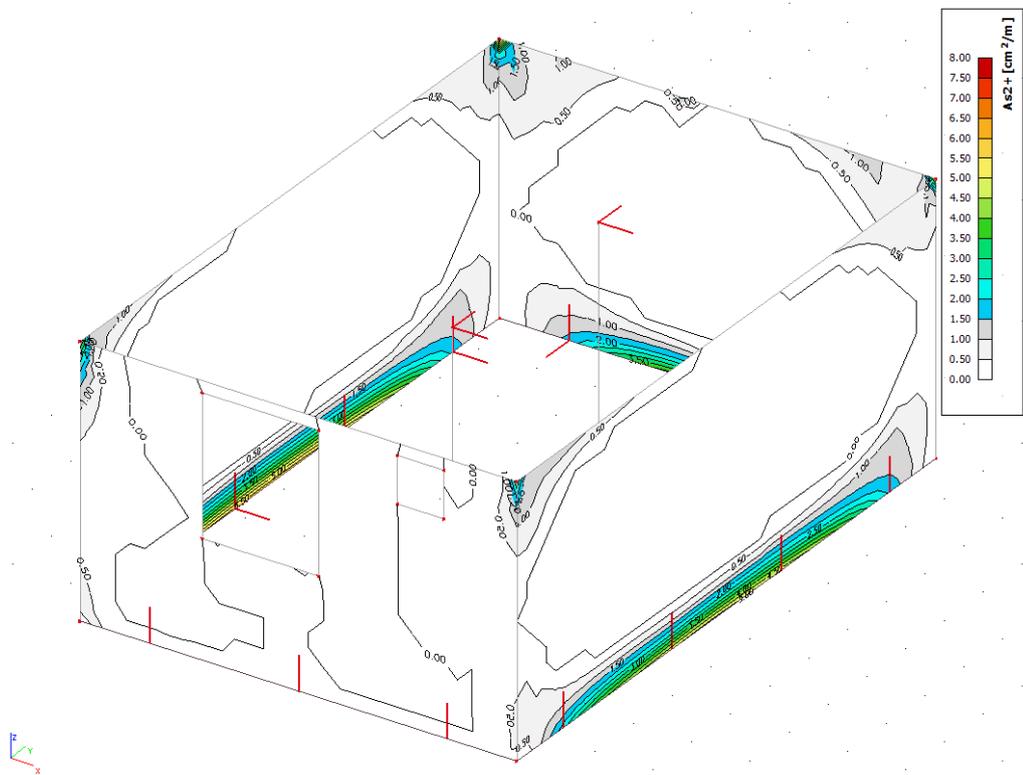
Armatura orizzontale sul lato interno,



Armatura verticale sul lato interno,



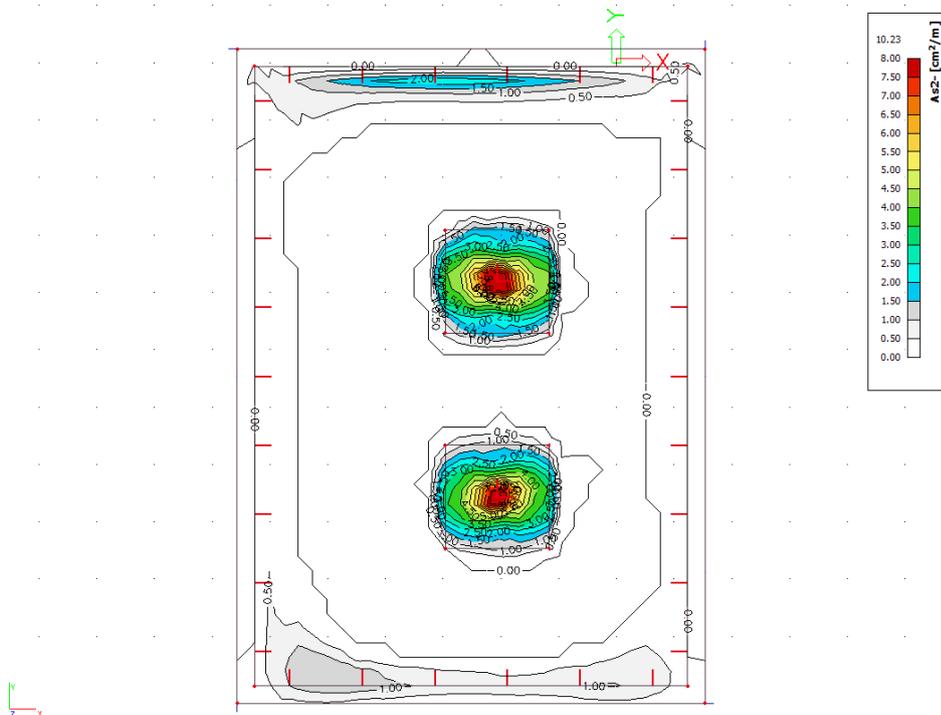
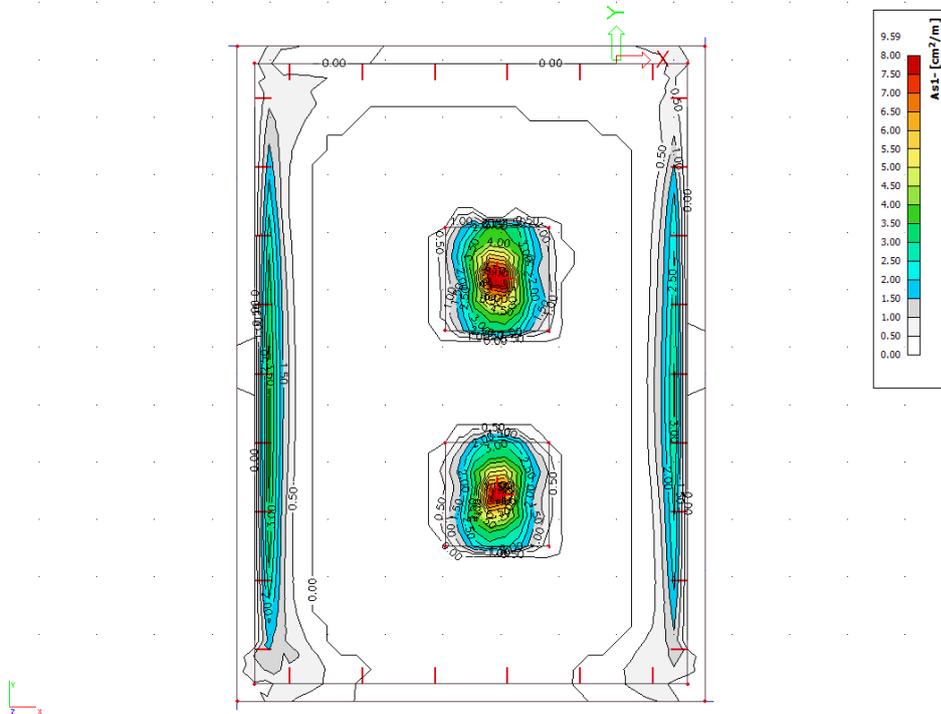
Armatura orizzontale sul lato esterno.

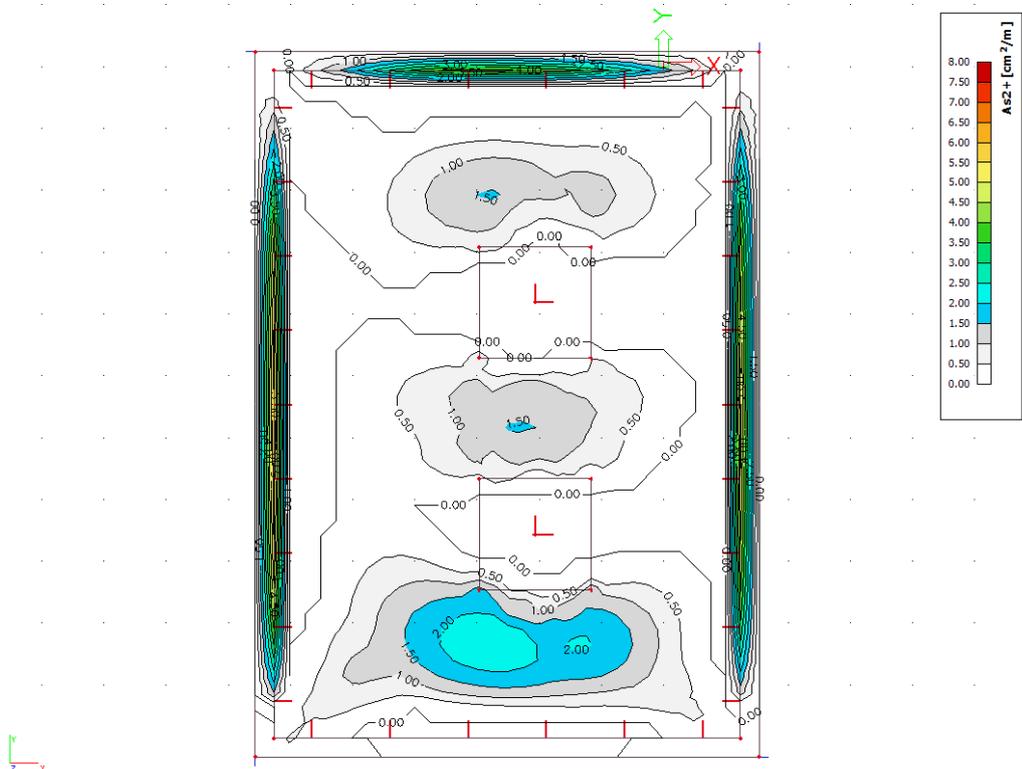
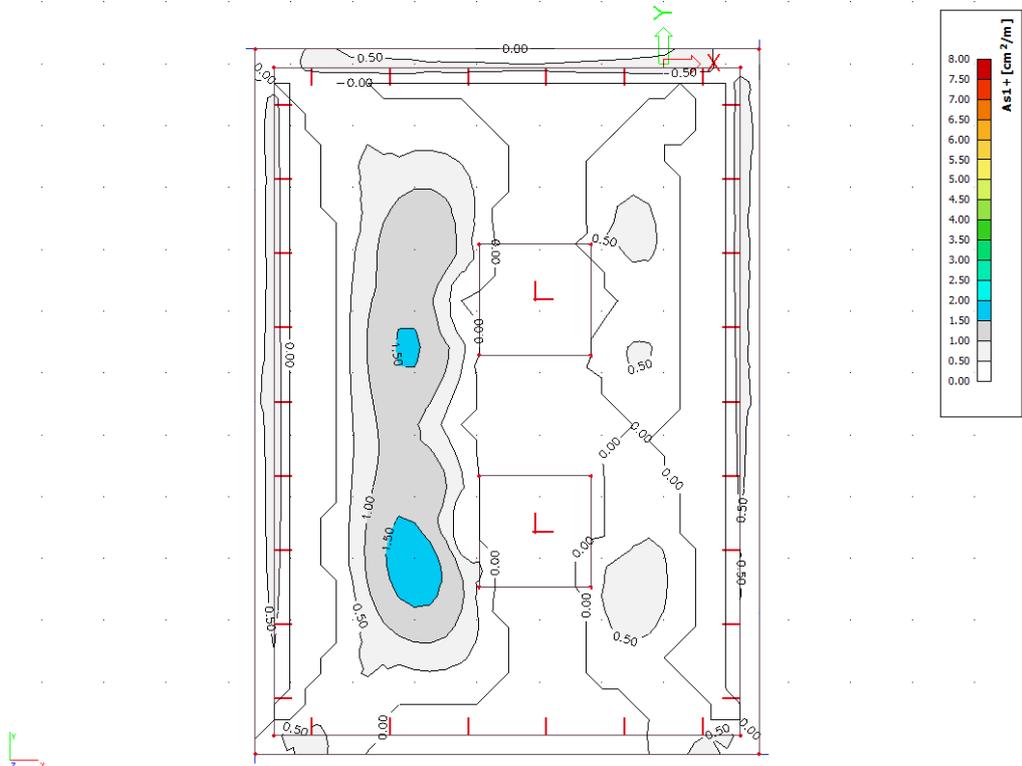


Armatura verticale sul lato esterno.

7.4.3 Fondazioni

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

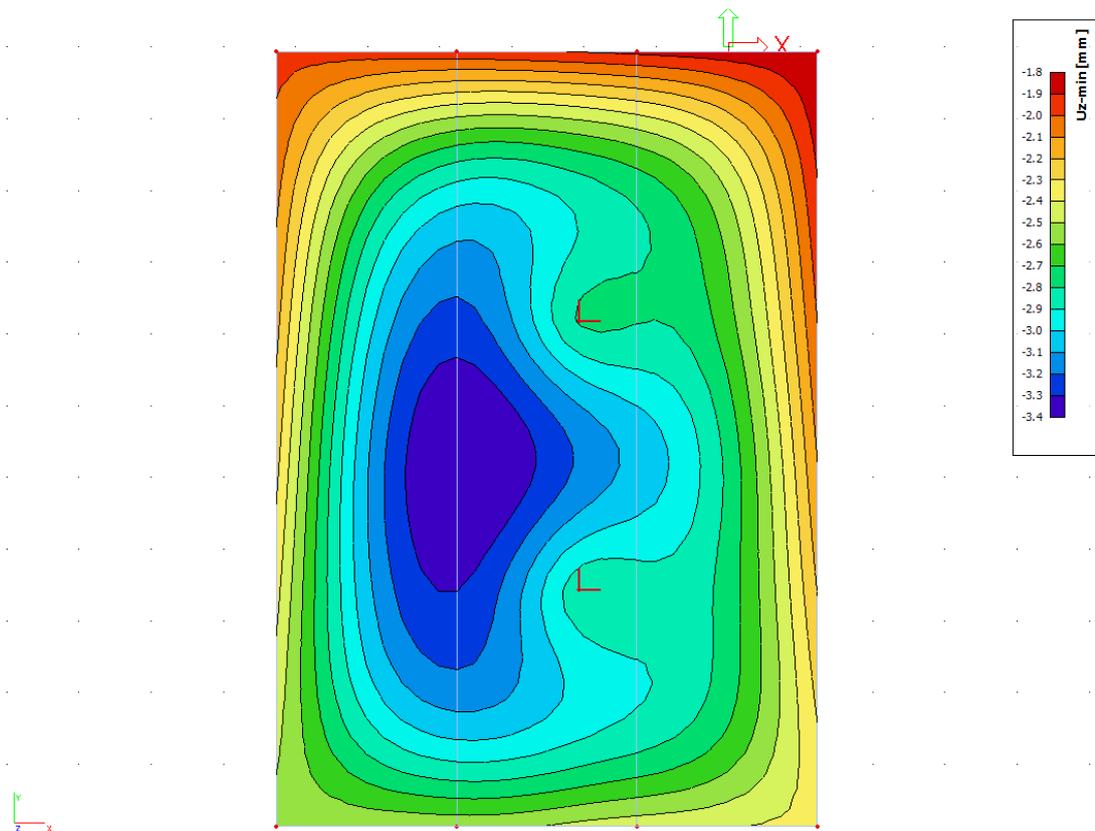




7.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

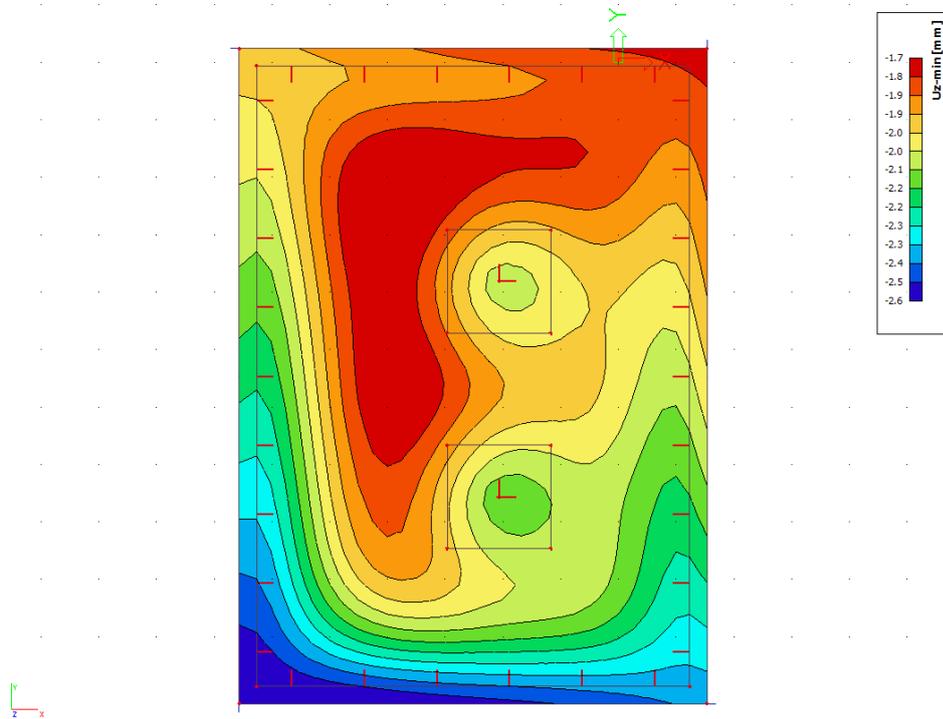
7.5.1 Solaio di copertura

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali del solaio di copertura, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=3,4$ mm. Lo spostamento a lungo termine è circa 4 volte quello istantaneo e risulta circa 12 mm, valore che si ritiene accettabile.



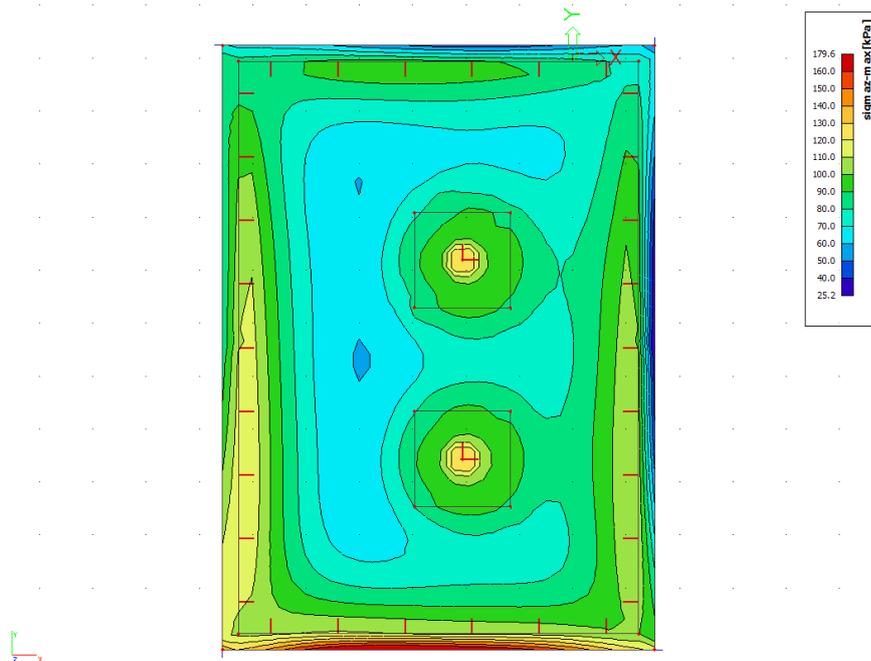
7.5.2 Platea di fondazione

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali della platea, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=2,6$ mm.



7.6 Pressioni sul terreno

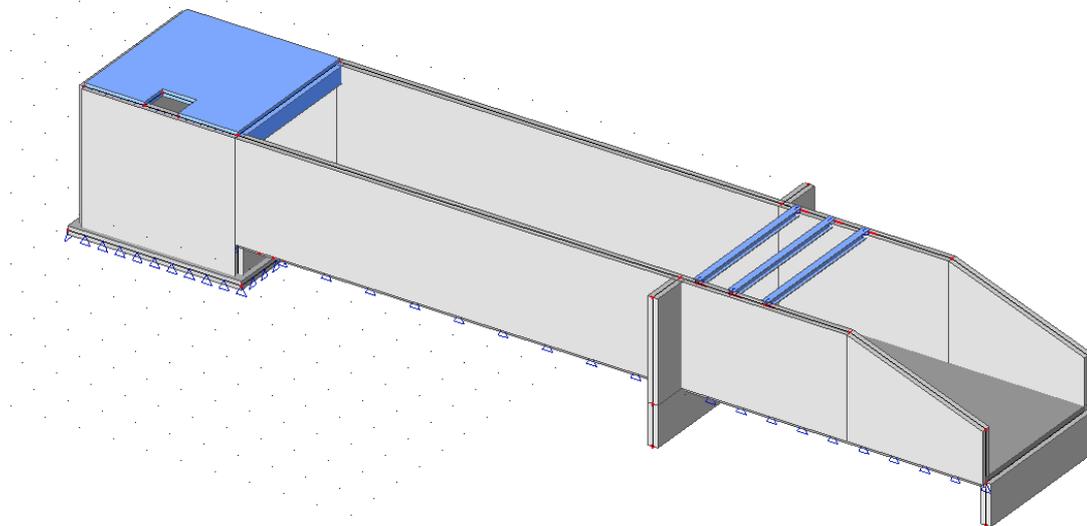
Si riportano di seguito, in forma grafica, le pressioni sul terreno, per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. La pressione massima è $q_{max}=180 \text{ kN/m}^2$.



8. Sfioratore di superficie

8.1 Premessa

Si tratta di una struttura realizzata in calcestruzzo armato normale. È costituita da platee di fondazioni, muri e solai. Sul canale sono posizionate tre travi che realizzano la struttura portante di un ponticello.



Gli spessori degli elementi sono i seguenti:

- platea vano chiuso $s=25$ cm;
- platea canale $s=30$ cm;
- muri vano $s=25$ cm;
- muri canale $s=30$ cm;
- setti $s=30$ cm;
- solaio $s=20$ cm;
- travi ponte HEB 200 (acciaio 235).

Tutti gli elementi in calcestruzzo appartengono alla classe C25/30.

8.2 Carichi

Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

8.2.1 Carichi permanenti

Peso e spinta del terreno

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

Peso impalcato (oltre le travi principali) $g_2 = 16,70 \text{ kN/m}^2$

8.2.2 Carichi variabili

Peso e spinta dell'acqua

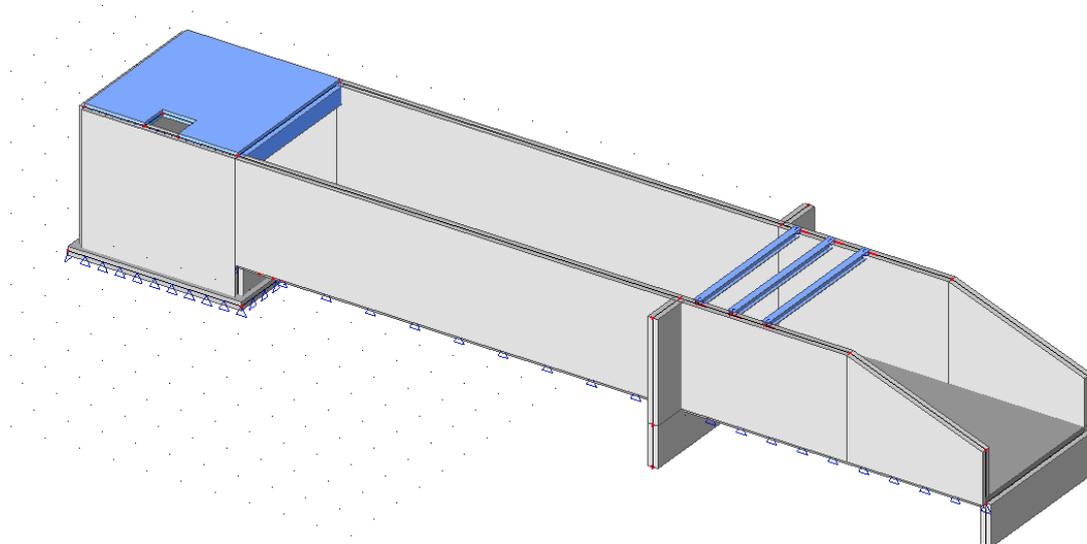
Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10 \text{ kN/m}^3$.

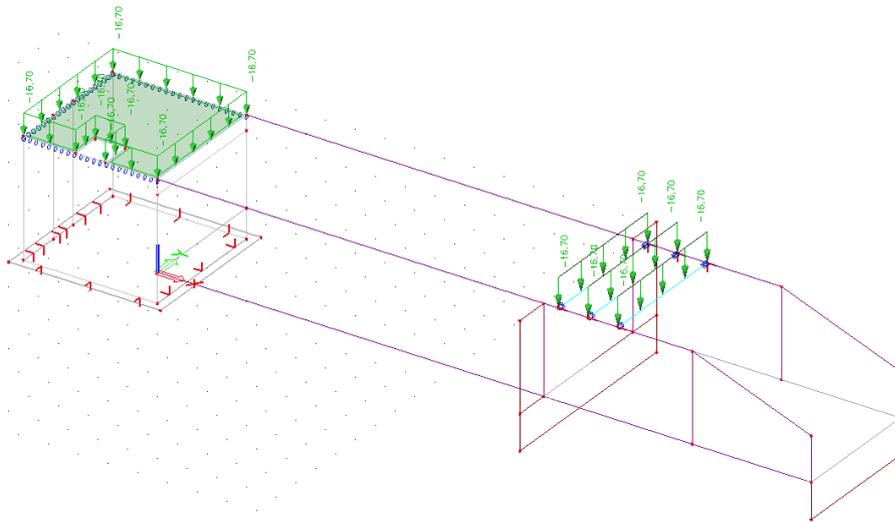
Carico variabile sul ponte $q_1 = 16,70 \text{ kN/m}^2$

Carico neve $q_2 = 1,70 \text{ kN/m}^2$

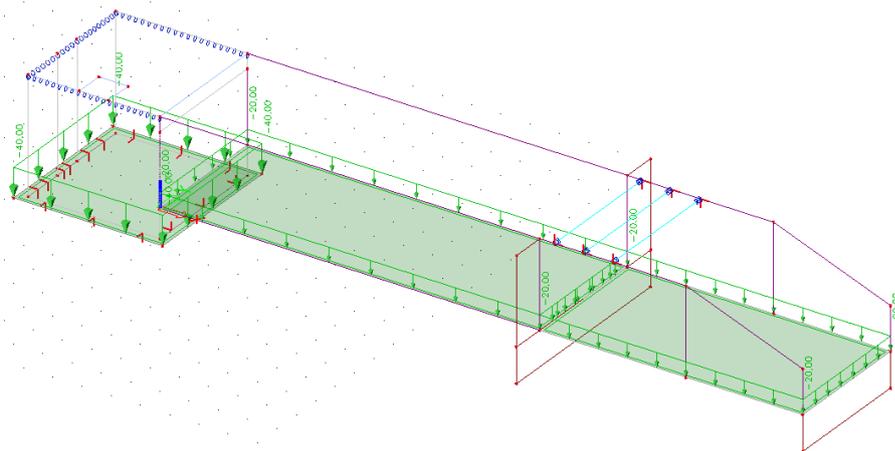
8.3 Modello di calcolo e carichi applicati

8.3.1 Modello di calcolo

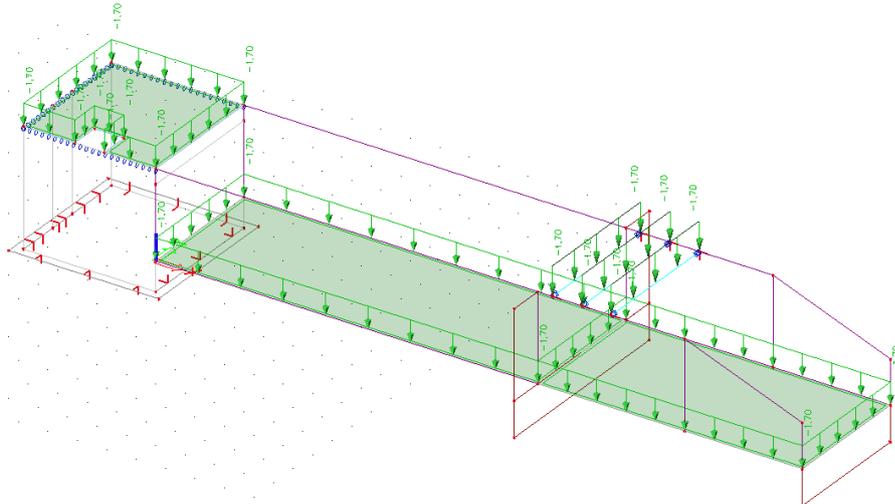




Sovraccarico variabile solai.



Sovraccarico variabile acqua.

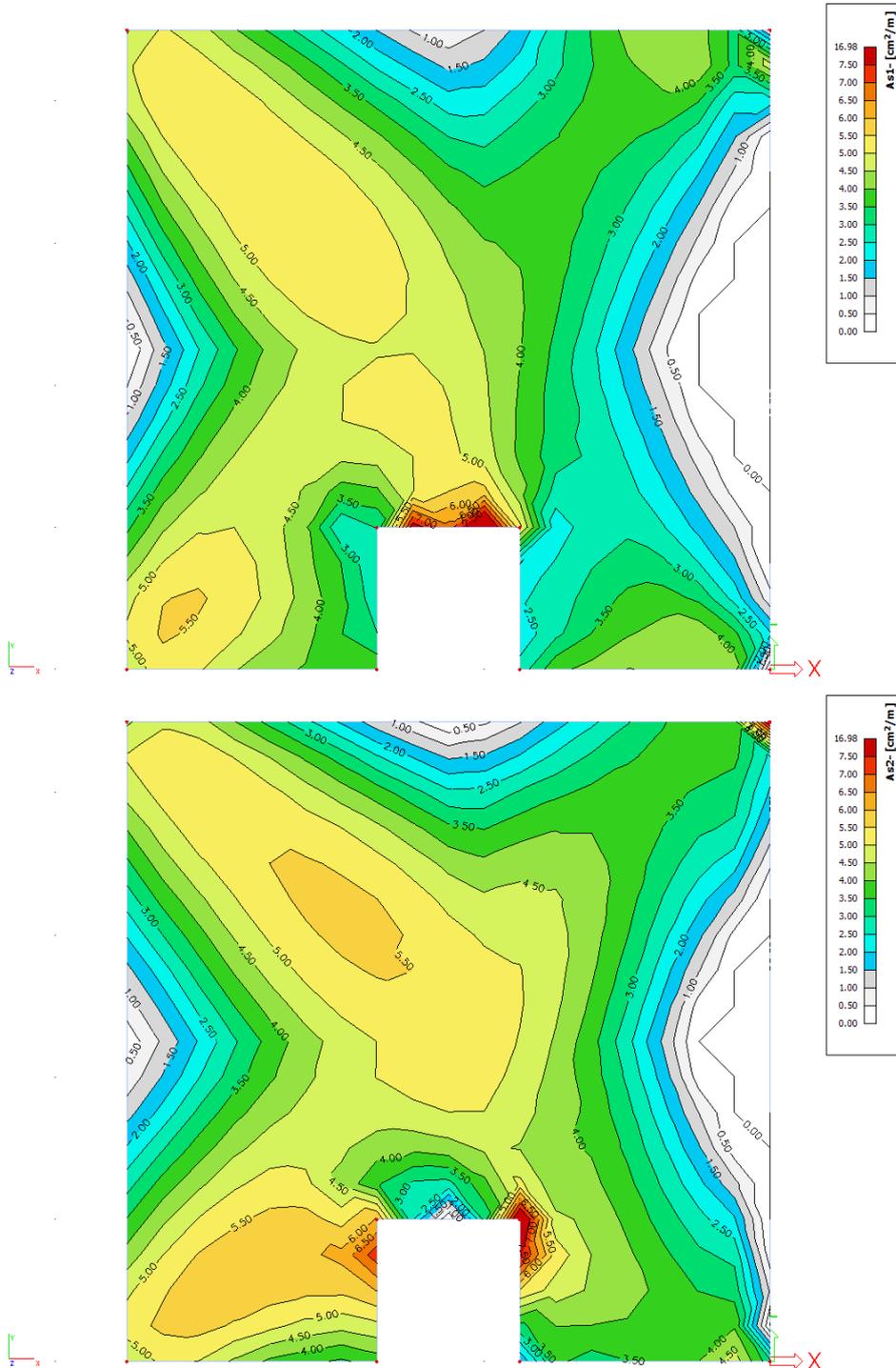


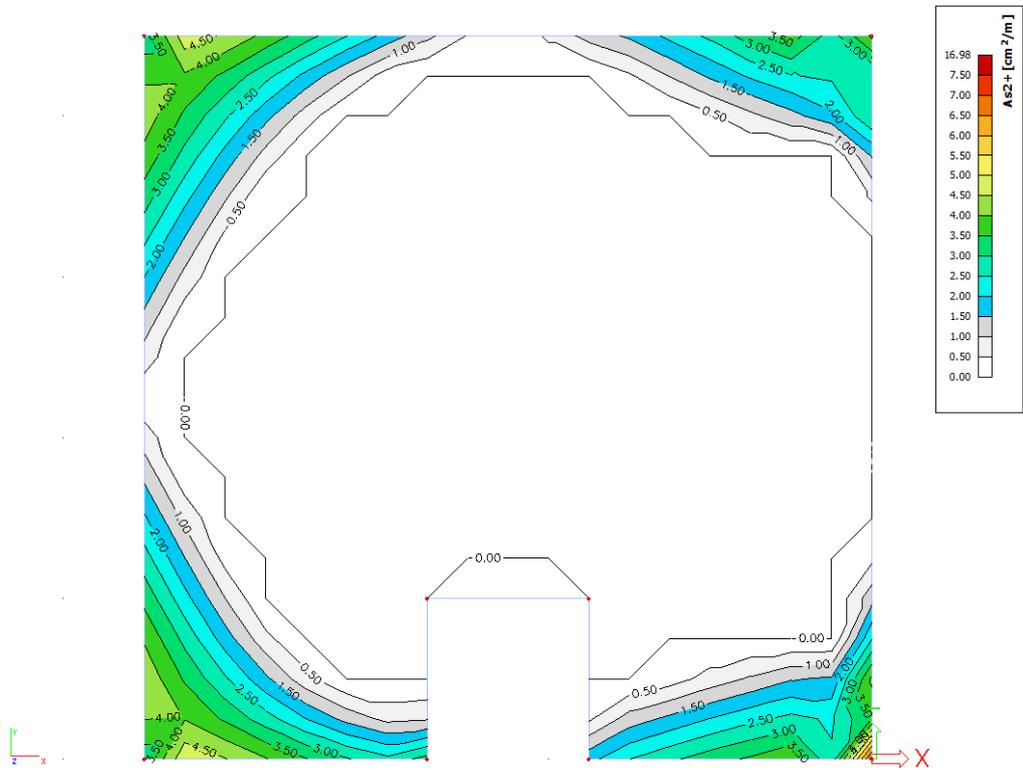
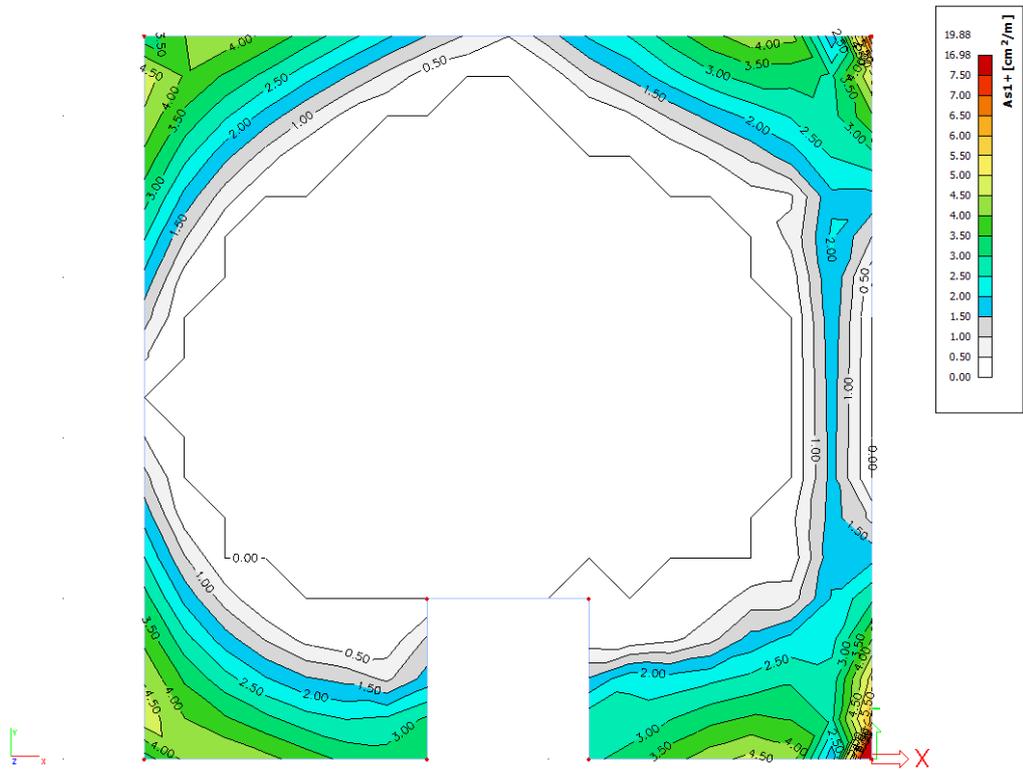
Sovraccarico variabile neve.

8.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

8.4.1 Solai

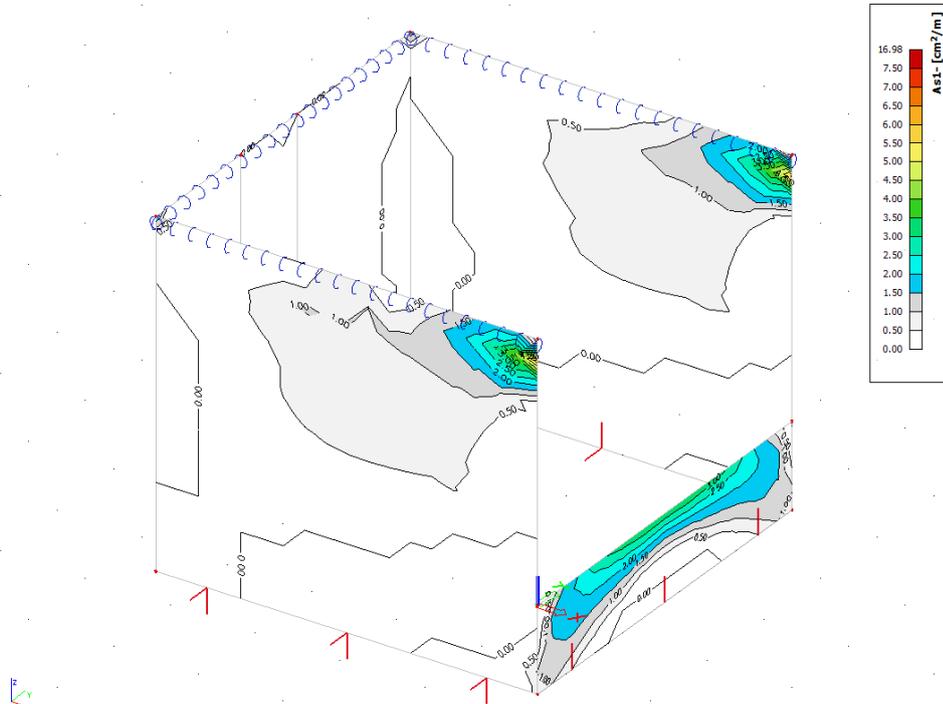
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



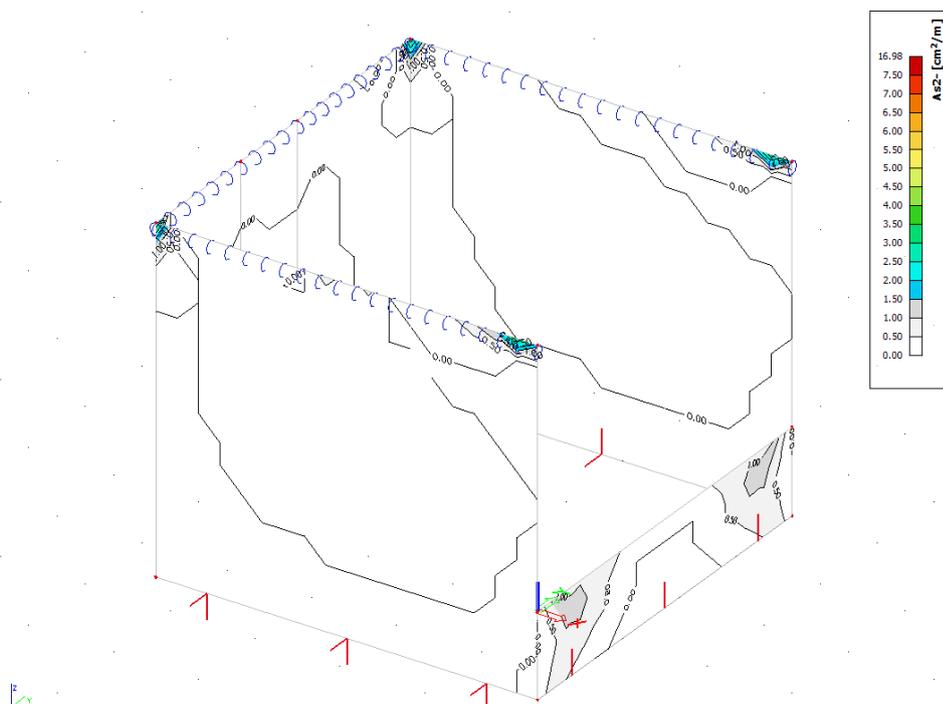


8.4.2 Pareti

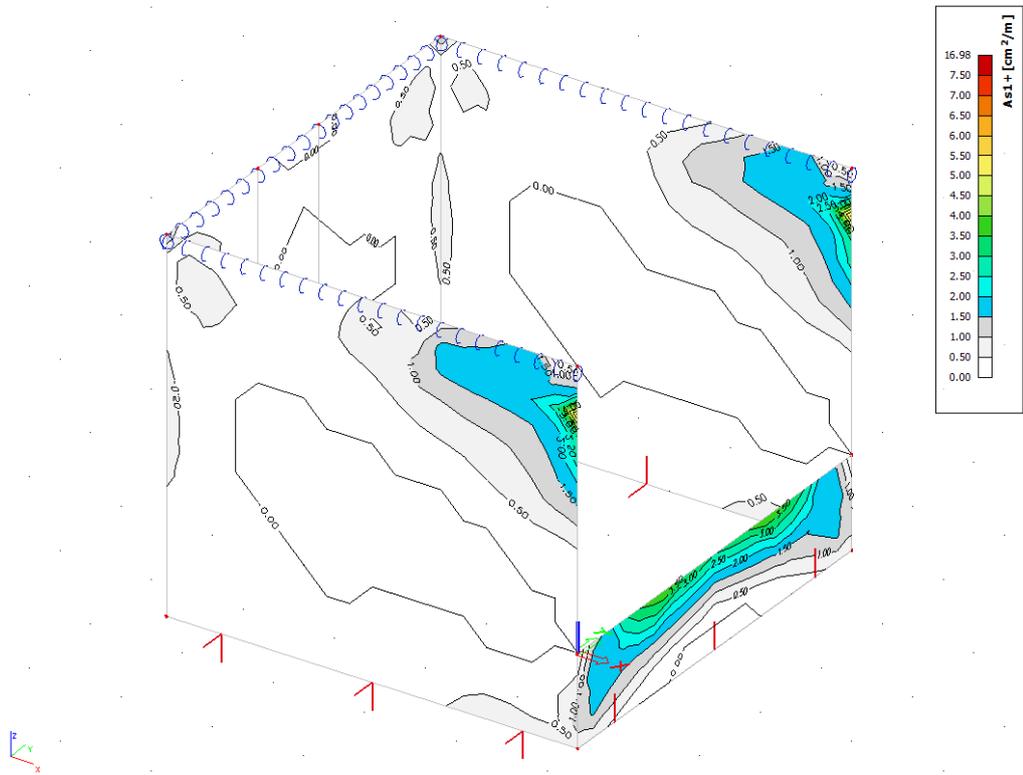
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sul lato interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



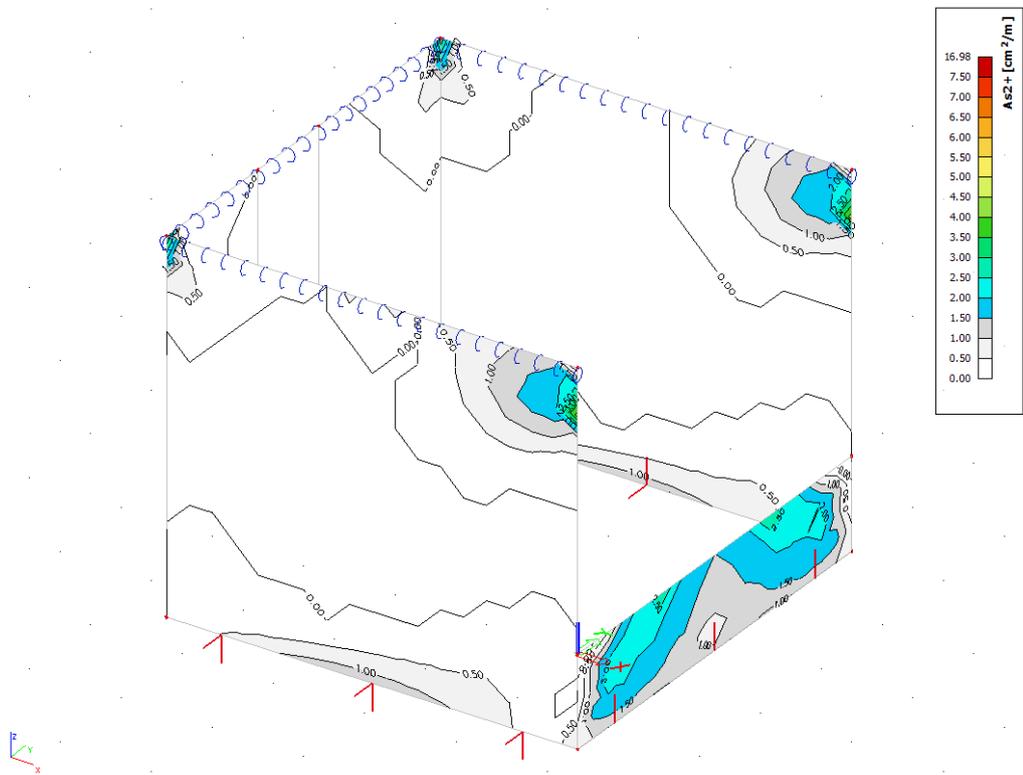
Armatura orizzontale sul lato interno,



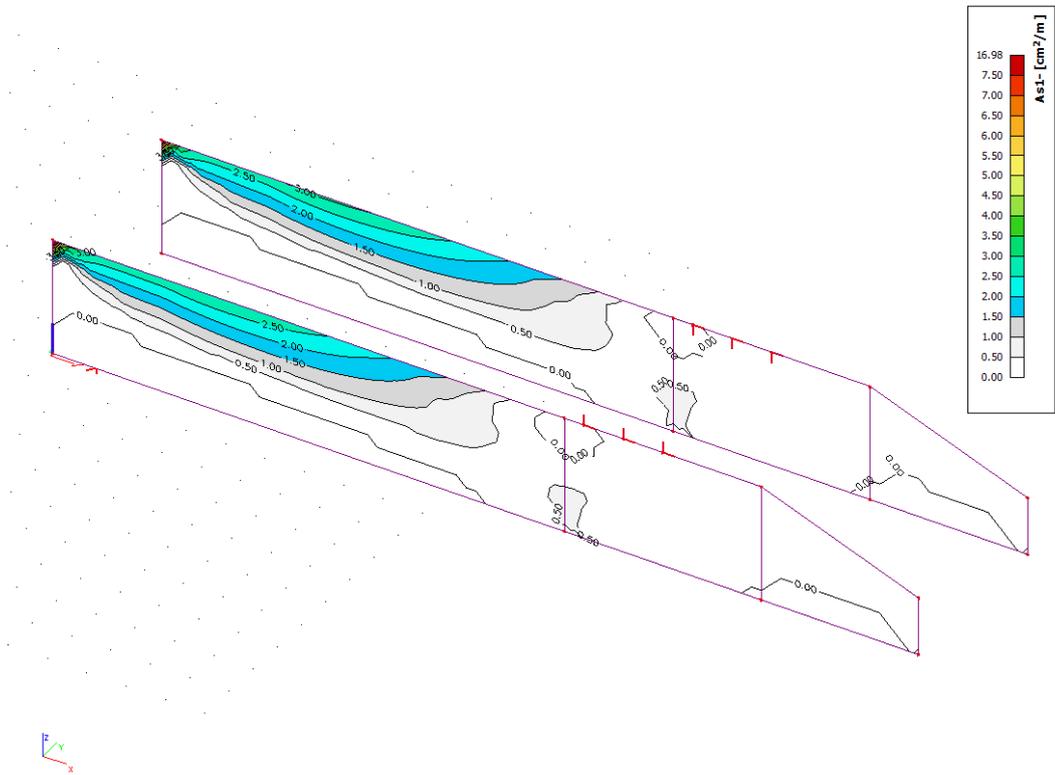
Armatura verticale sul lato interno,



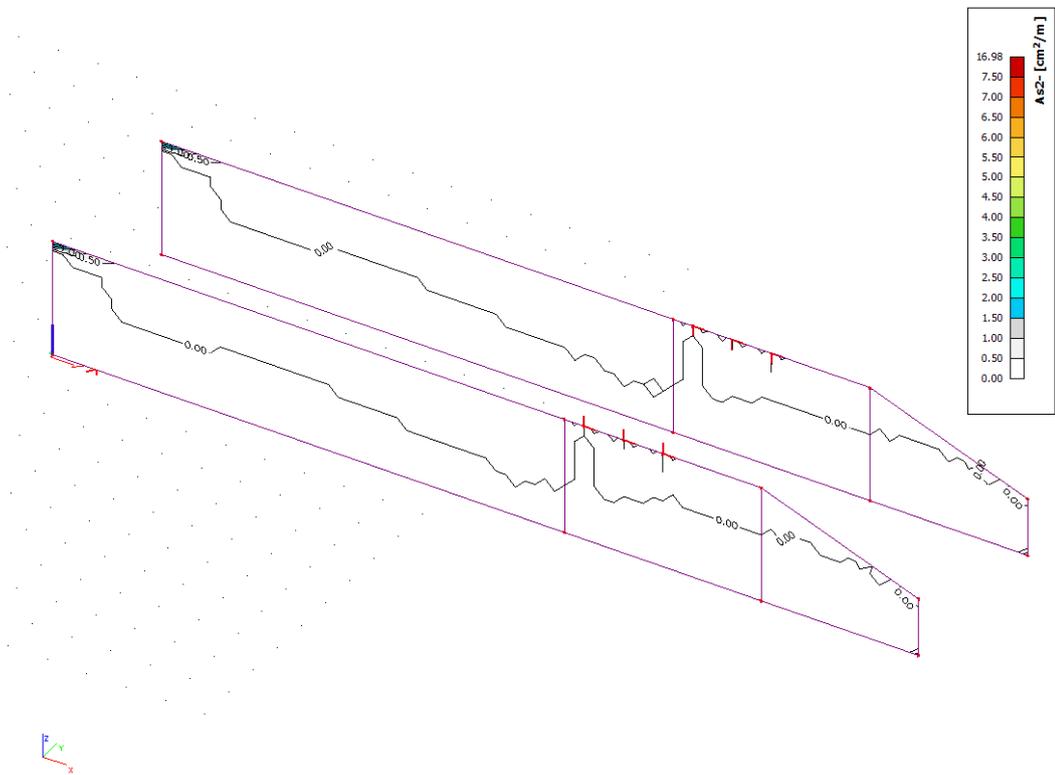
Armatura orizzontale sul lato esterno.



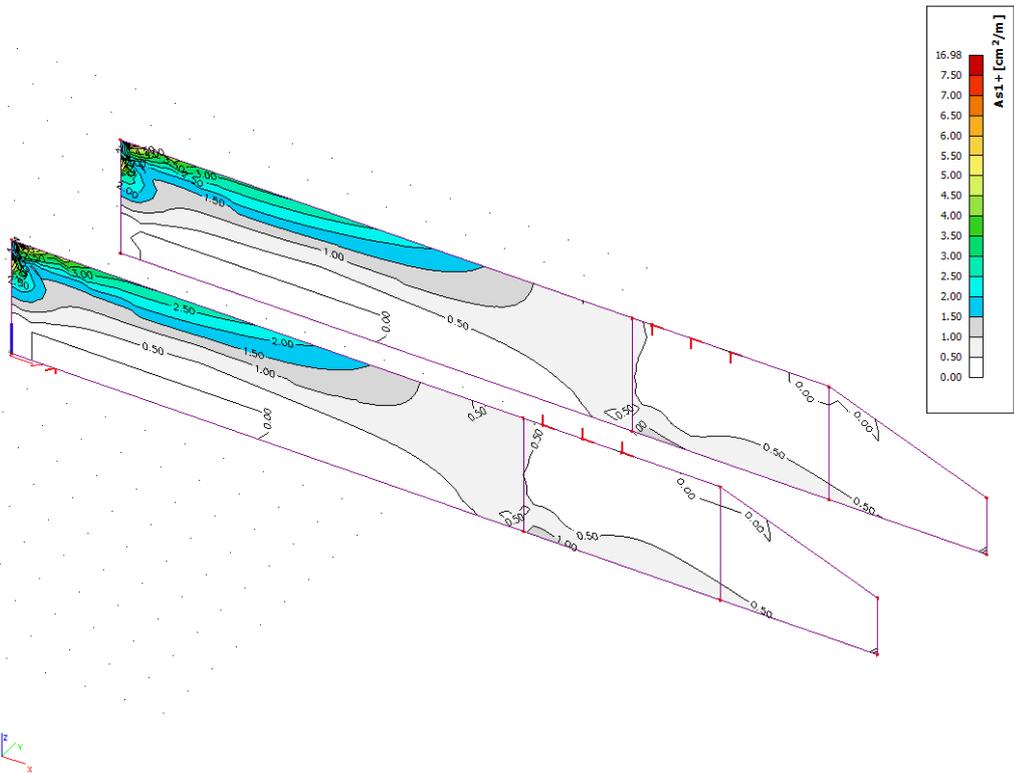
Armatura verticale sul lato esterno.



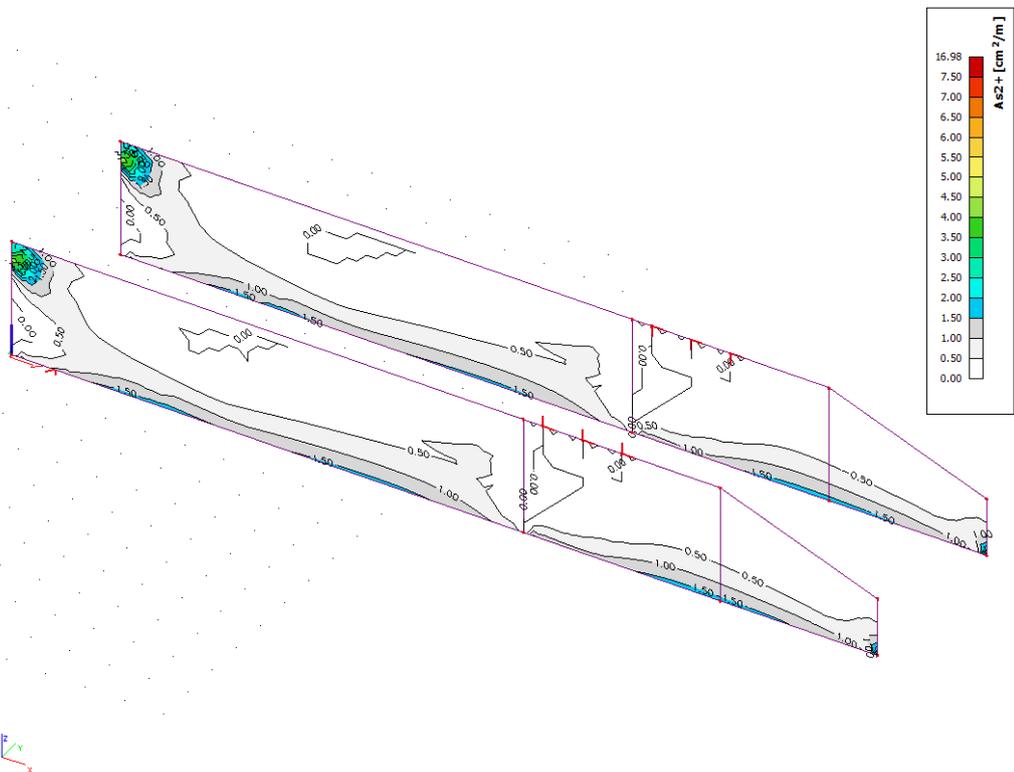
Armatura orizzontale sul lato interno,



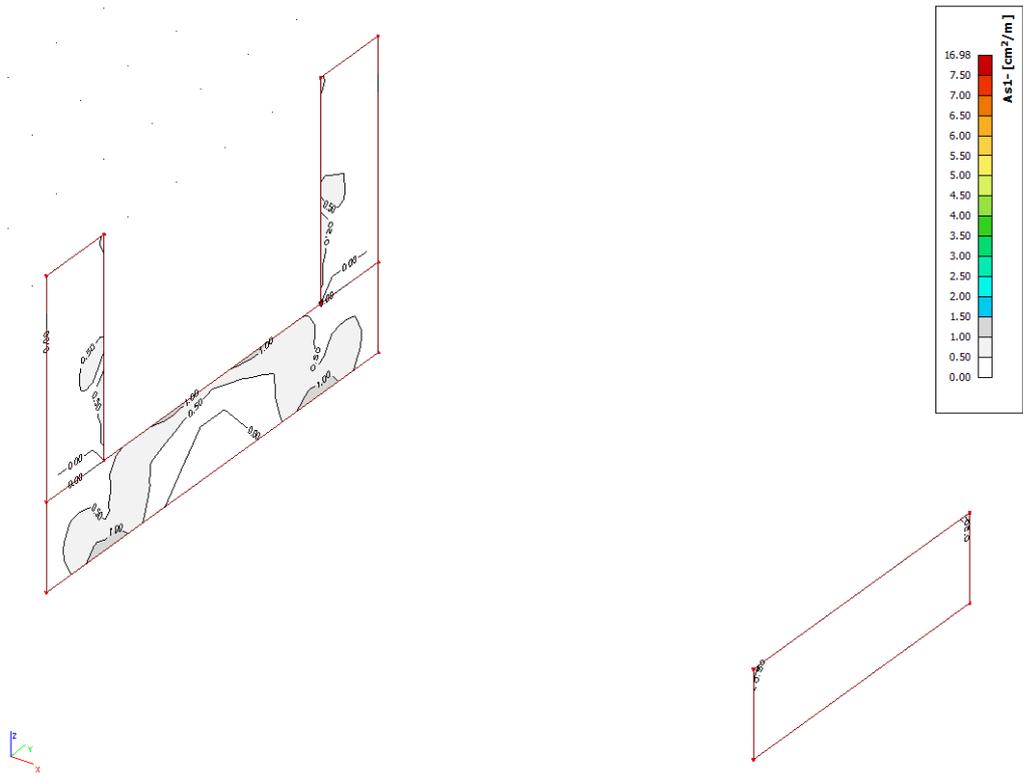
Armatura verticale sul lato interno,



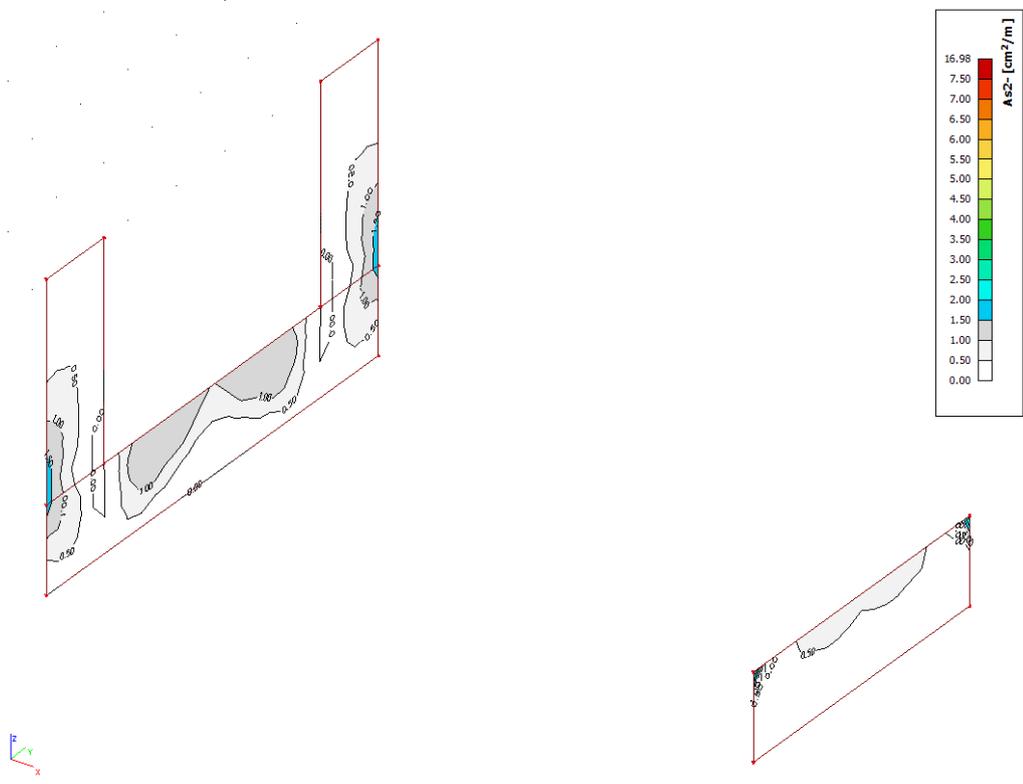
Armatura orizzontale sul lato esterno.



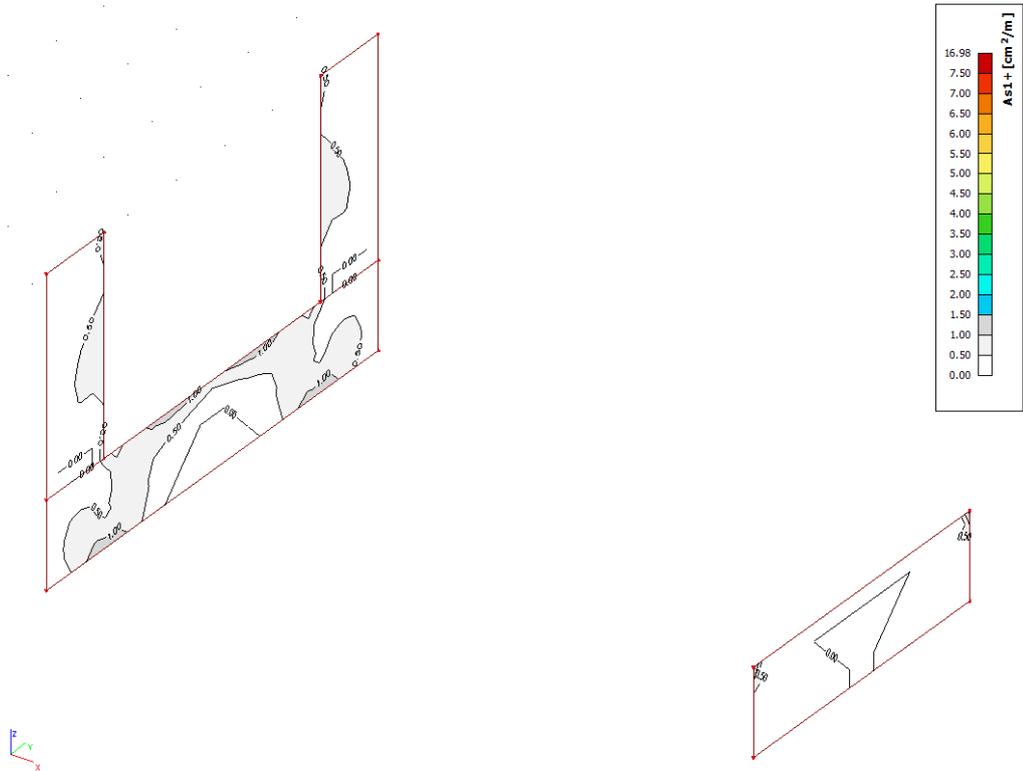
Armatura verticale sul lato esterno.



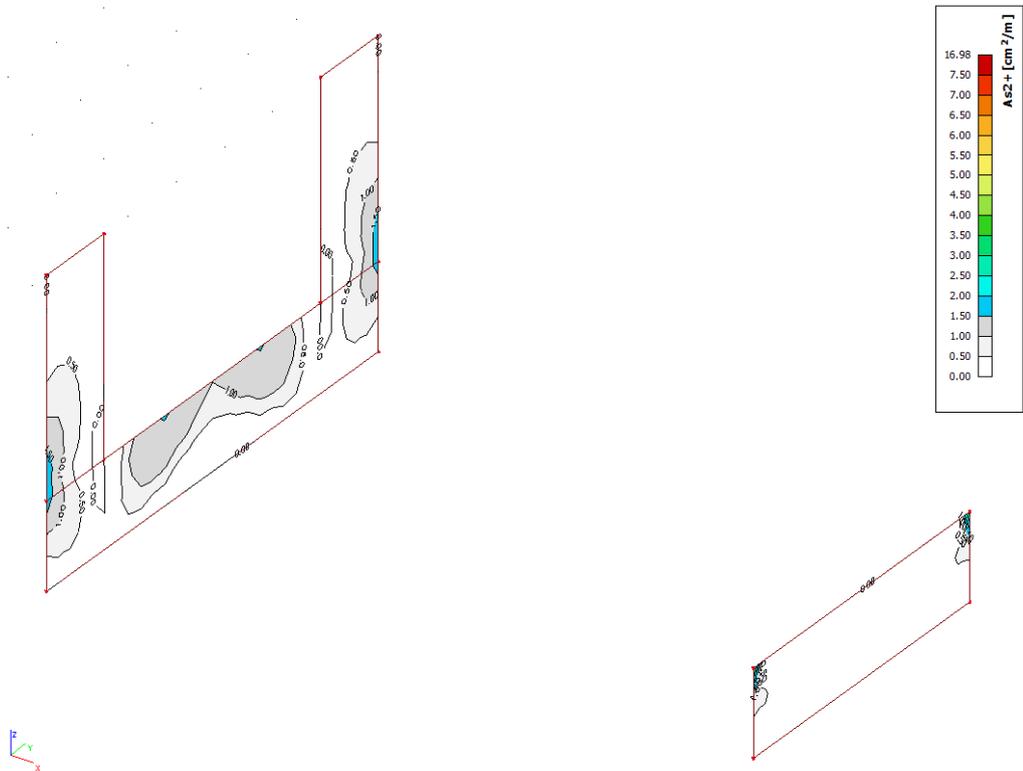
Armatura orizzontale sul lato interno,



Armatura verticale sul lato interno,



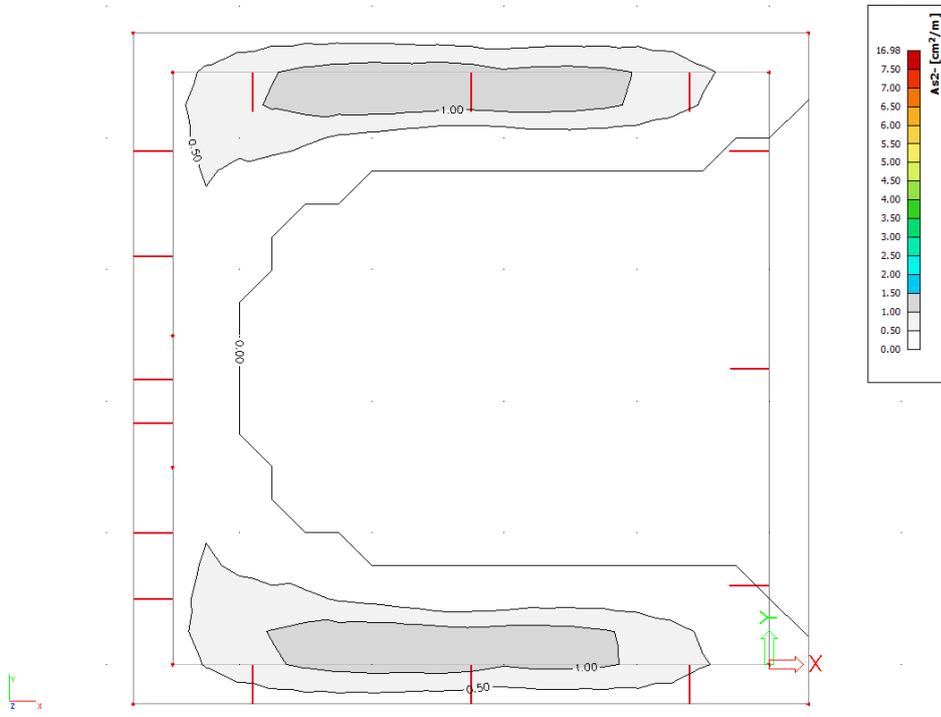
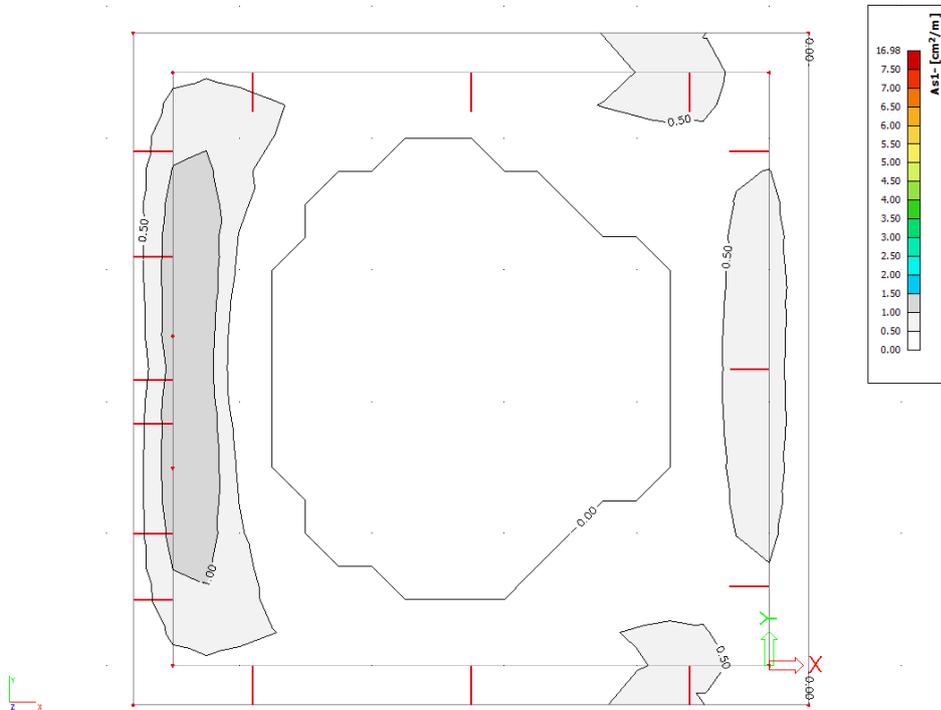
Armatura orizzontale sul lato esterno.

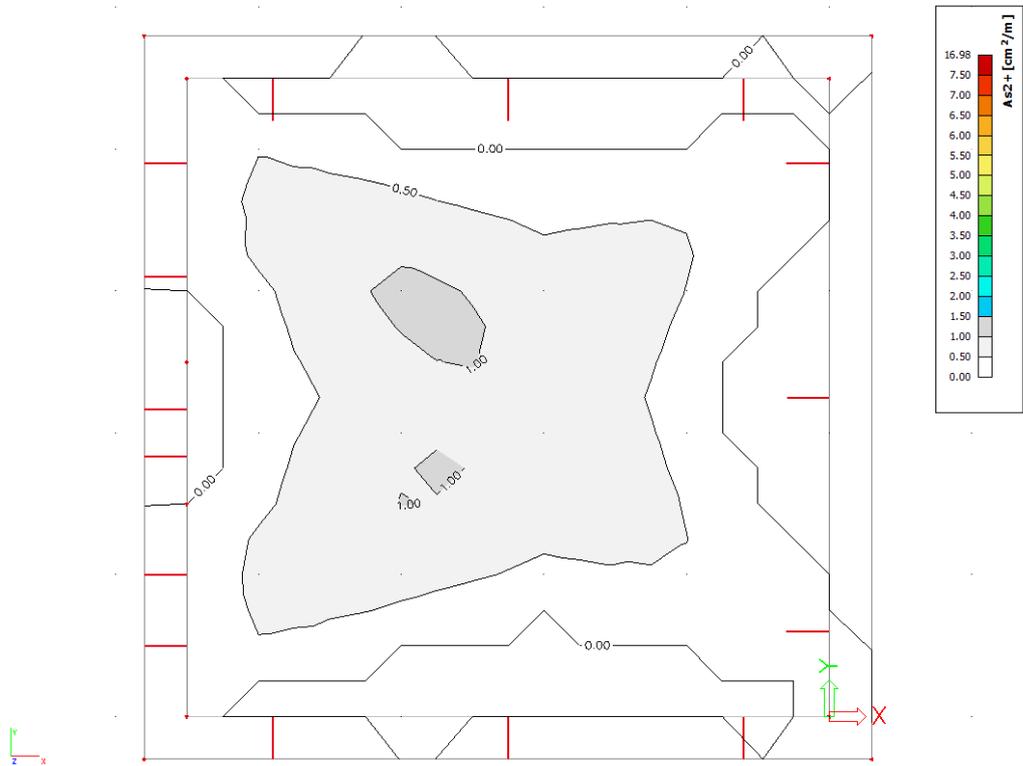
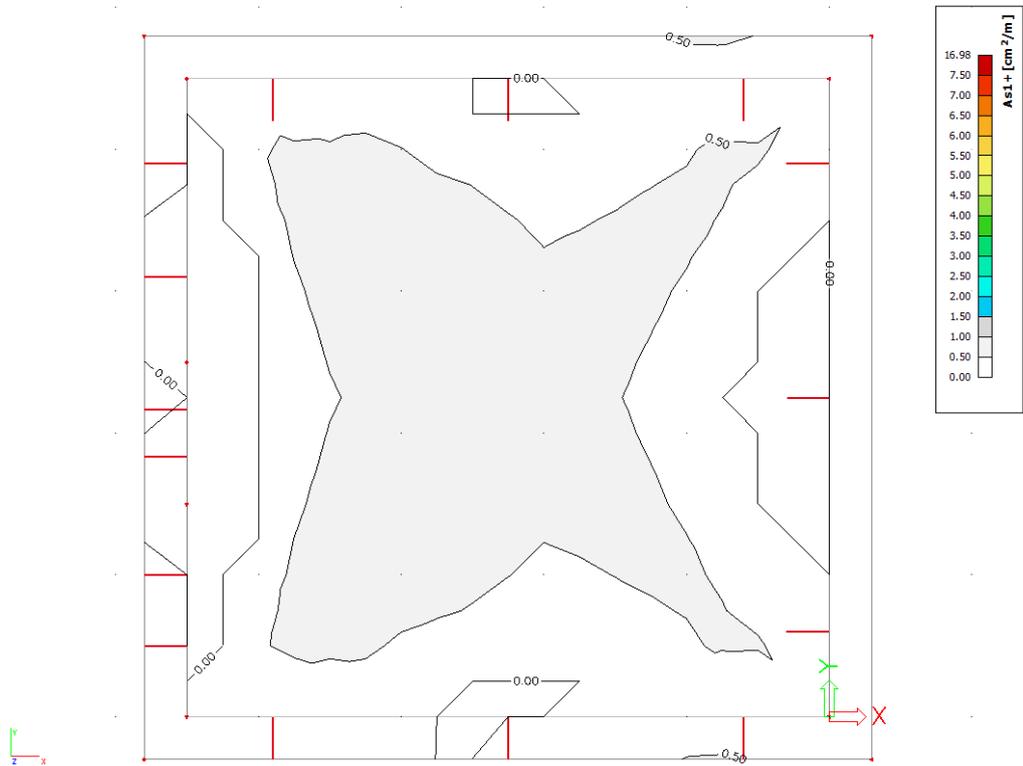


Armatura verticale sul lato esterno.

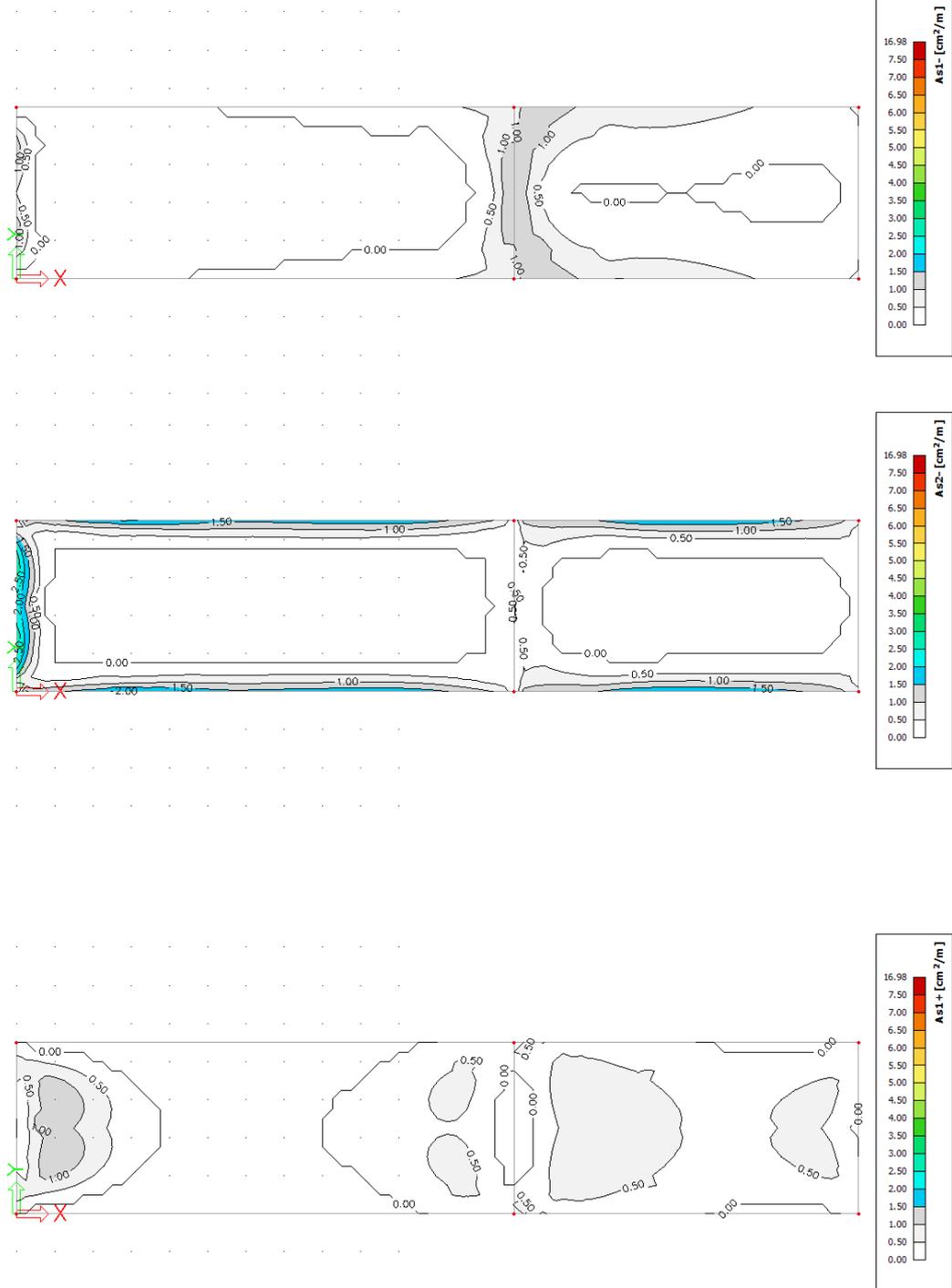
8.4.3 Platea

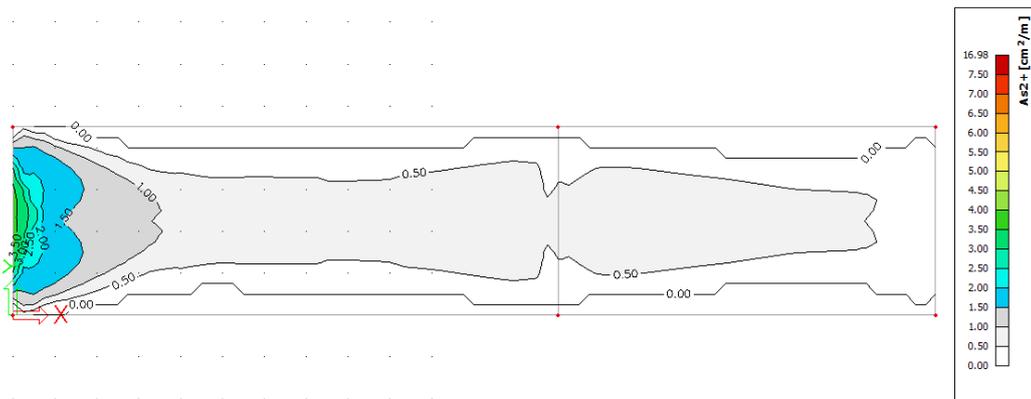
Platea vano chiuso





Platea canale

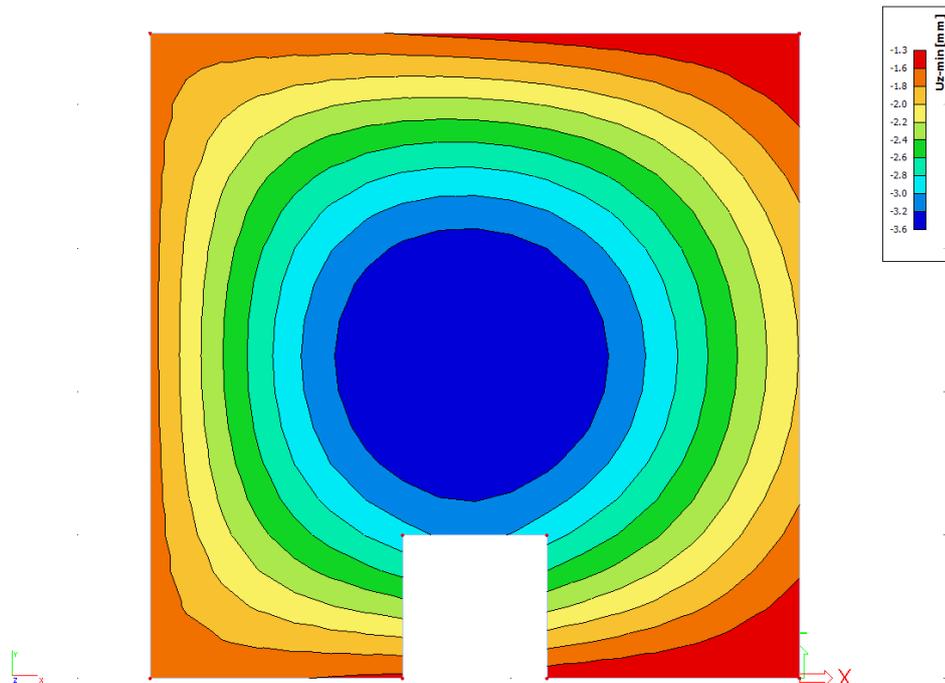




8.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

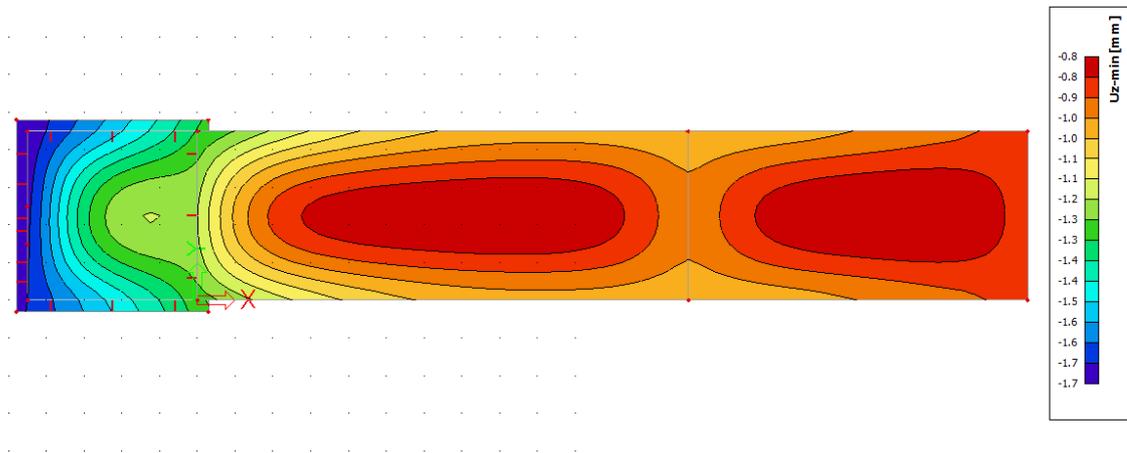
8.5.1 Solaio

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali del solaio di copertura, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=3,6$ mm. Lo spostamento a lungo termine è circa 4 volte quello istantaneo e risulta circa 12 mm, valore che si ritiene accettabile.



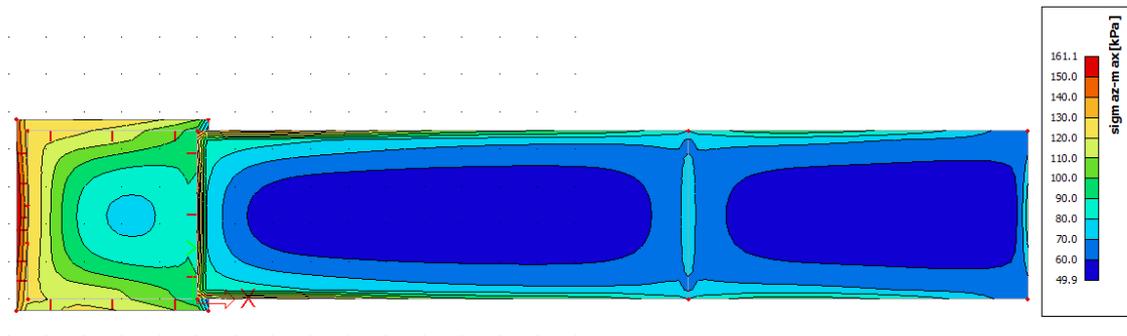
8.5.2 Platea di fondazione

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali della platea, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=1,7$ mm.



8.6 Pressioni sul terreno

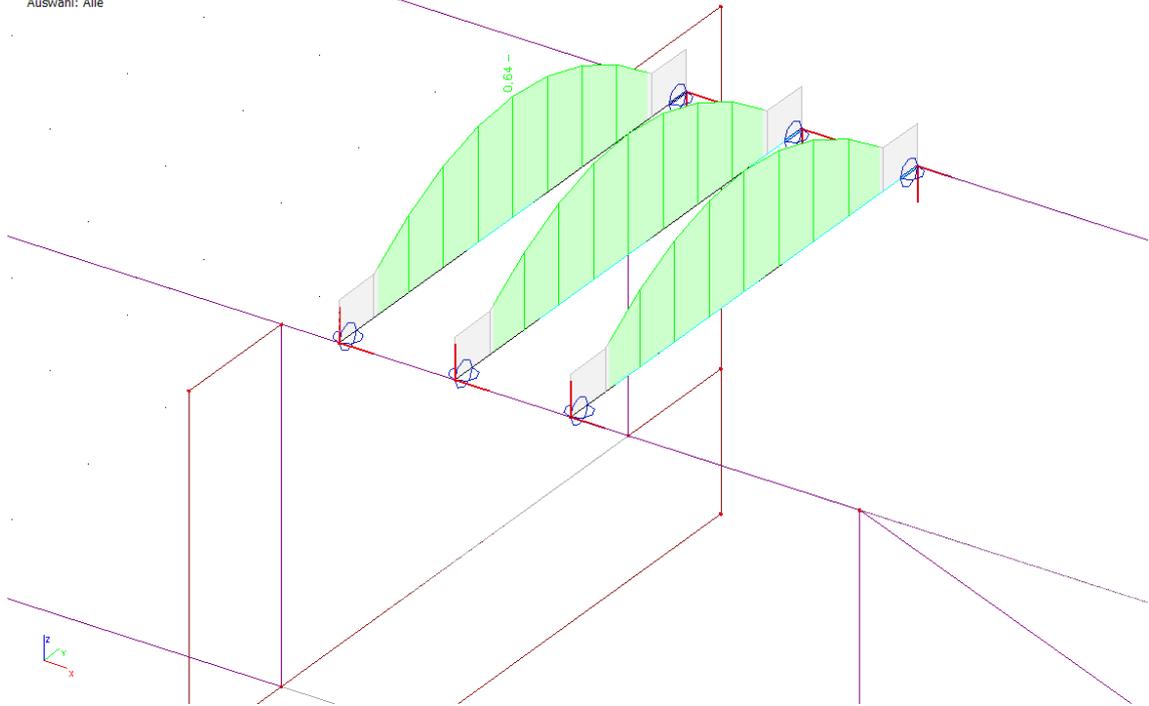
Si riportano di seguito, in forma grafica, le pressioni sul terreno, per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. La pressione massima è $q_{max}=160$ kN/m².



8.7 Travi passerella

Si riporta di seguito, in forma grafica, il grado di sfruttamento delle sezioni delle travi in acciaio per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. Il grado massimo di sfruttamento è $\eta=0,64 < 1,00$.

EC-EN 1993 Stahlnachweis GZT
Werte: UCOverall
Lineare Analyse
Kombination: CO1
Koordinatensystem: Hauptsystem
Extremwerte 1D: Global
Auswahl: Alle



9. Opera di presa

9.1 Premessa

L'opera di presa comprende una struttura d'"invito" costituita da platee e muri in calcestruzzo armato e da una galleria a sezione circolare. Le dimensioni principali degli elementi sono le seguenti.

Galleria interrata:

- lunghezza: $L = 120 \text{ m}$;
- diametro interno: $d_i = 7,00 \text{ m}$;
- spessore: $s = 50 \text{ cm}$.

Struttura di ingresso:

- spessore platea $s=30 \text{ cm}$;
- spessore pareti $s=30 \text{ cm}$.

9.2 Carichi

Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

9.2.1 Carichi permanenti

Peso e spinta del terreno

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$. Si considera uno strato di terreno sopra la galleria di spessore $h=15 \text{ m}$.

9.2.2 Carichi variabili

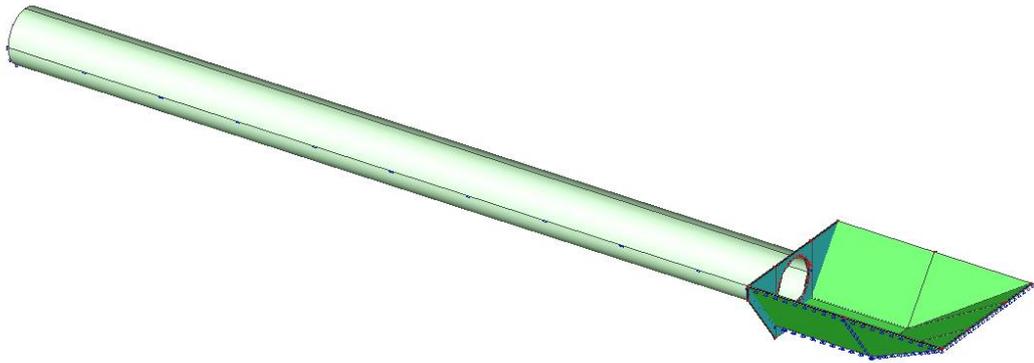
Peso e spinta dell'acqua

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

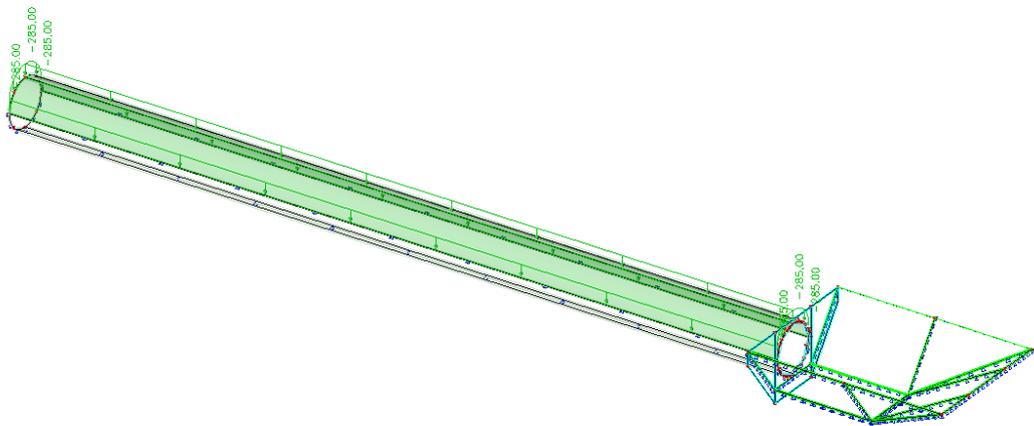
Carico di servizio (automezzi) sul terreno: $q = 16,7 \text{ kN/m}^2$.

9.3 Modello di calcolo e carichi applicati

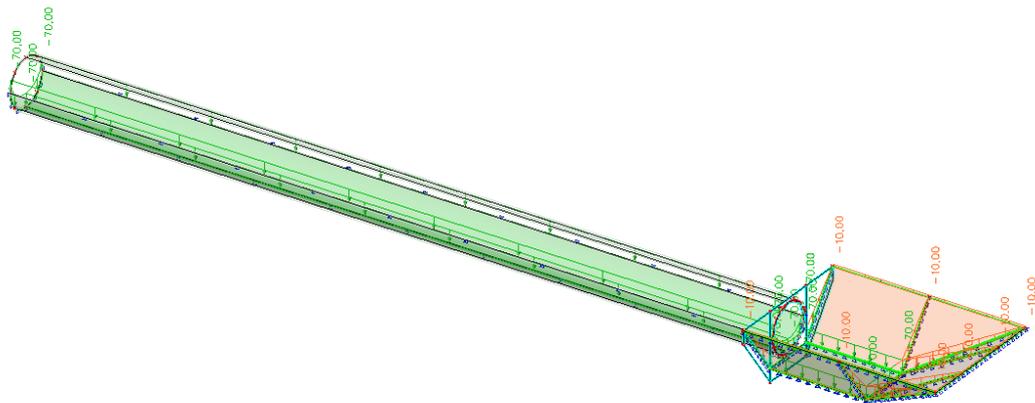
9.3.1 Modello di calcolo



9.3.2 Carichi applicati



Carico terreno.

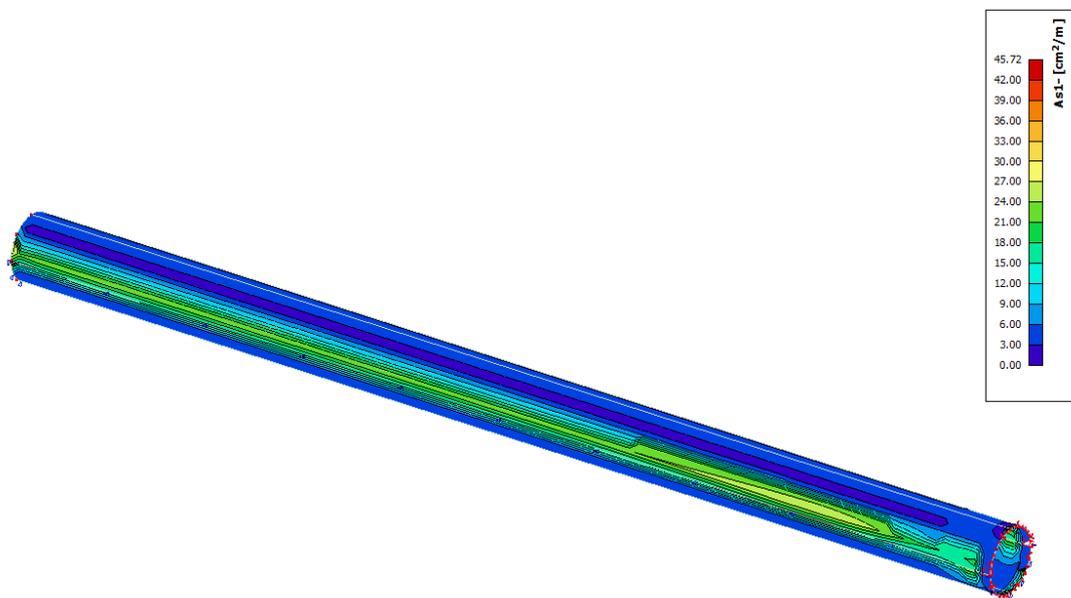


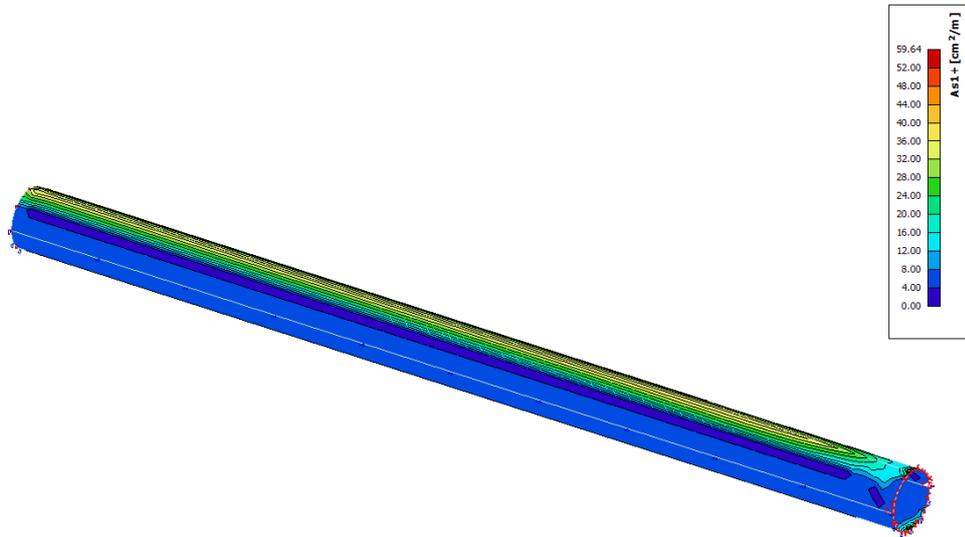
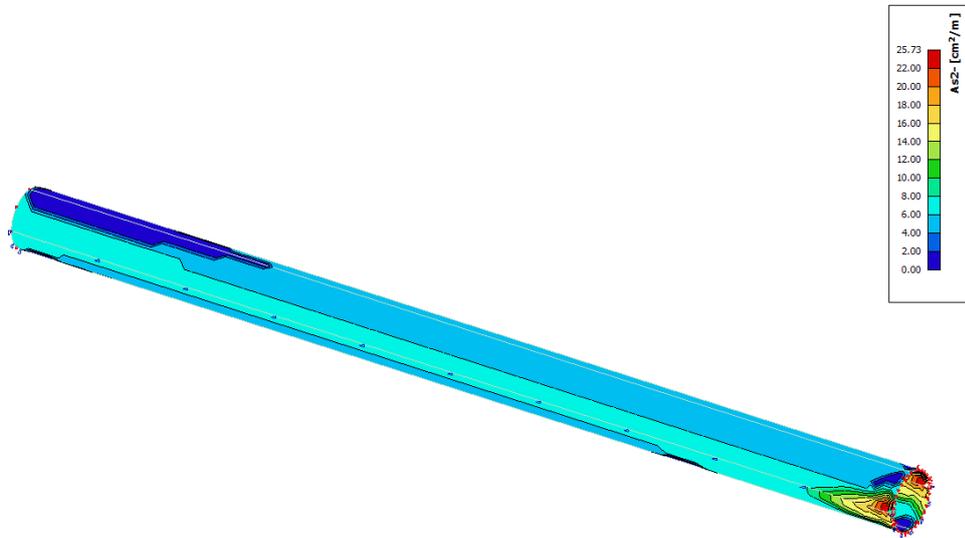
Carico acqua.

9.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

9.4.1 Galleria circolare

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo esterno (-) ed interno (+), nelle due direzioni di posa, Direzione 1 (direzione circonferenziale) e Direzione 2 (direzione delle generatrici del cilindro).

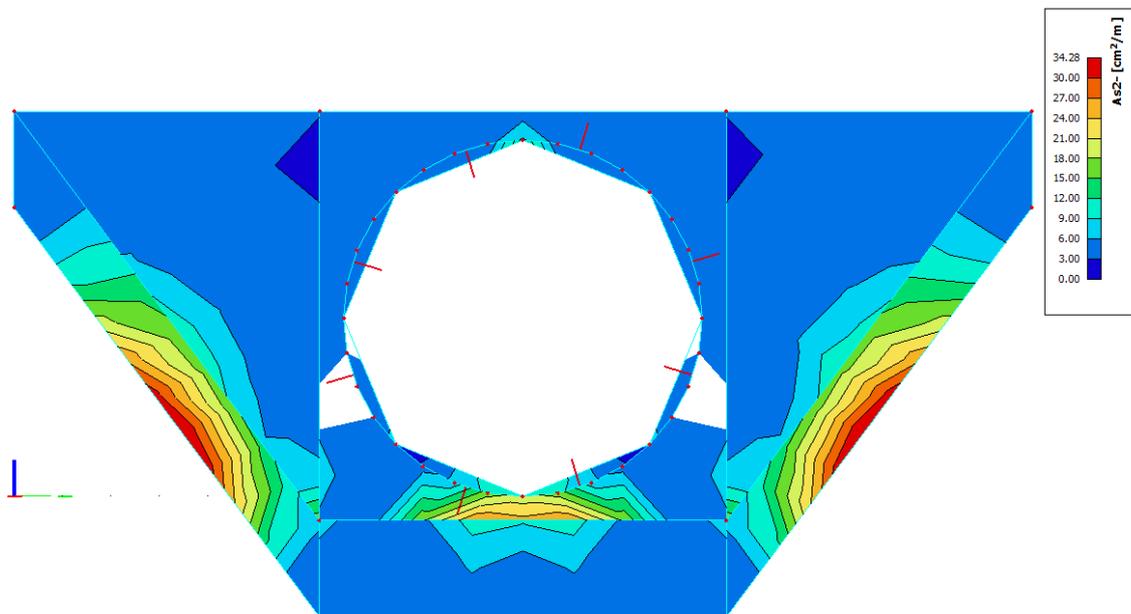
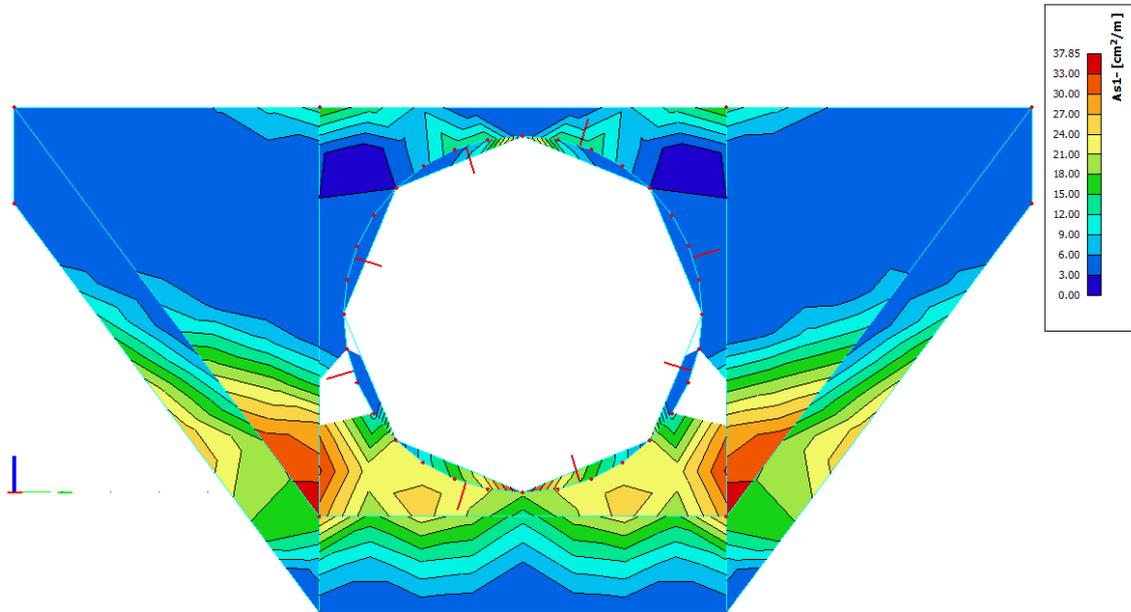


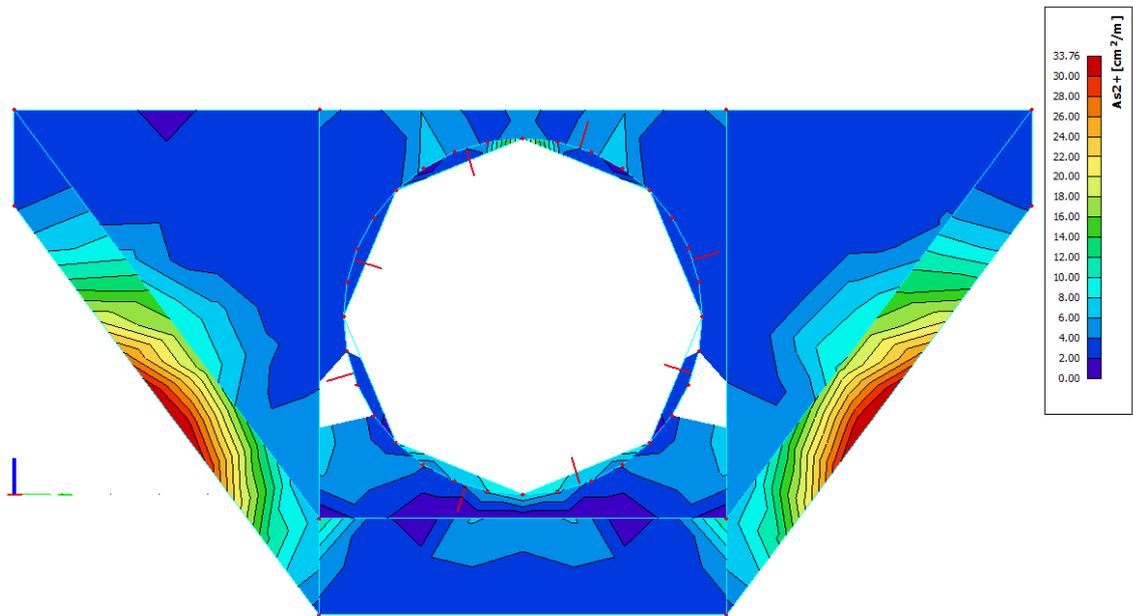
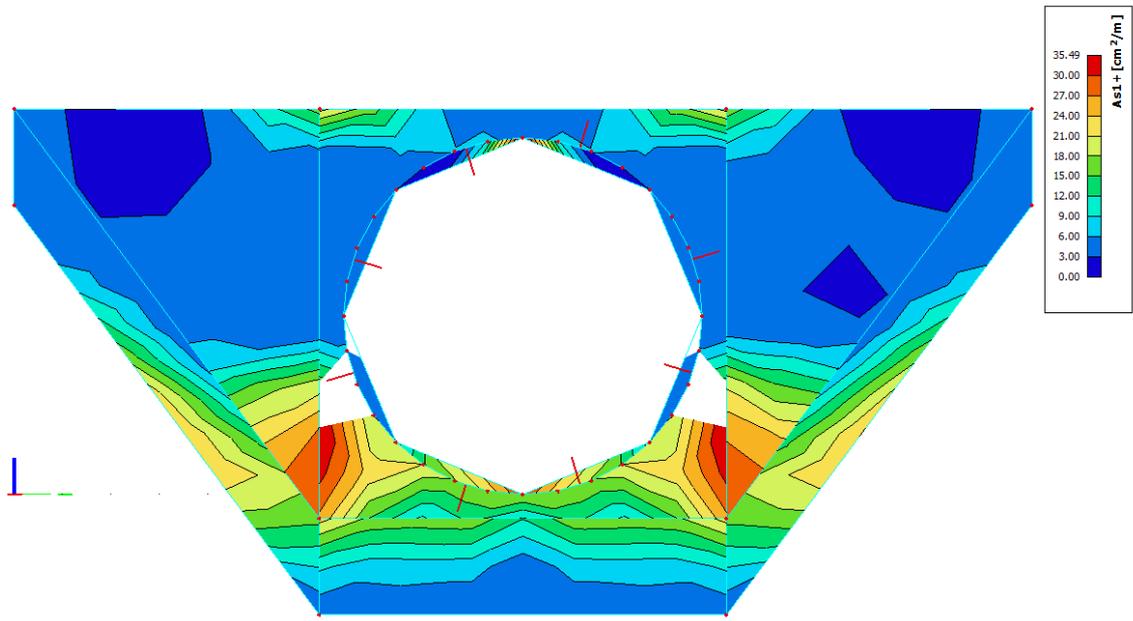


9.4.2 Strutture ingresso galleria

9.4.2.1 Parete

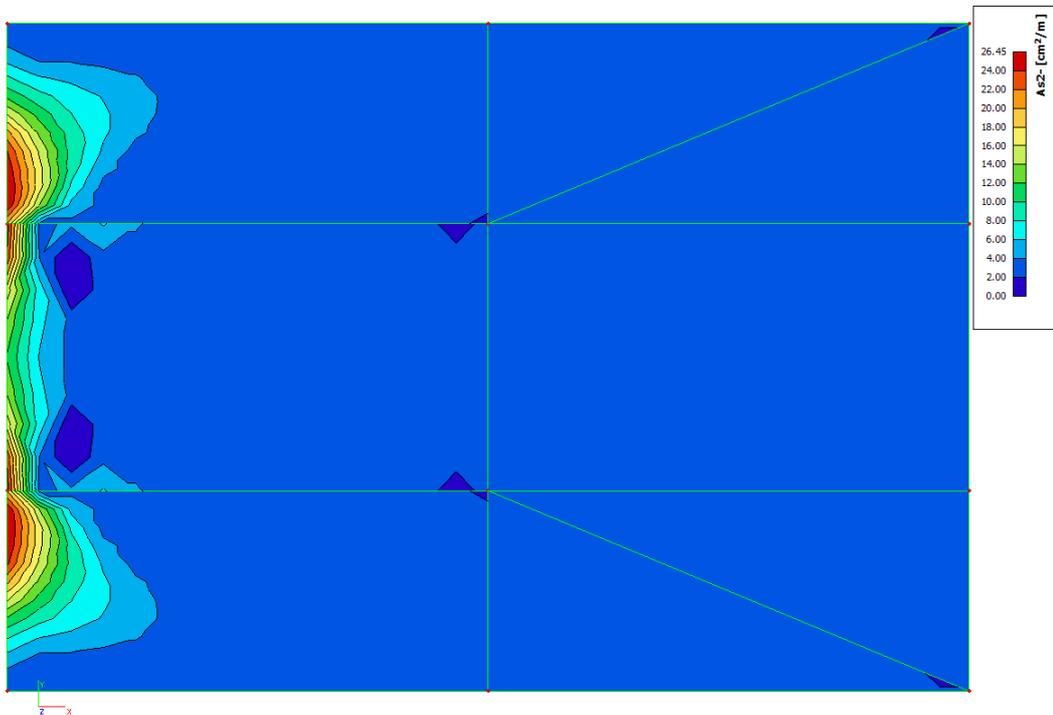
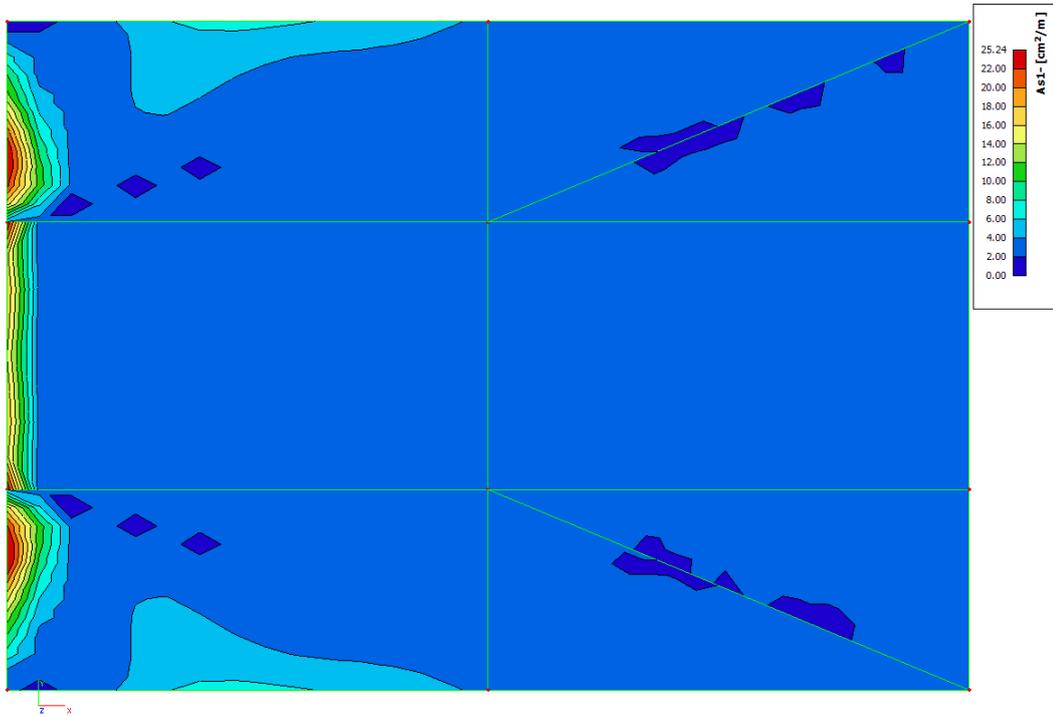
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.

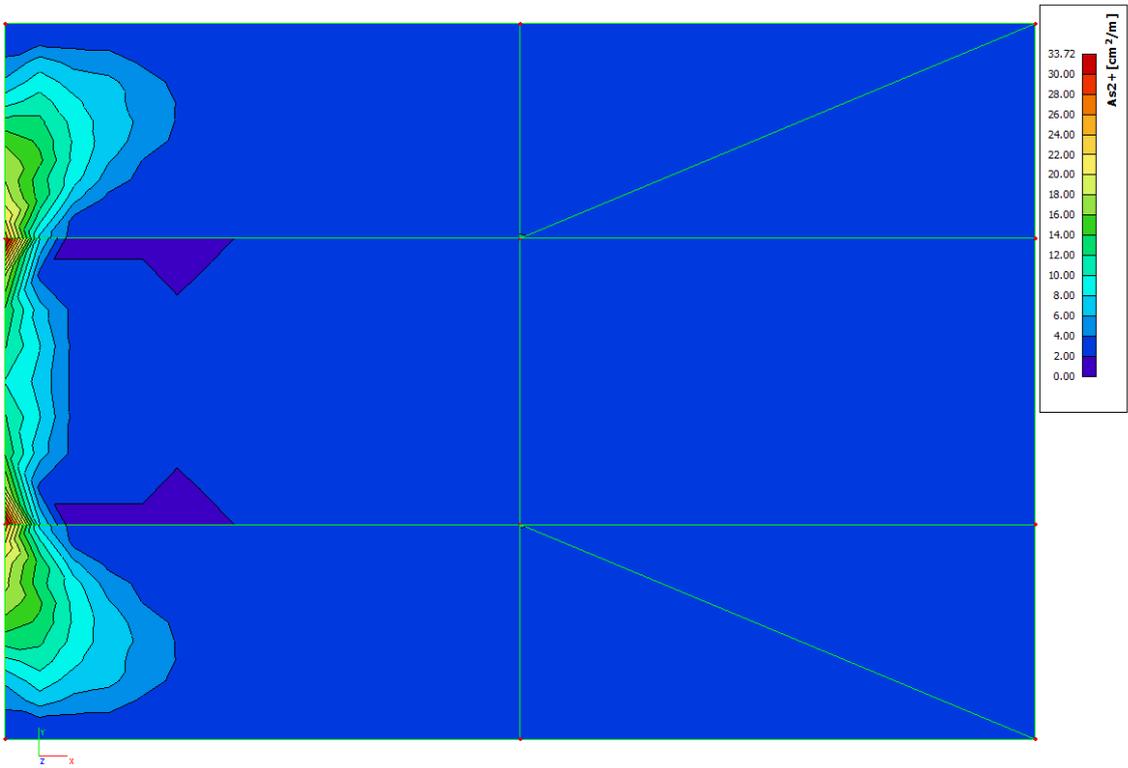
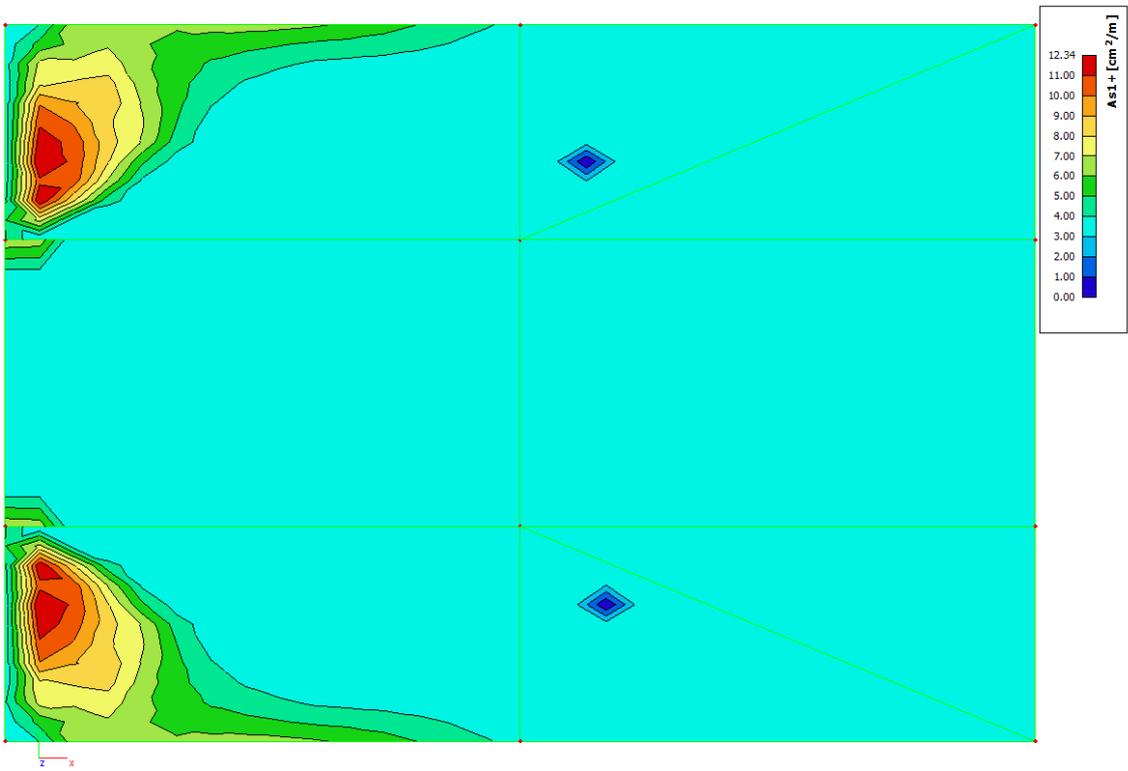




9.4.2.2 Platee

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

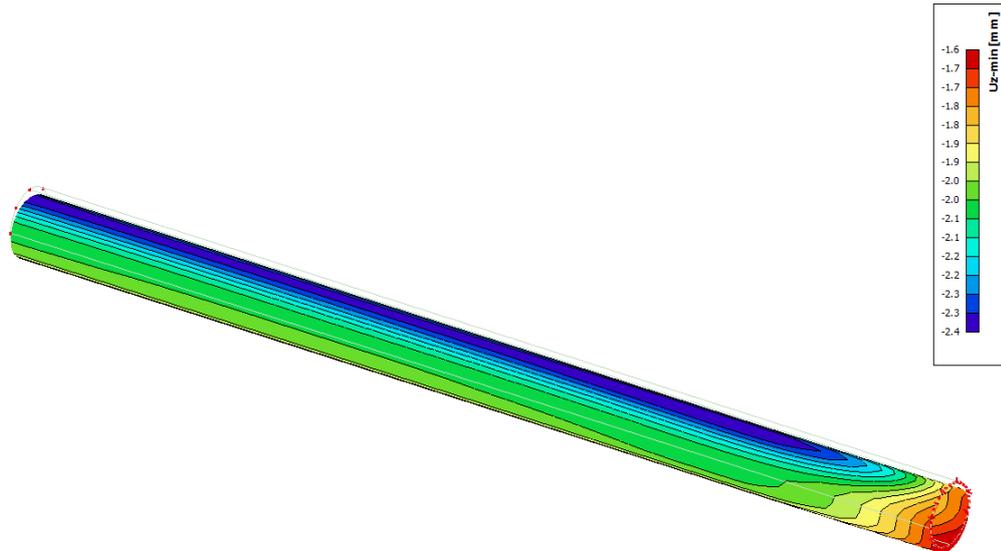




9.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

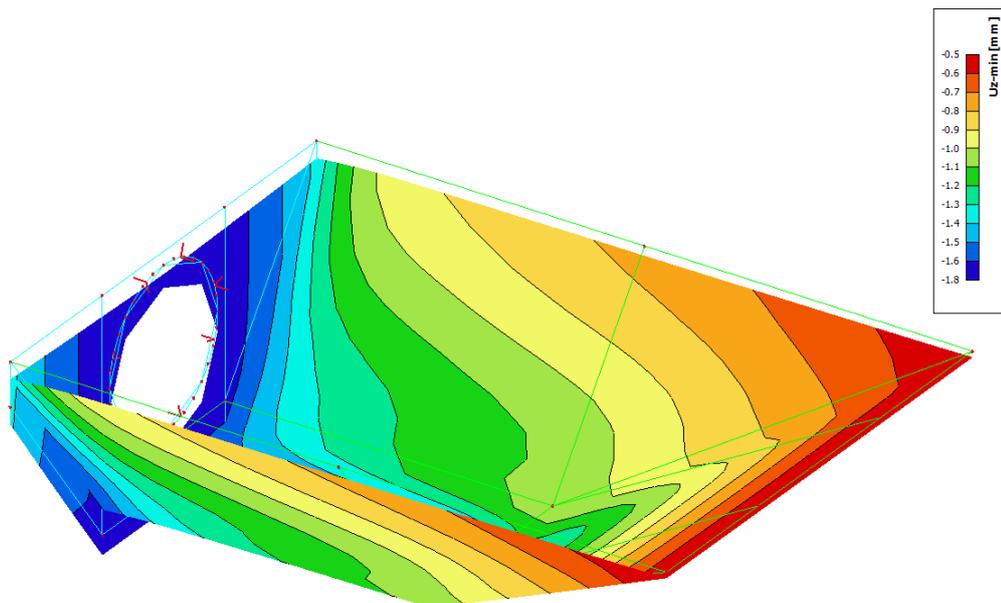
9.5.1 Galleria

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali della galleria, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=2,4$ mm.



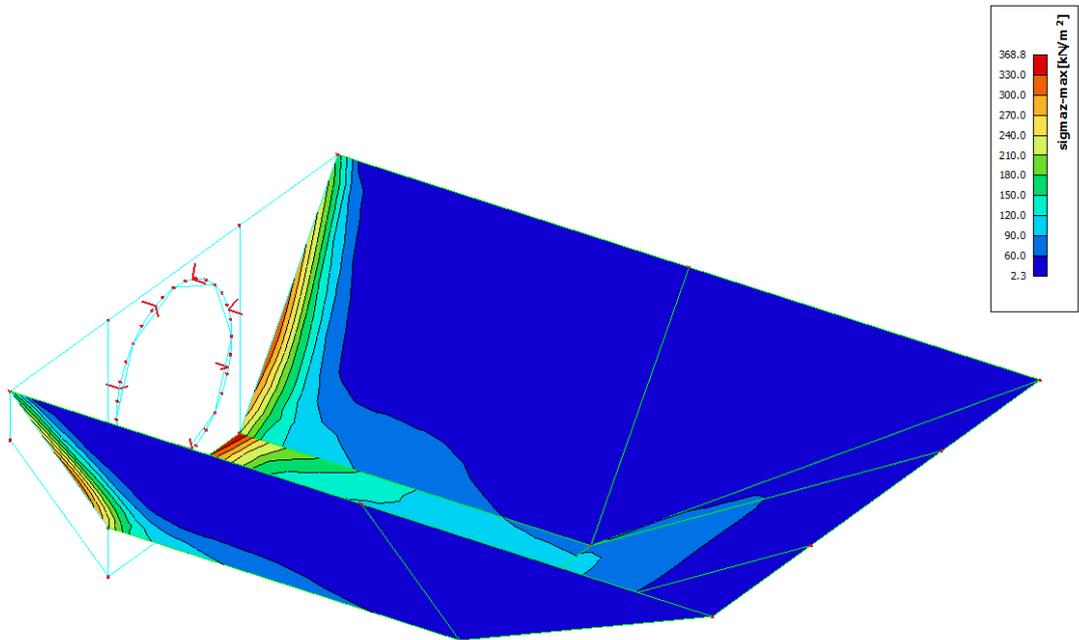
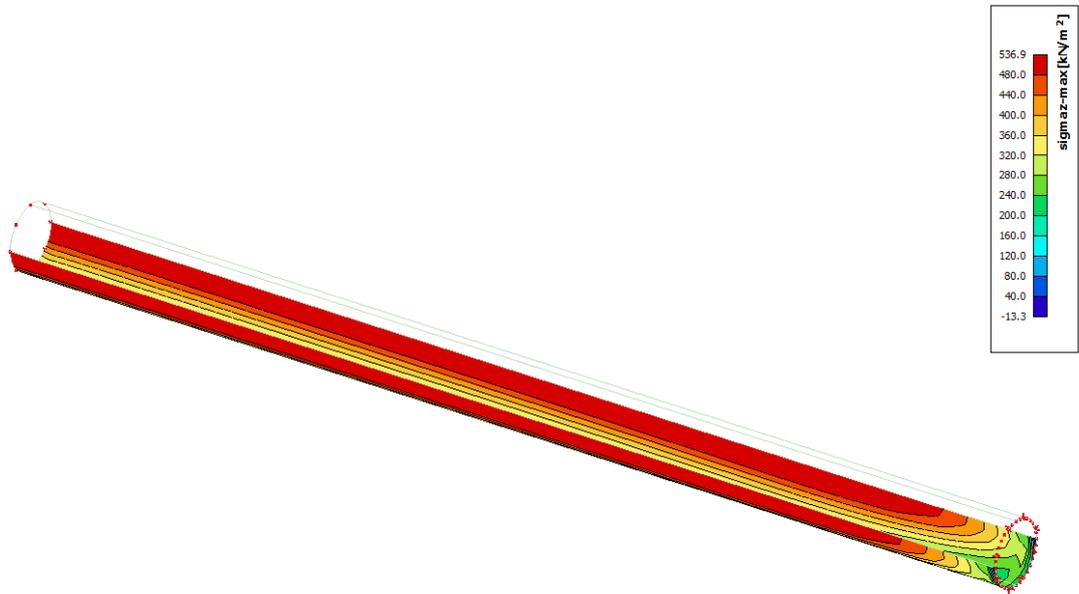
9.5.2 Platea

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali delle strutture di imbocco della galleria, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=1,8$ mm.



9.6 Pressioni sul terreno

Si riportano di seguito, in forma grafica, le pressioni sul terreno, per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. La pressione massima stimata è $q_{max}=537 \text{ kN/m}^2$.



10. Camera valvole

10.1 Premessa

Si riportano di seguito le dimensioni principali delle strutture.

Strutture in calcestruzzo

Diametro interno galleria entrata	$d_i=7,00$ m
Spessore galleria entrata	$s=50$ cm
Diametro interno gallerie uscita	$d_i=3,00$ m
Spessore gallerie uscita	$d_i=30$ cm
Diametro interno camera valvole	$d_{i,1}=18,30$ m $d_{i,2}=12,30$ m
Spessore muri camera valvole	$s=1,00$ m
Spessore solaio basso camera valvole	$s=30$ cm
Spessore solaio copertura camera valvole	$s=40$ cm
Spessore platea camera di carico	$s=50/100$ cm
Spessore muri esterni camera di carico	$s=40$ cm
Spessore muri interni camera di carico	$s=30$ cm
Spessore solaio camera di carico	$s=50$ cm

Elementi in acciaio

Travi	HEB 300	acciaio S235
Colonne	HEB 300	acciaio S235

10.2 Carichi

Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

10.2.1 Carichi permanenti

Peso e spinta del terreno

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

Sovraccarico permanente solaio intermedio $g_2 = 3,00 \text{ kN/m}^2$

10.2.2 Carichi variabili

Carico esercizio sul solaio $q_1 = 3,00 \text{ kN/m}^2$

Carichi sul solaio di copertura

Carico di esercizio (mezzi) $q_2 = 16,67 \text{ kN/m}^2$

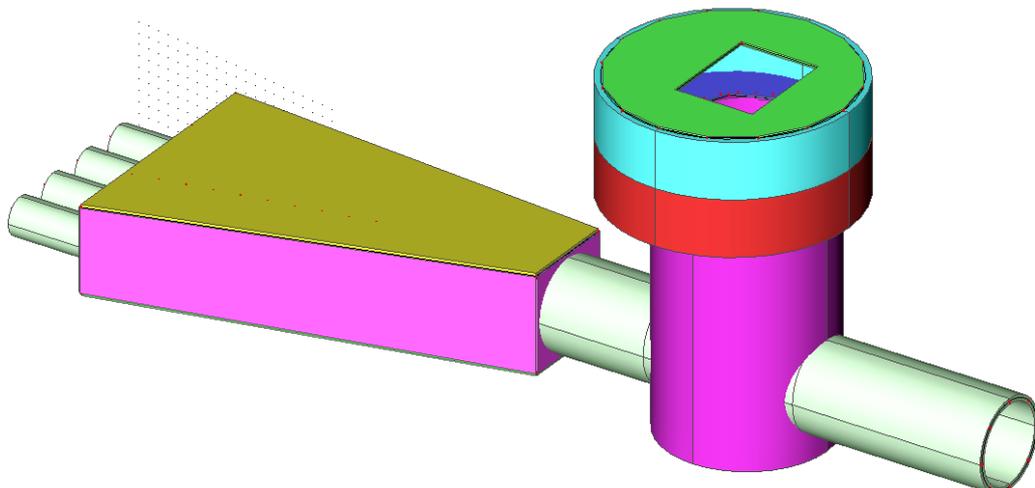
Carico neve $q_3 = 1,70 \text{ kN/m}^2$

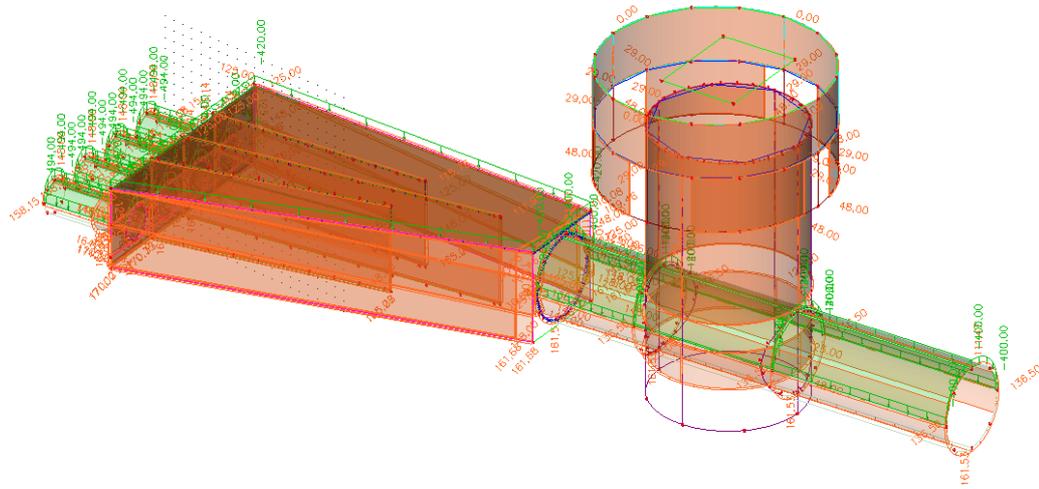
Peso e spinta dell'acqua

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

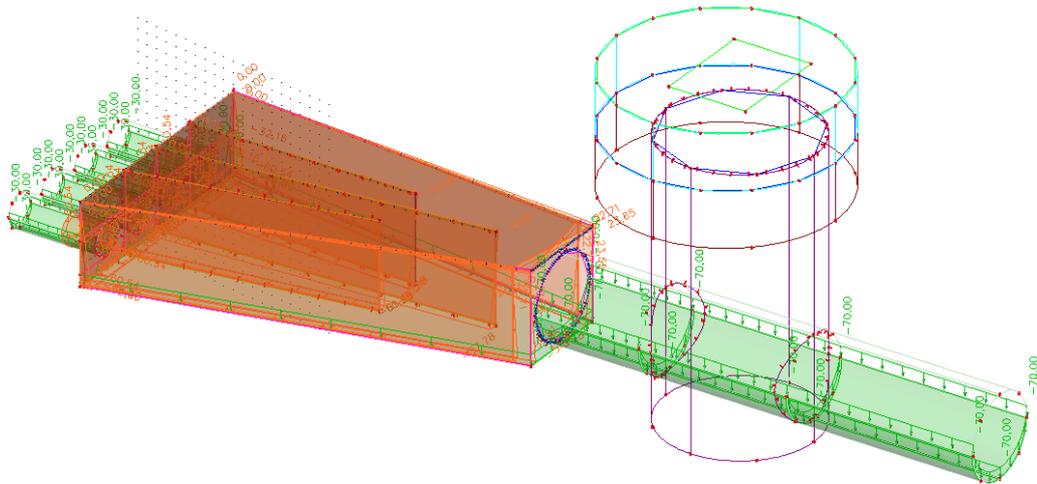
10.3 Modello di calcolo e carichi applicati

10.3.1 Modello di calcolo

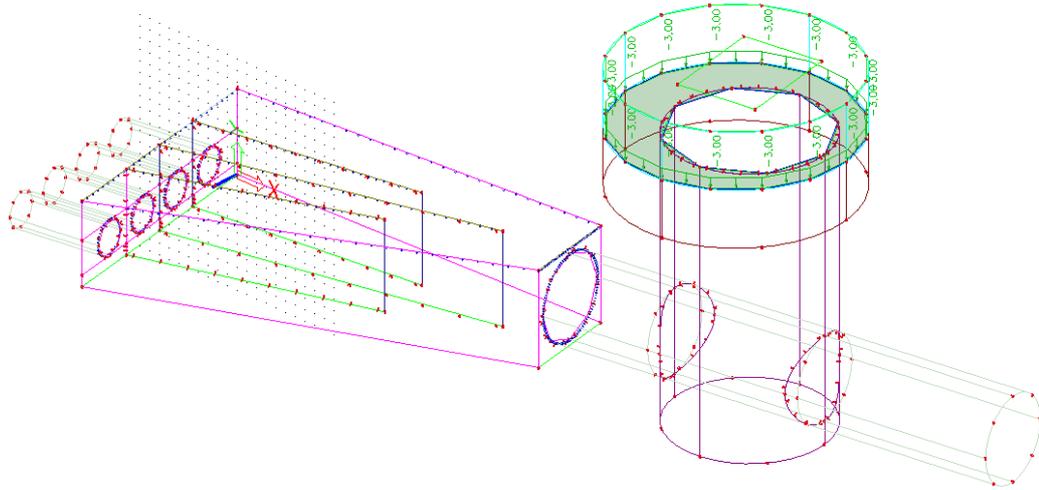




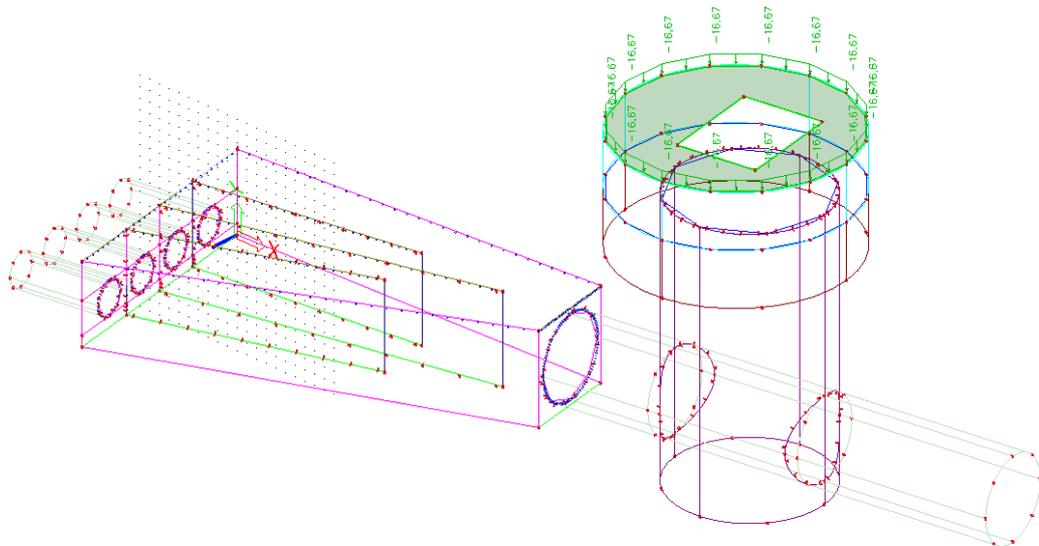
Sovraccarico permanente terreno.



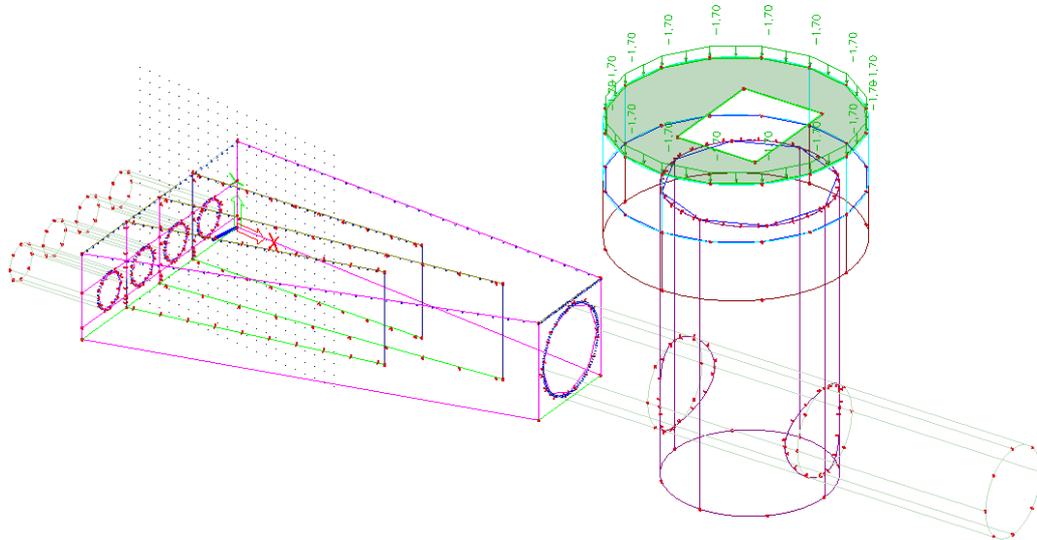
Sovraccarico variabile acqua.



Sovraccarico variabile solaio.



Sovraccarico variabile solaio copertura.



Sovraccarico variabile neve.

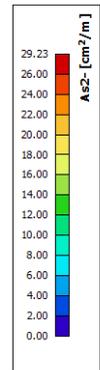
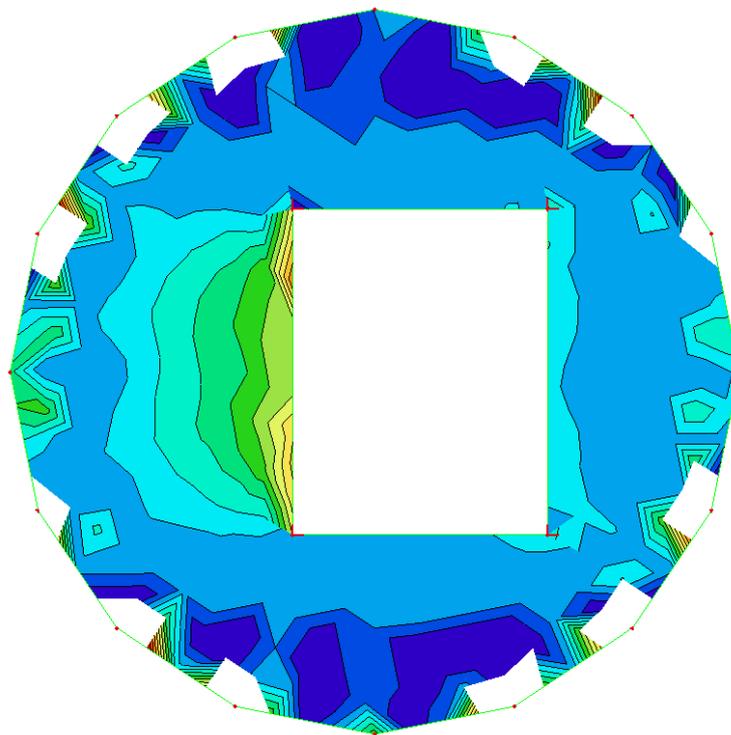
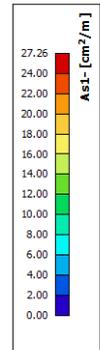
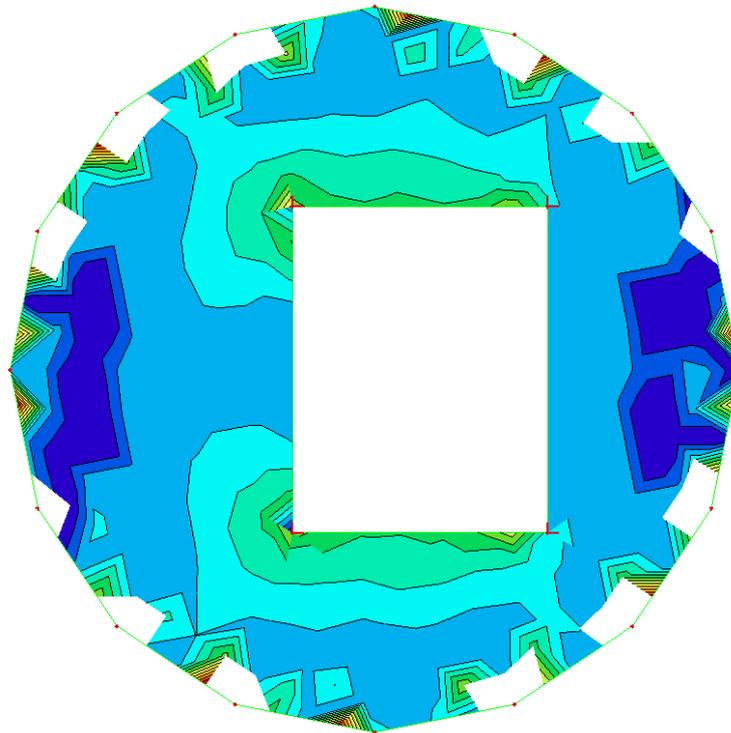
10.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

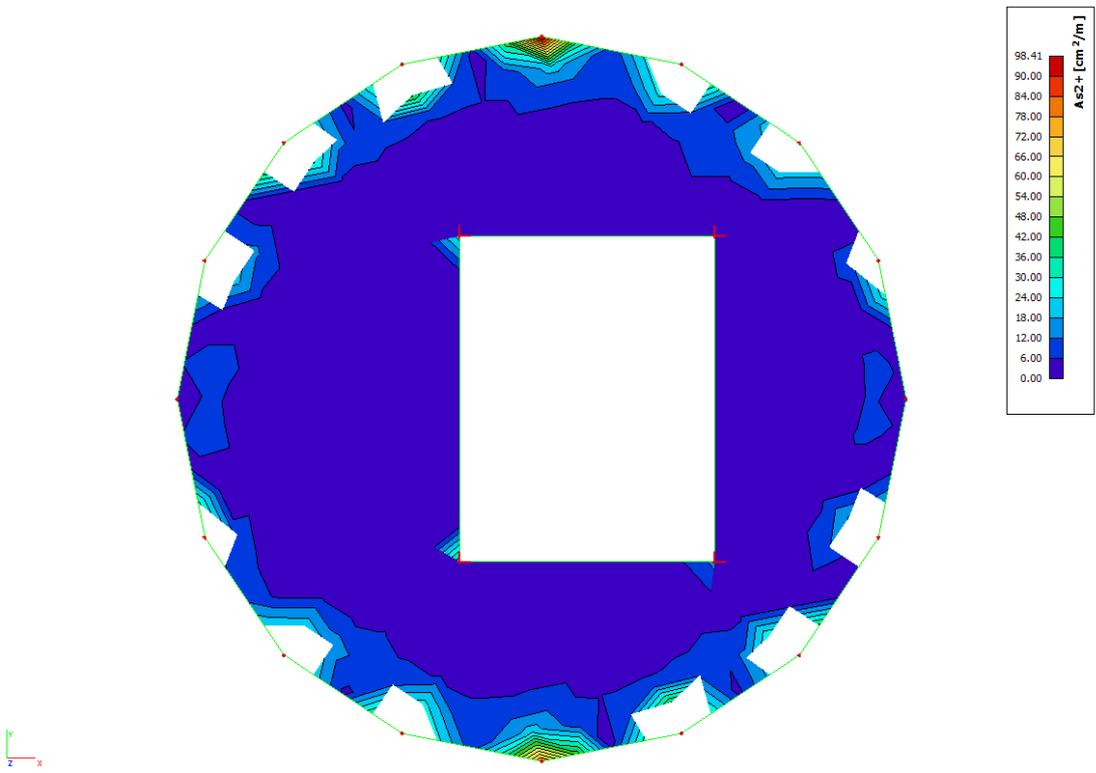
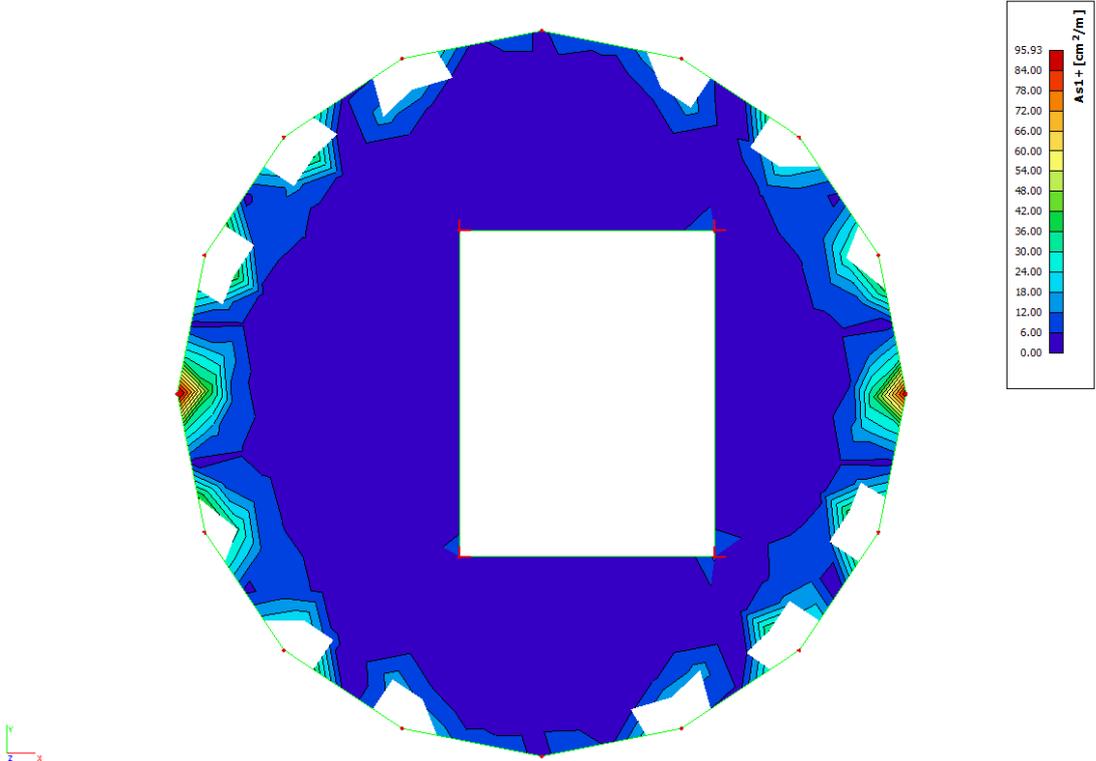
10.4.1 Camera valvole

10.4.1.1 Solai

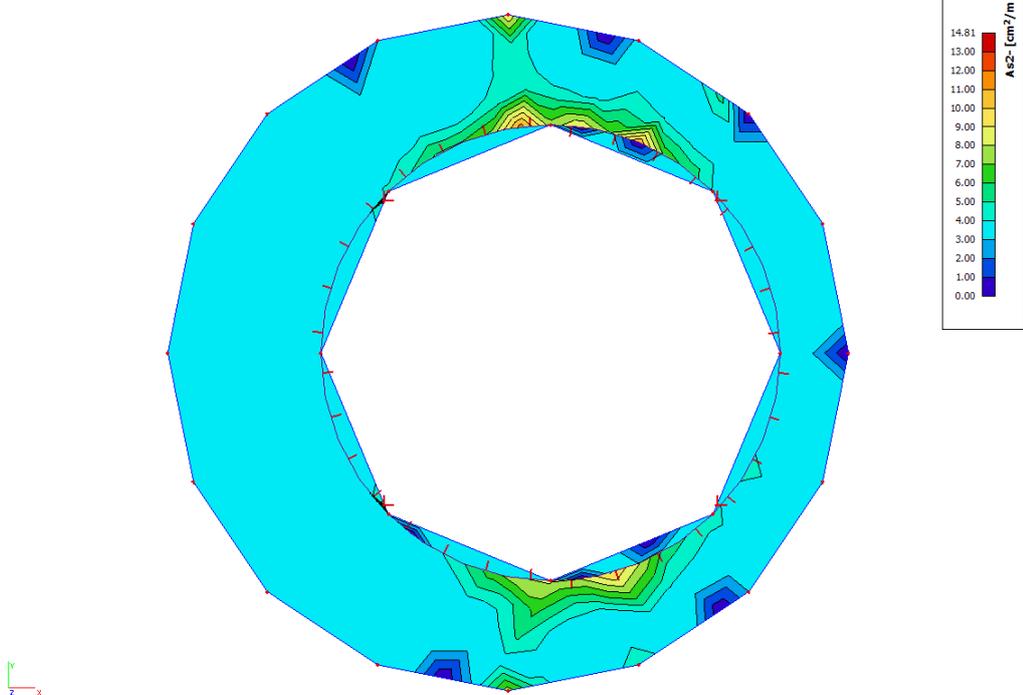
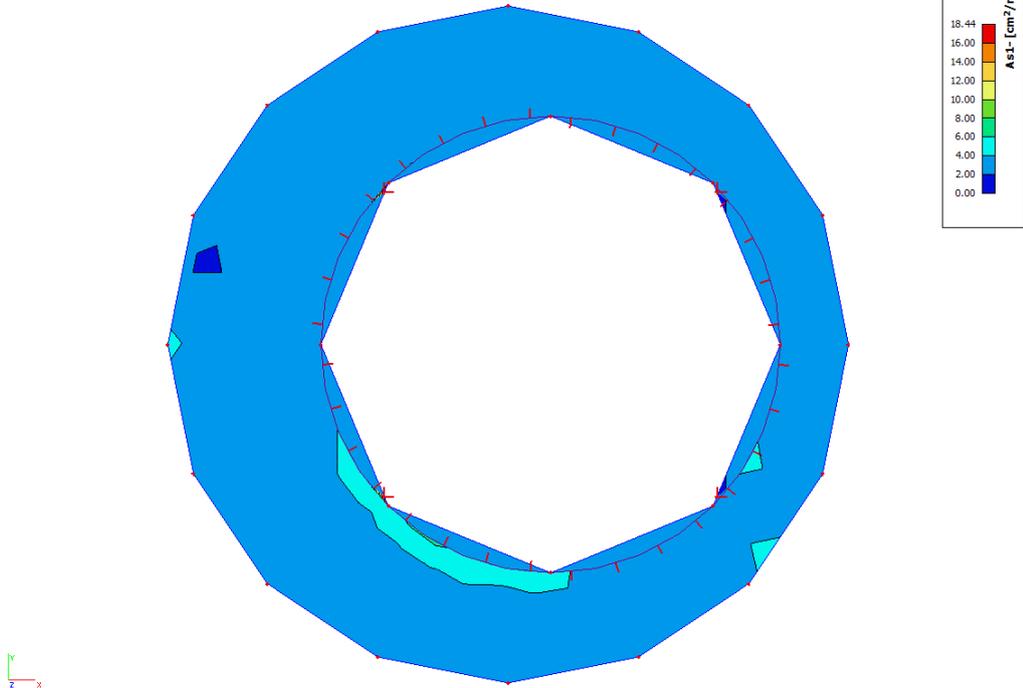
Solaio copertura

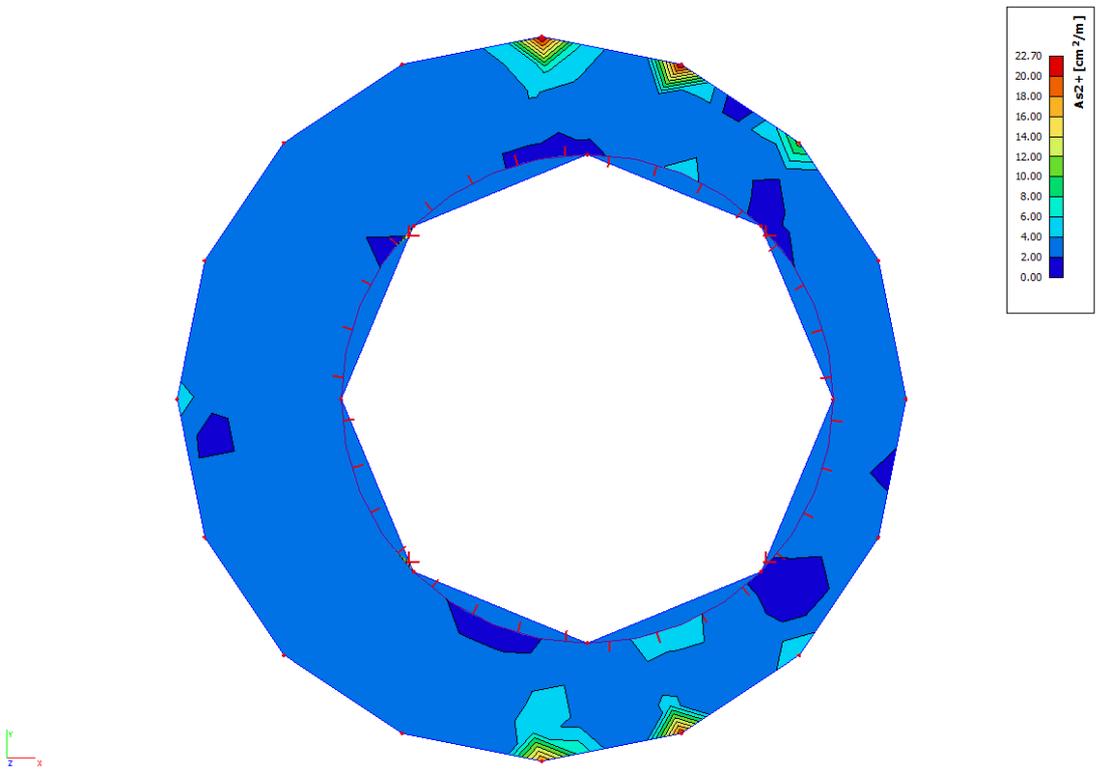
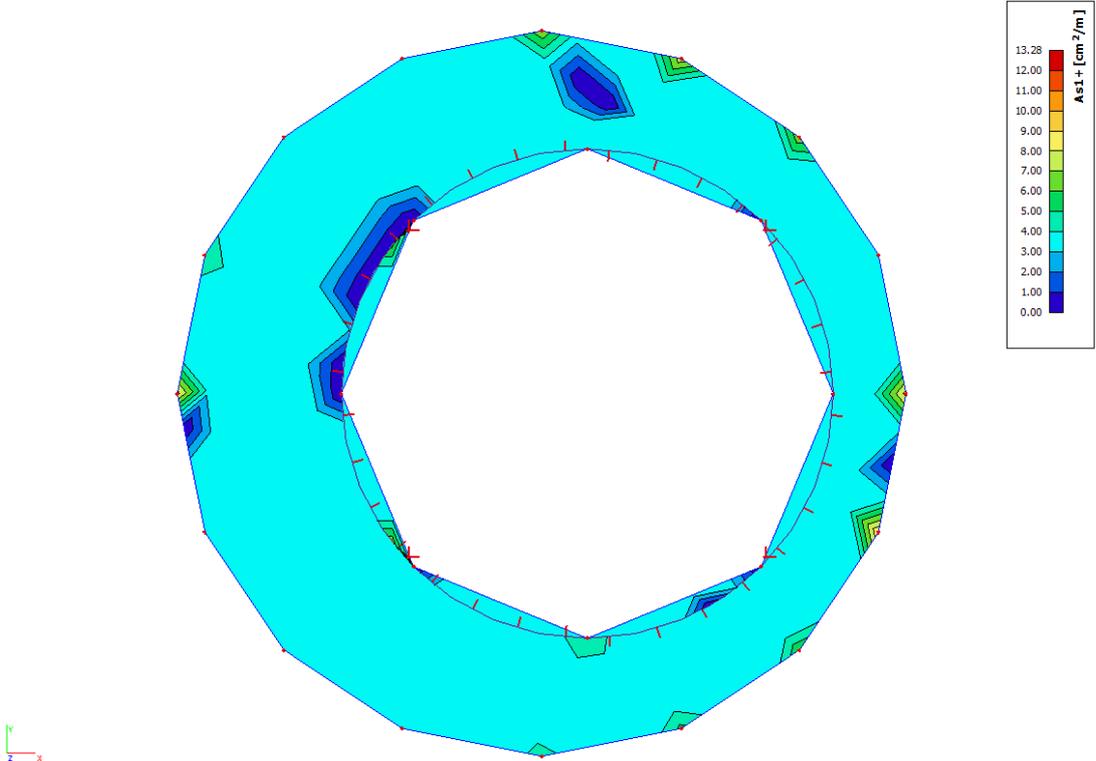
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.





Solaio basso

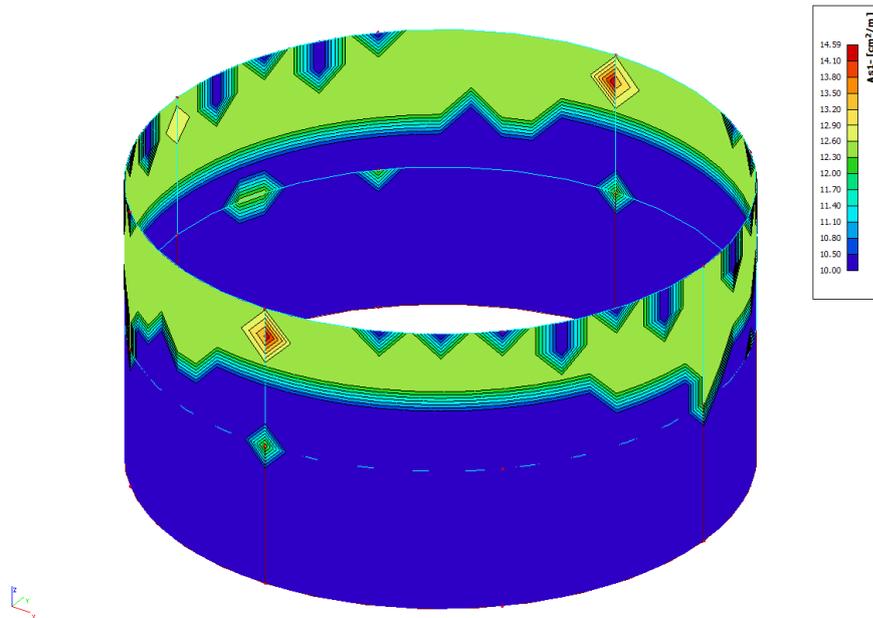




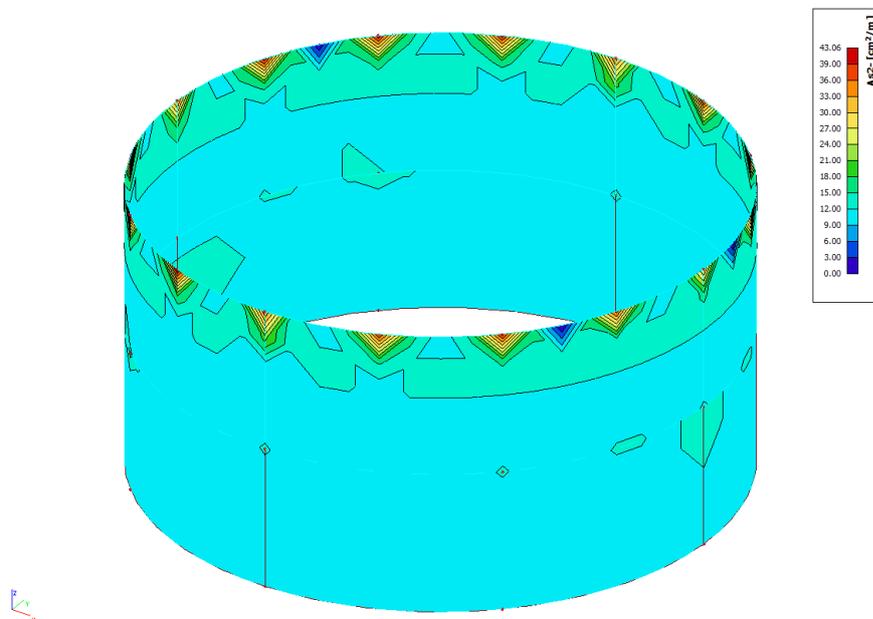
10.4.1.2 Pareti

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.

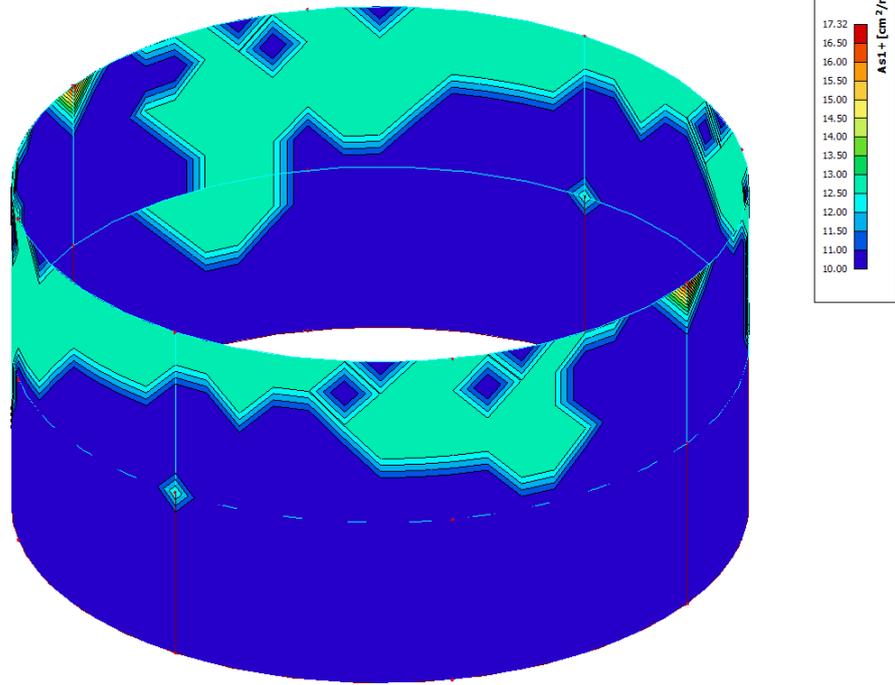
Pareti parte alta



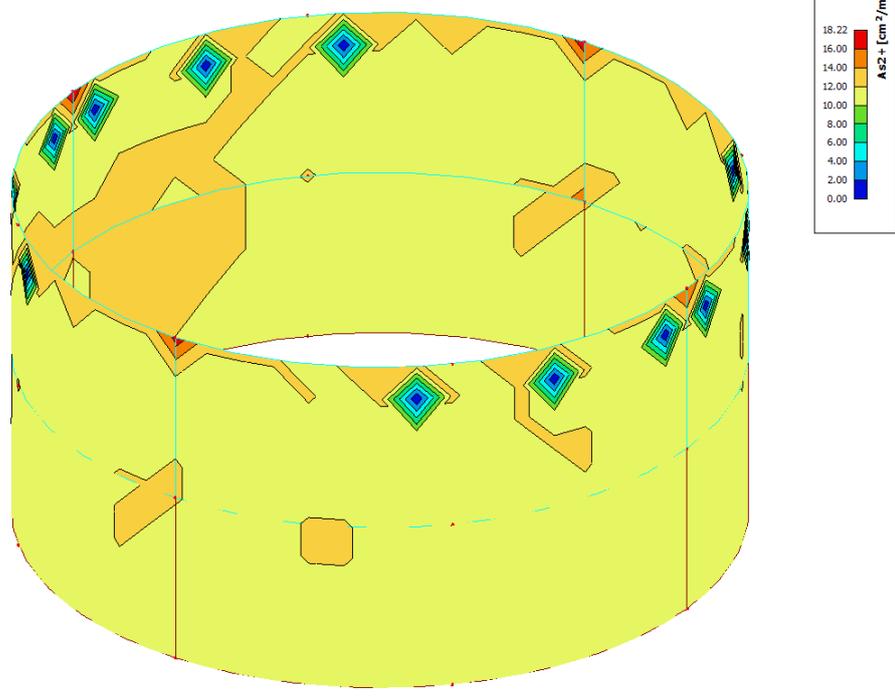
Armatura orizzontale lato terra.



Armatura verticale lato terra.

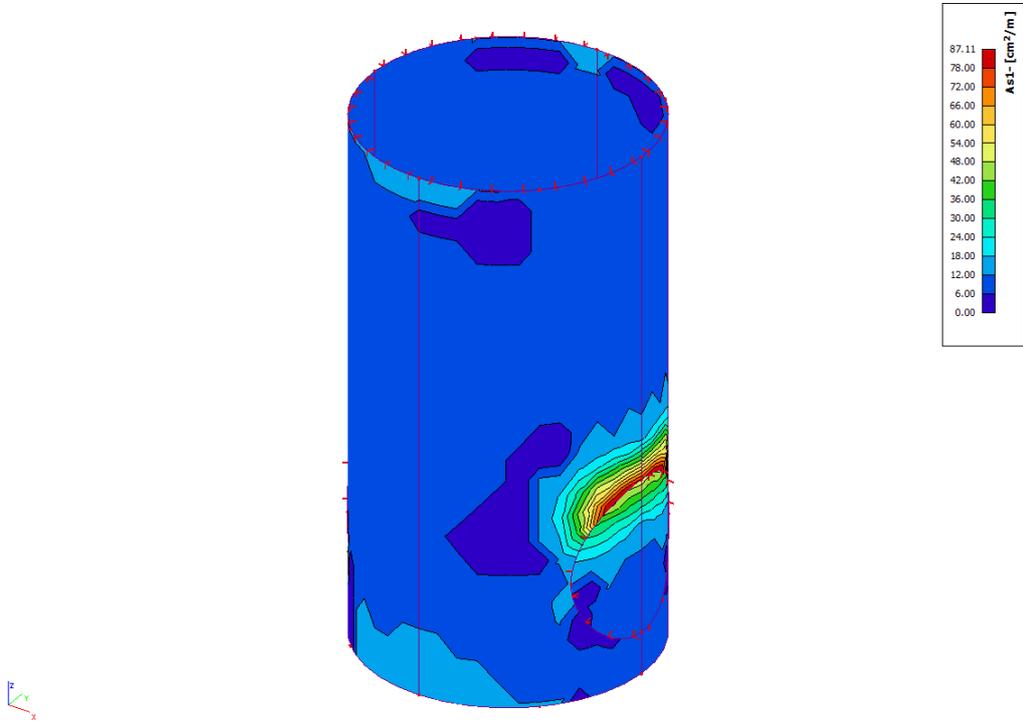


Armatura orizzontale lato aria

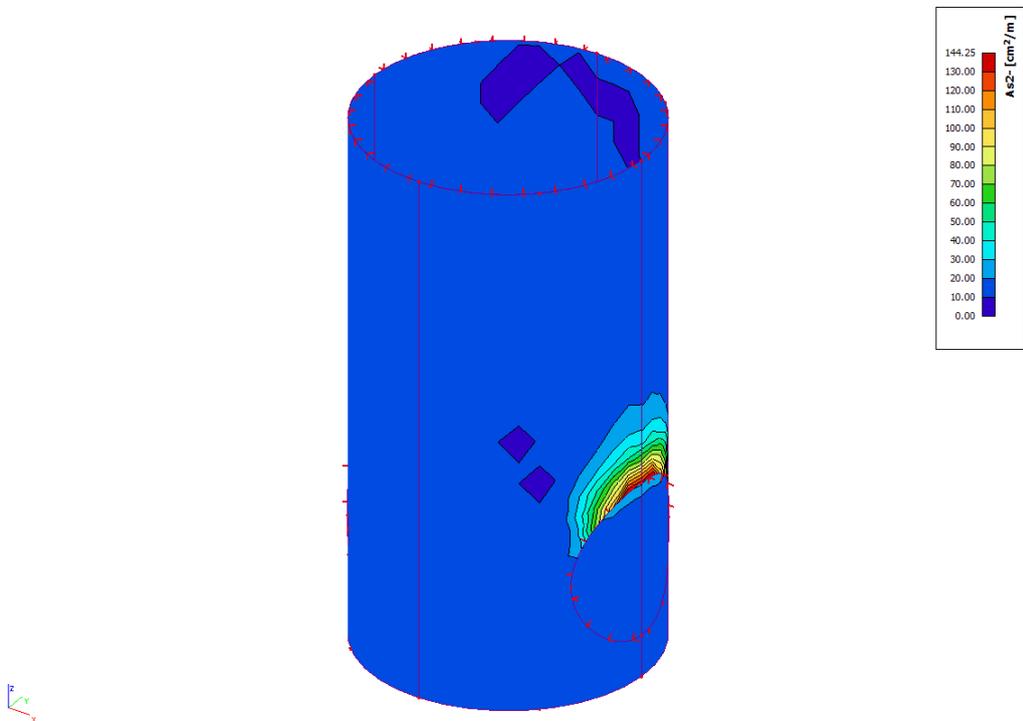


Armatura verticale lato aria.

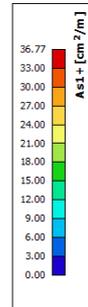
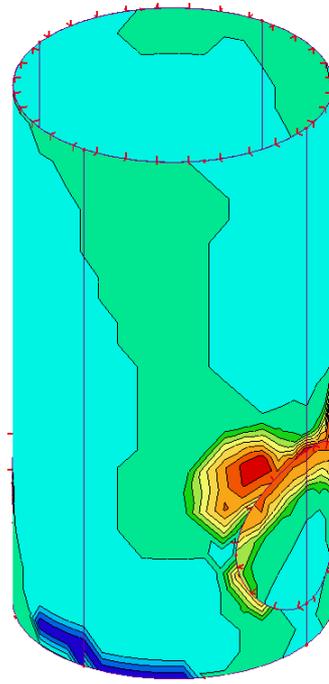
Pareti parte bassa



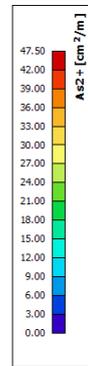
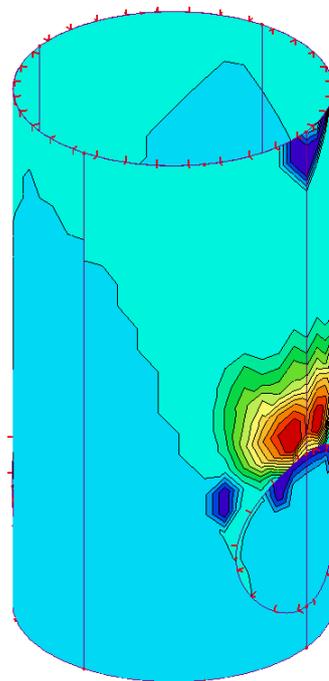
Armatura orizzontale lato terra.



Armatura verticale lato terra.



Armatura orizzontale lato aria.

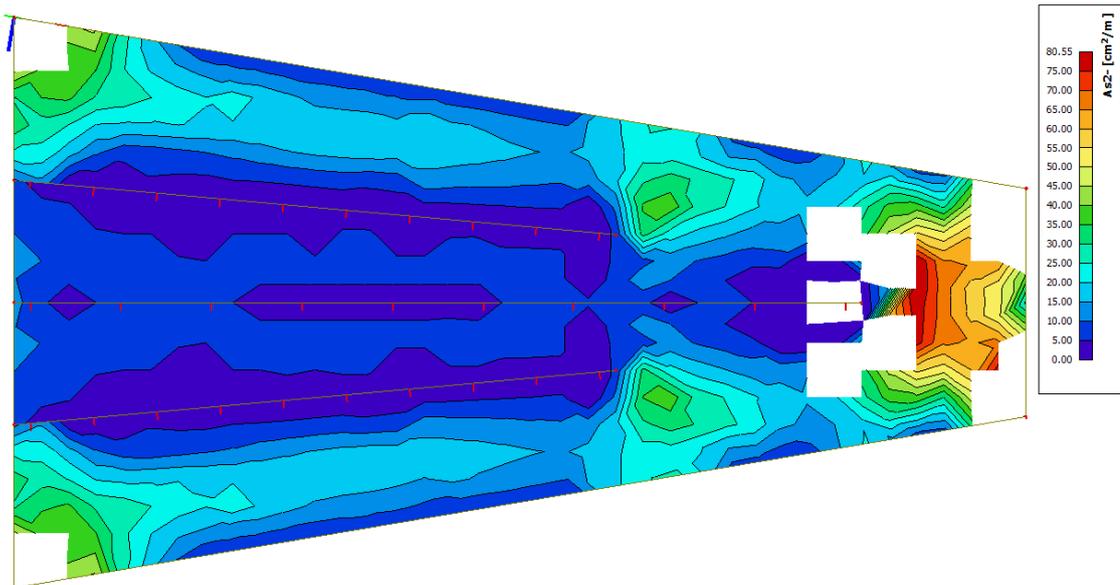
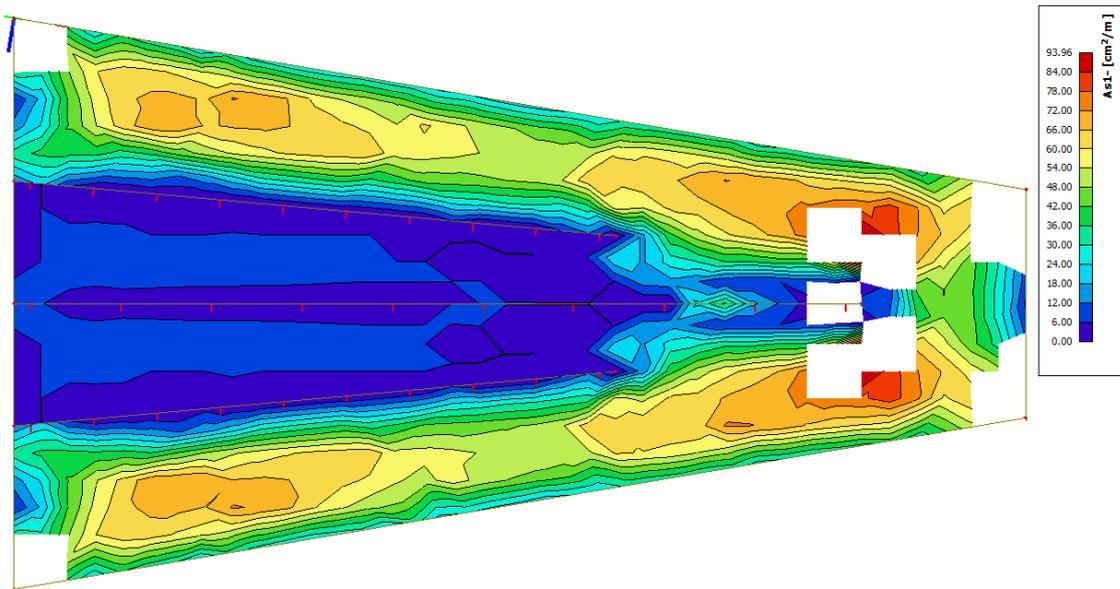


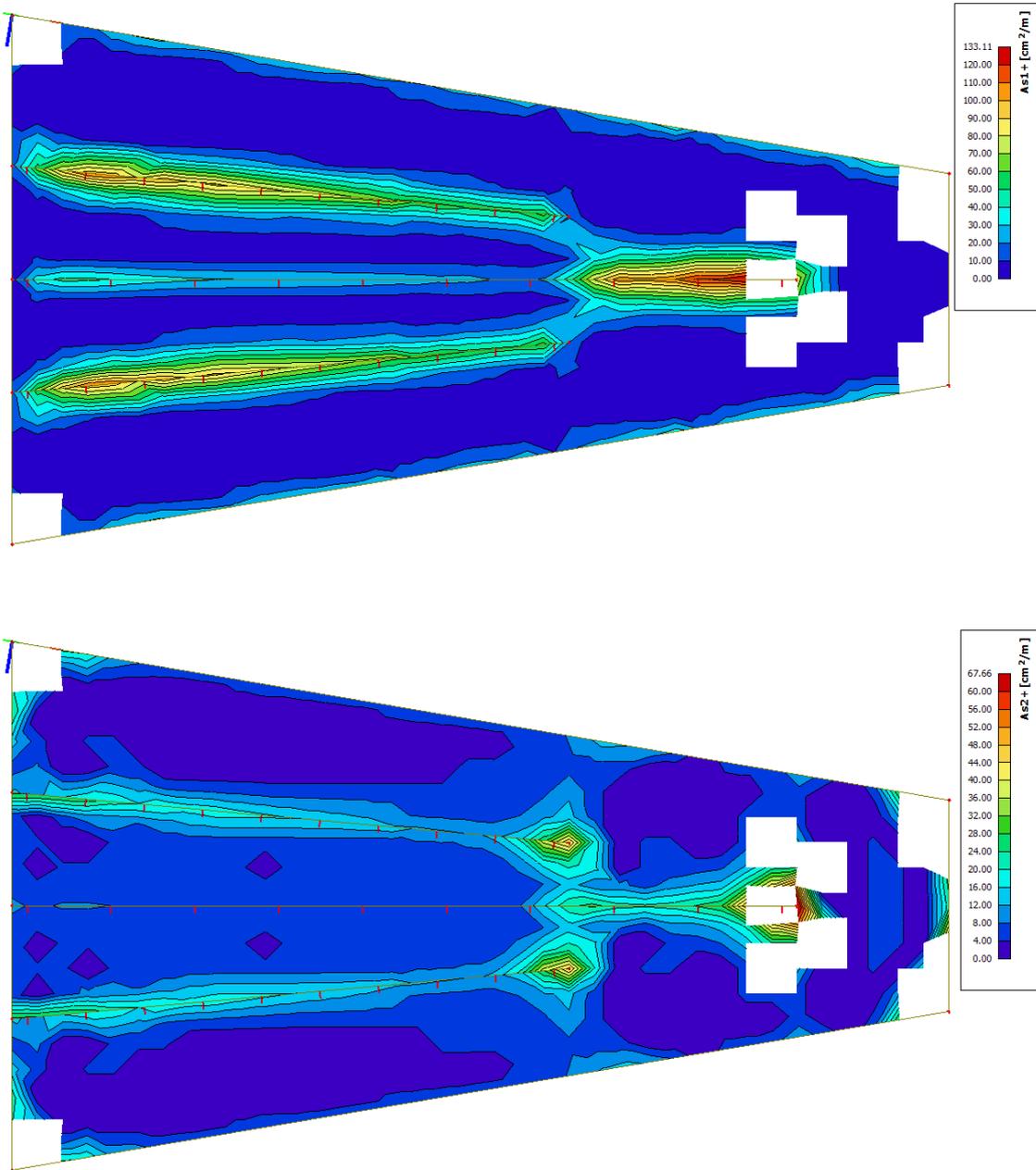
Armatura verticale lato aria.

10.4.2 Camera di carico

10.4.2.1 Solaio

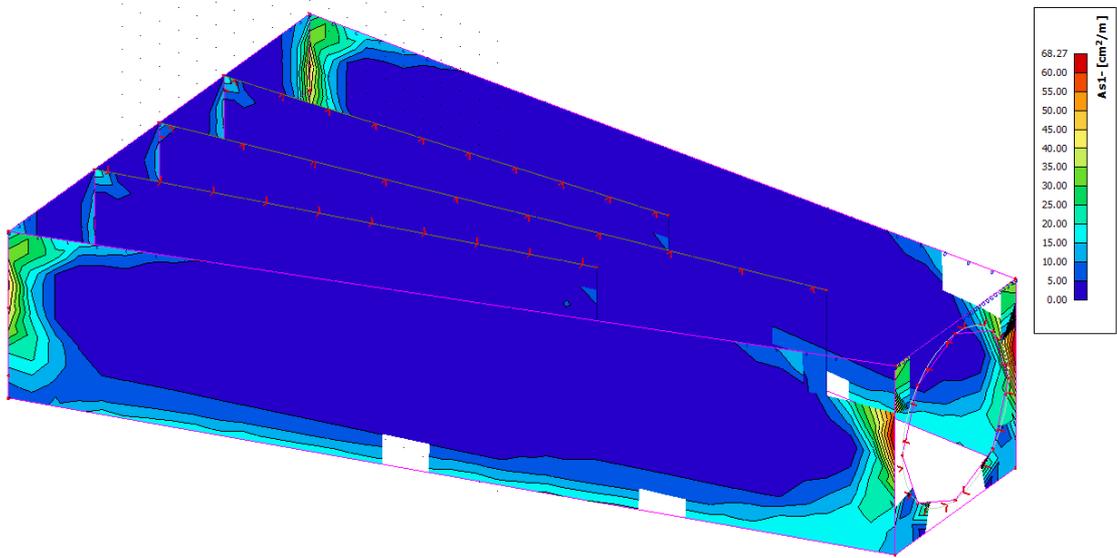
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



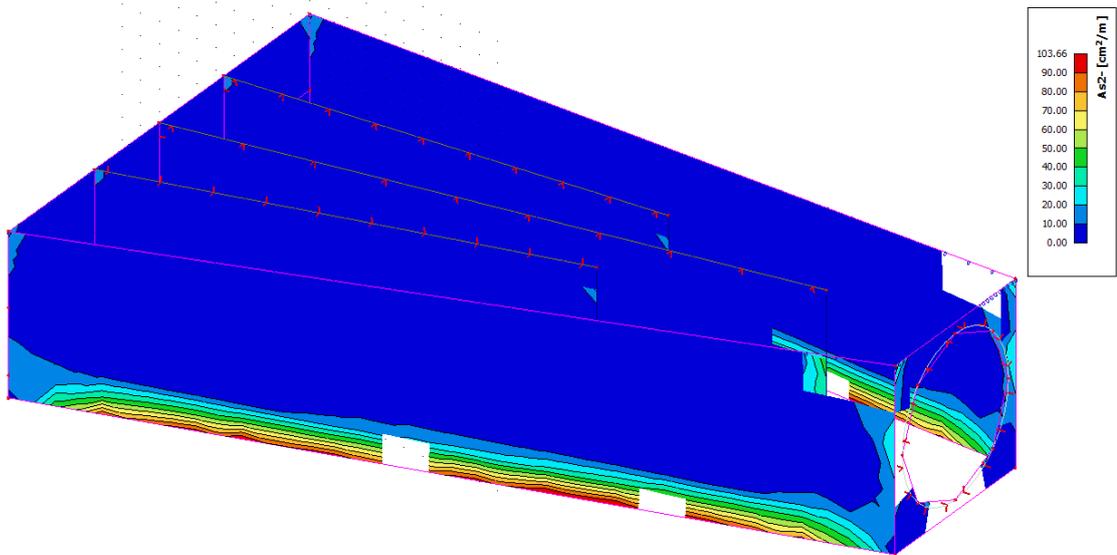


10.4.2.2 Pareti

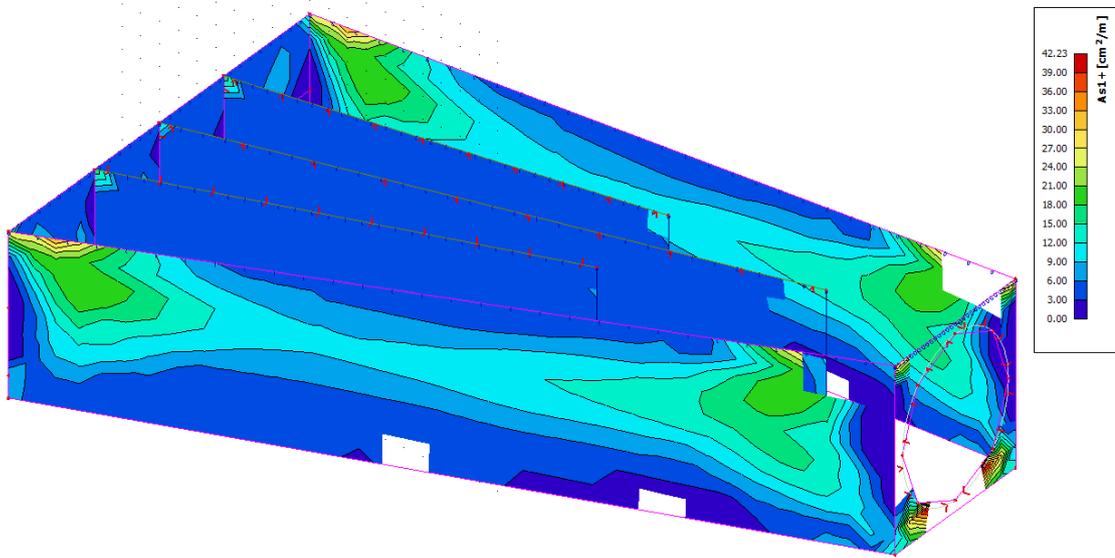
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



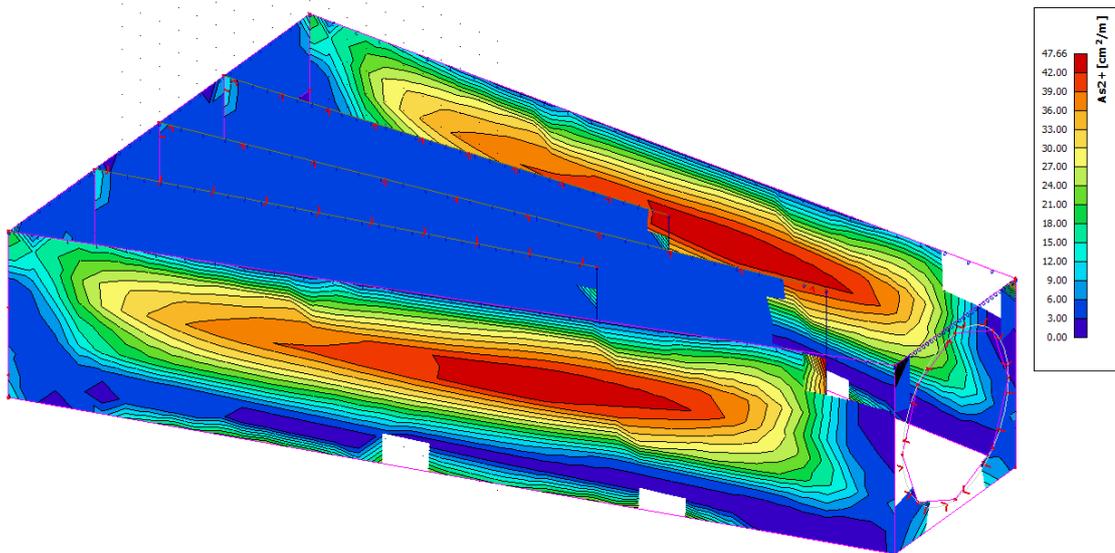
Armatura orizzontale lato terra.



Armatura verticale lato terra.



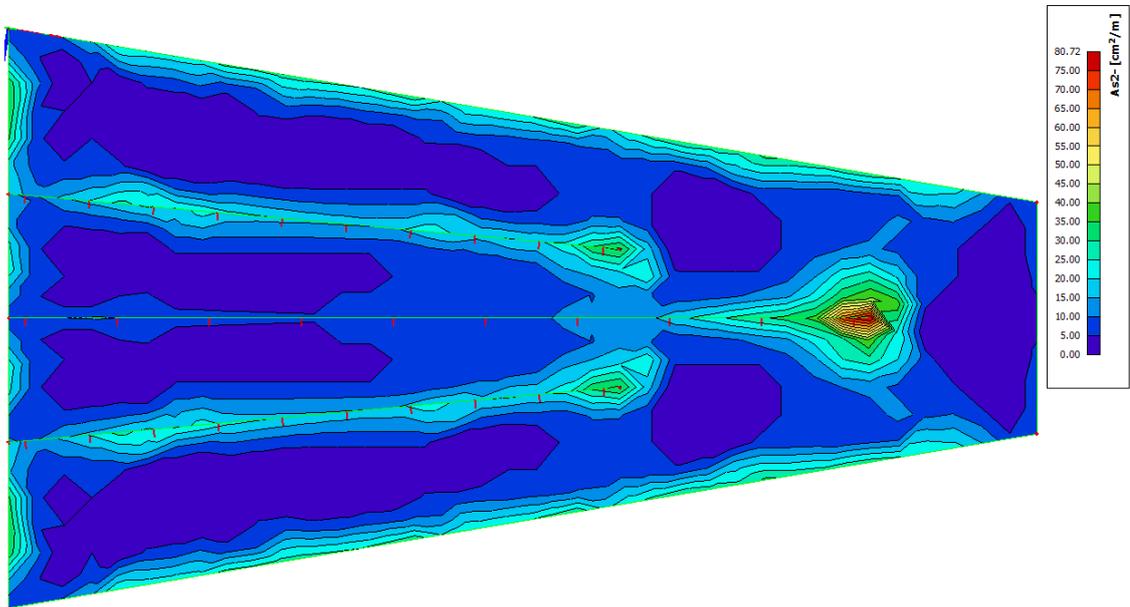
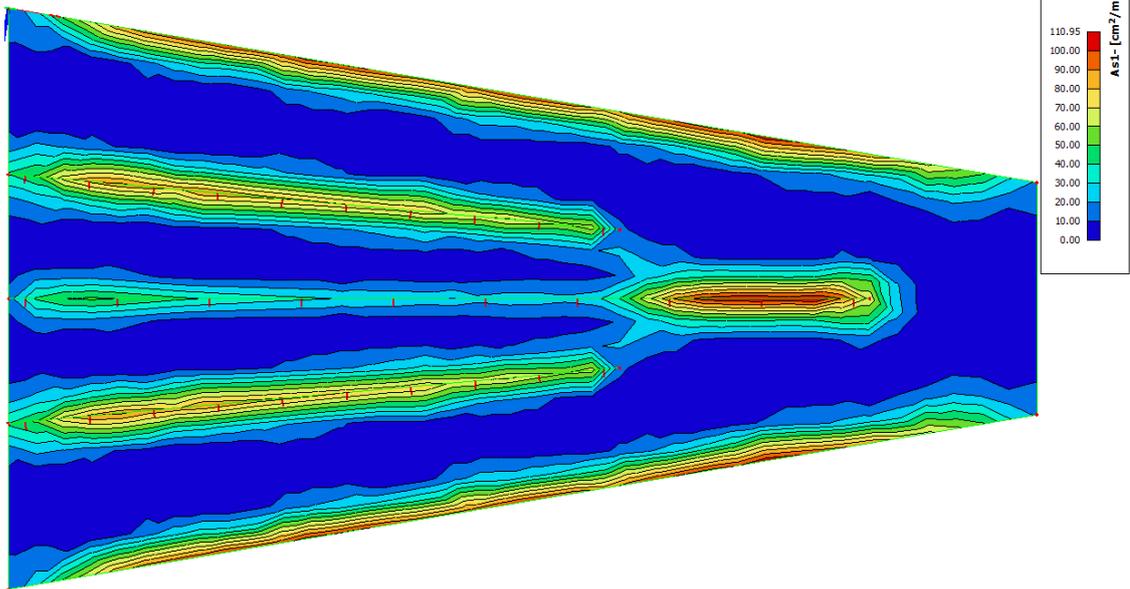
Armatura orizzontale lato aria.

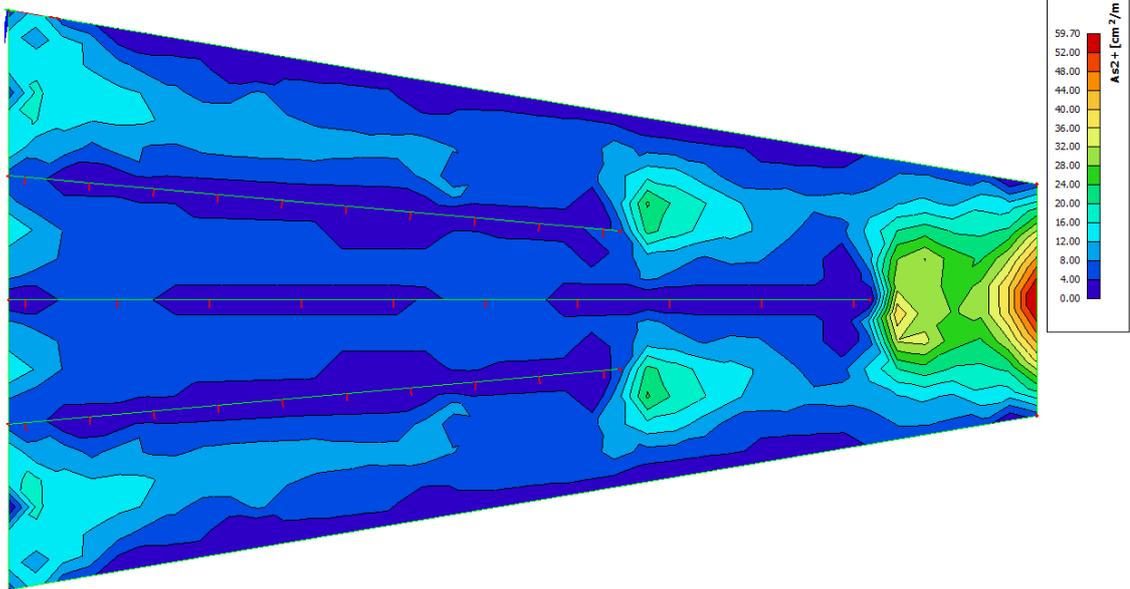
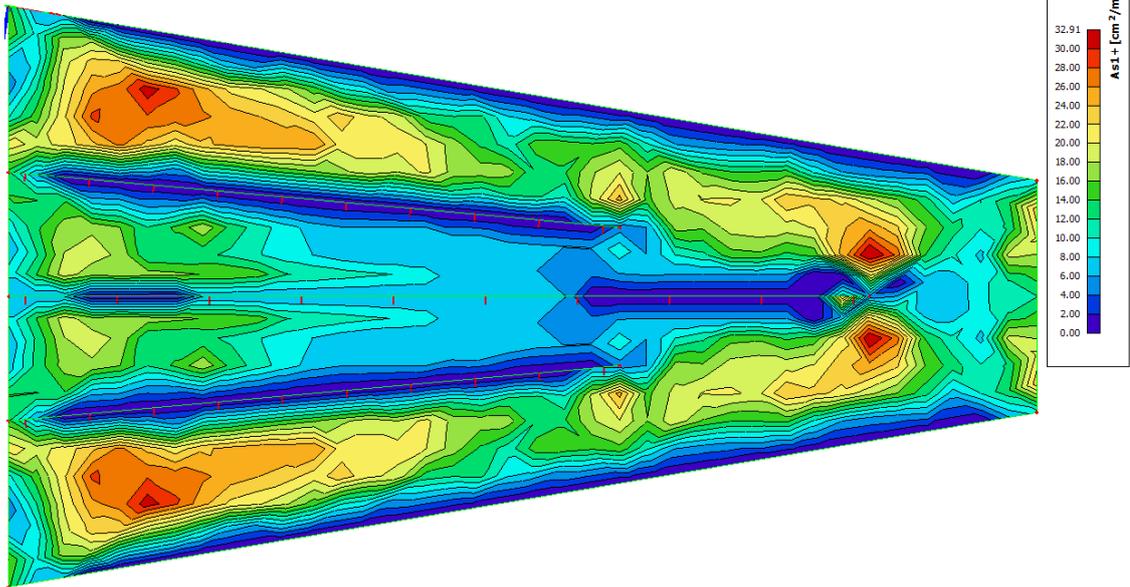


Armatura verticale lato aria.

10.4.2.3 Fondazioni

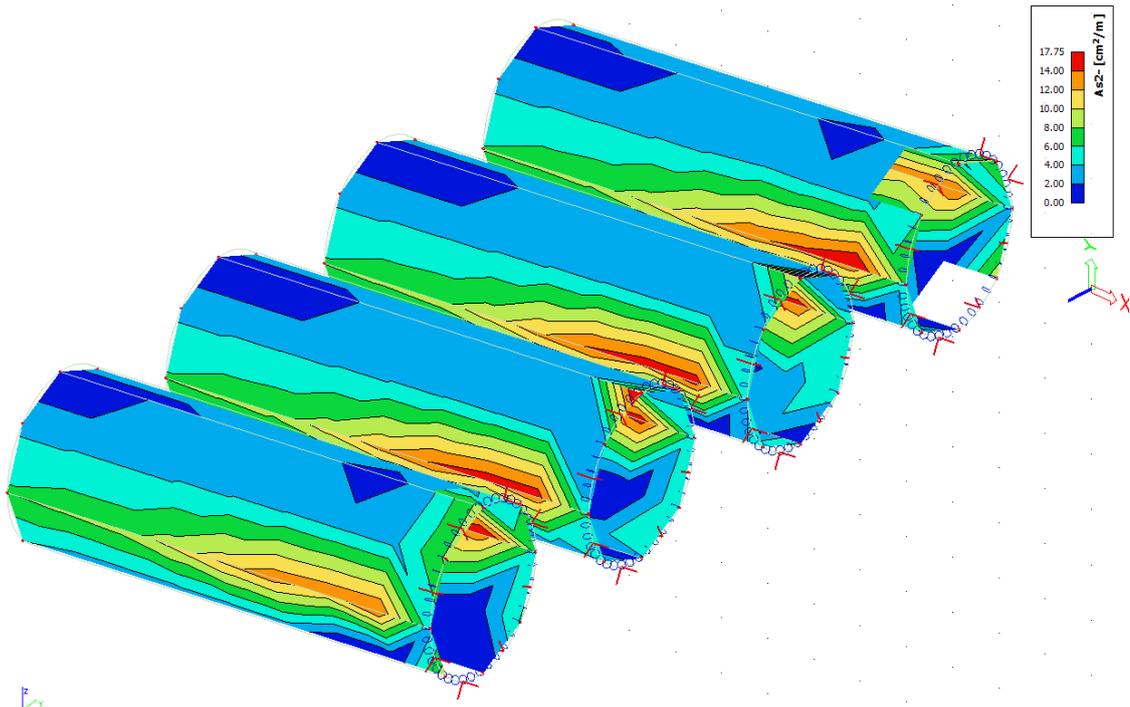
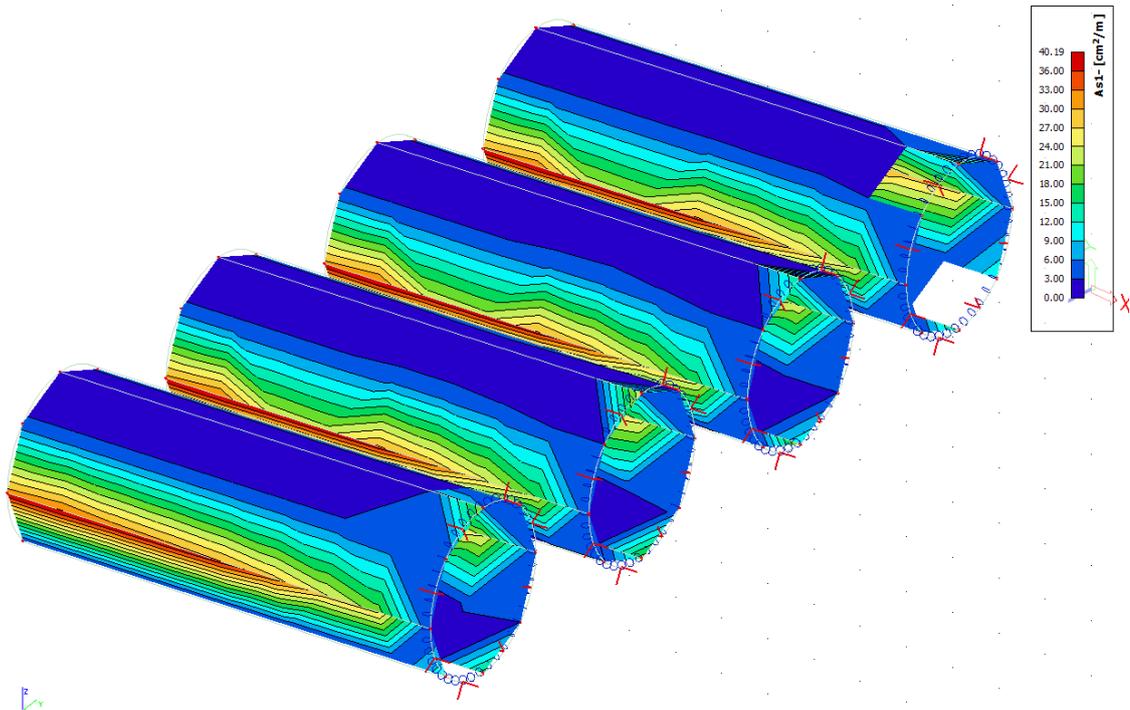
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

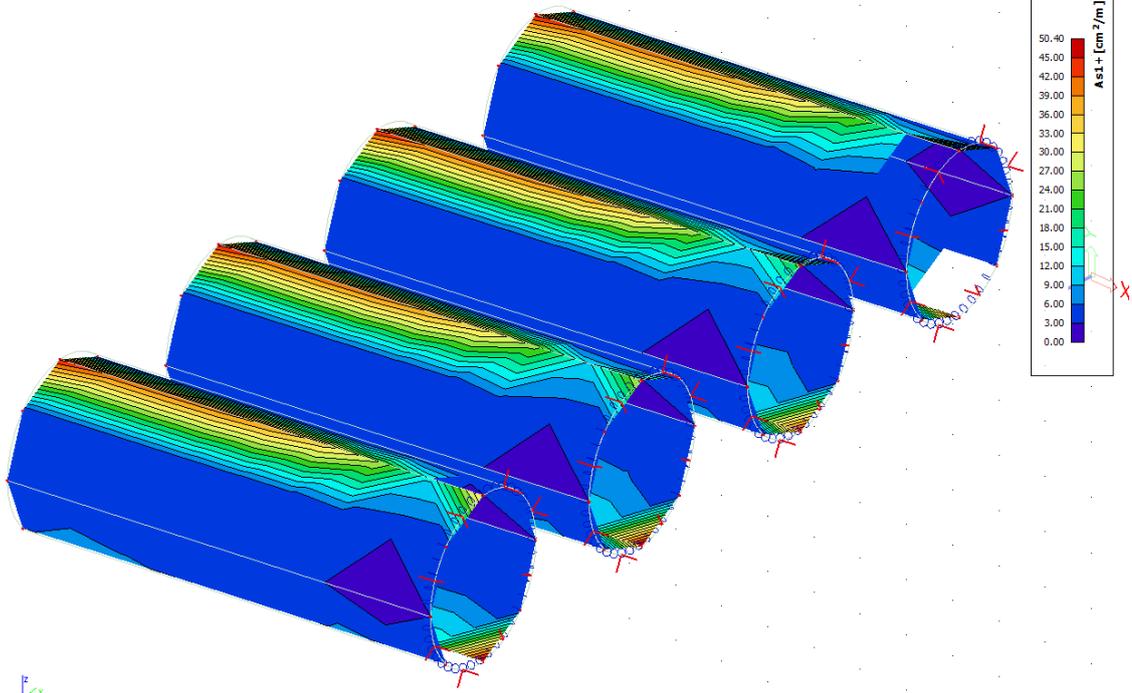




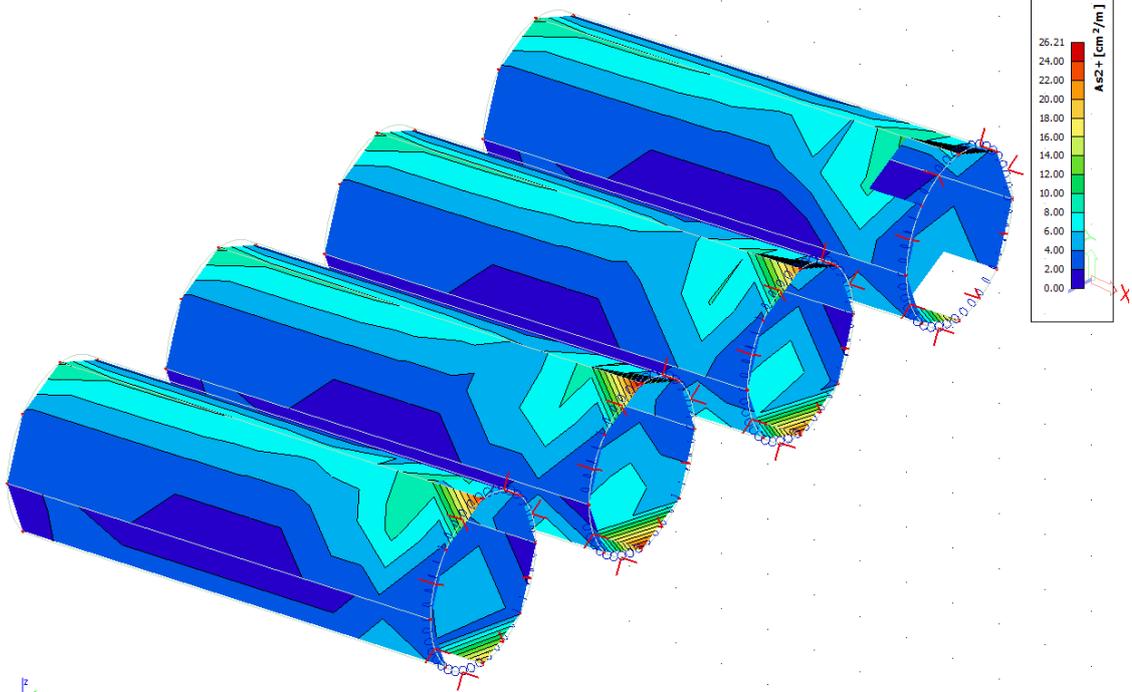
10.4.3 Condotte uscita

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo esterno (-) ed interno (+), nelle due direzioni di posa, Direzione 1 (direzione circonferenziale) e Direzione 2 (direzione delle generatrici del cilindro).





F₂₂

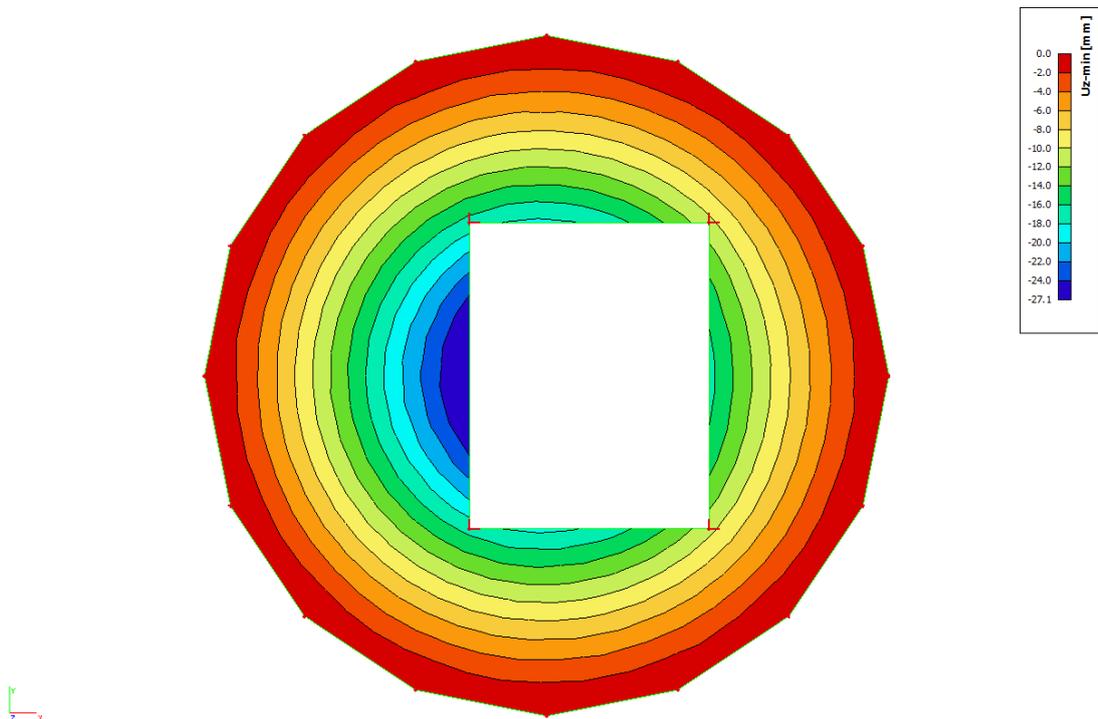


F₂₂

10.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

10.5.1 Camera valvole

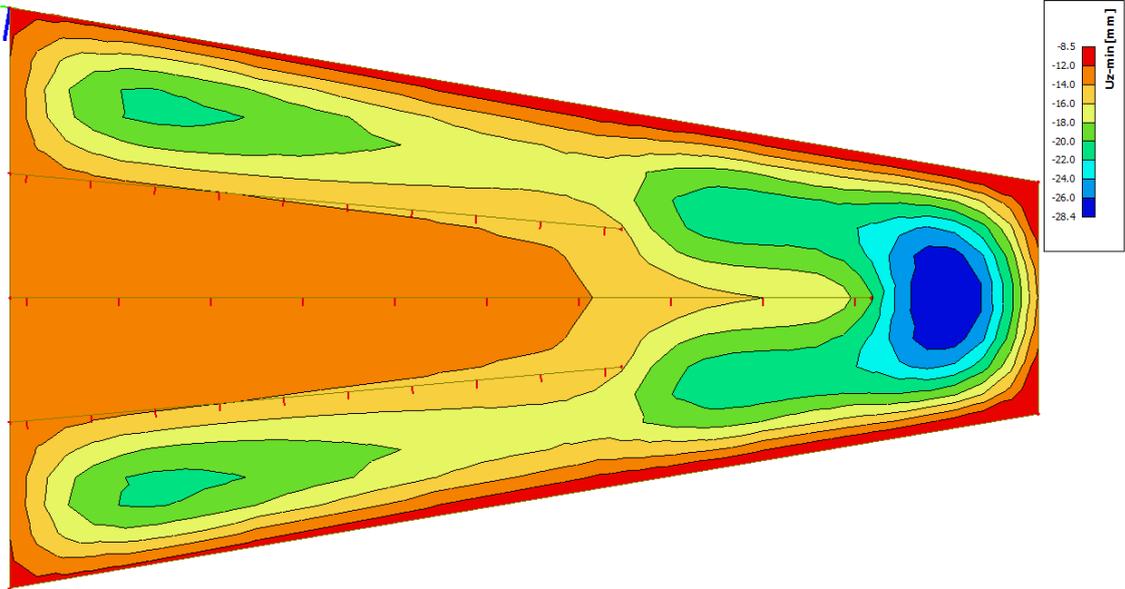
Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali del solaio di copertura, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=27$ mm.



10.5.2 Camera di carico

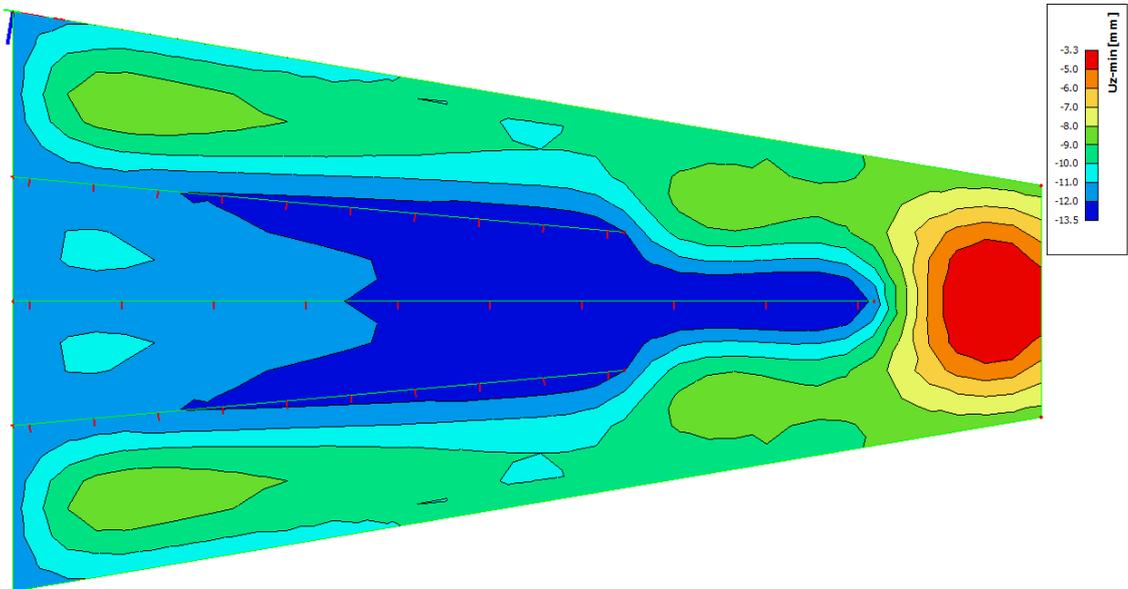
10.5.2.1 Solaio

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali del solaio di copertura, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=28$ mm.



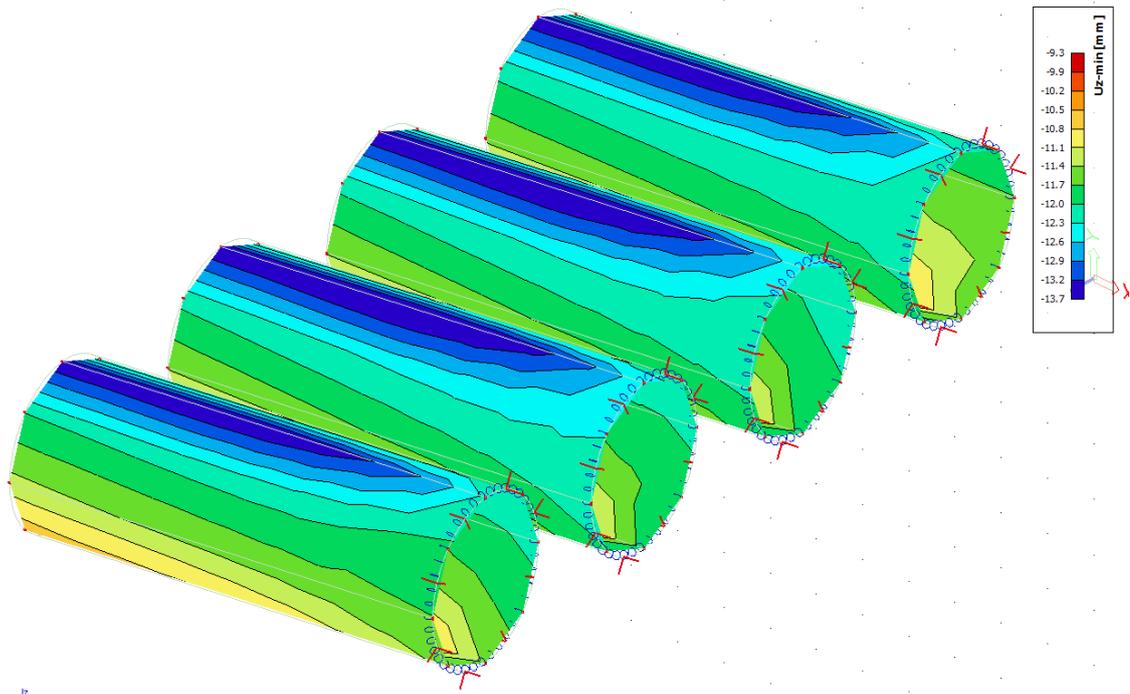
10.5.2.2 Fondazione

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali della platea, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=14$ mm.



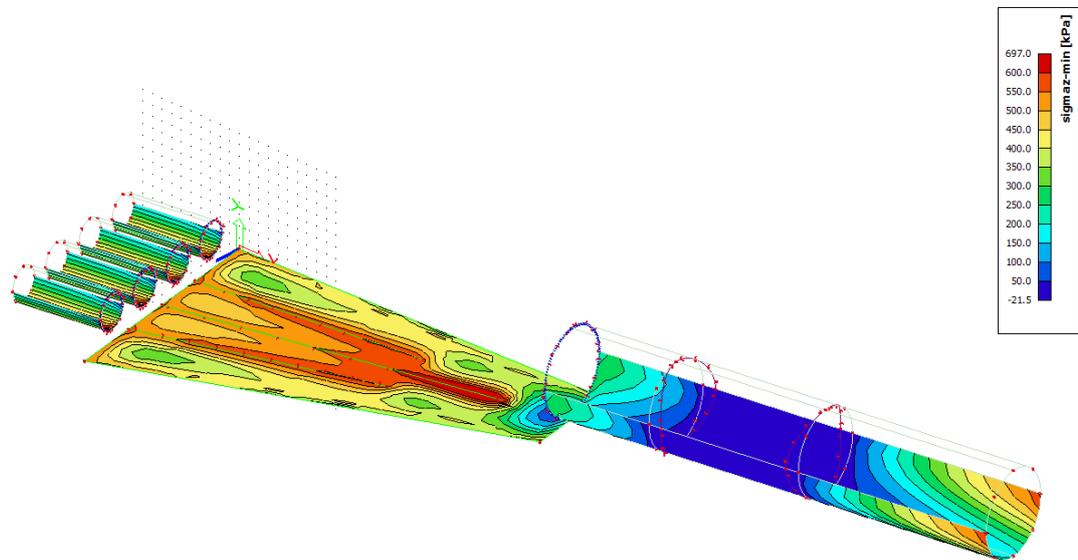
10.5.3 Condotte uscita

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo è $u_z=14$ mm.



10.6 Pressioni sul terreno

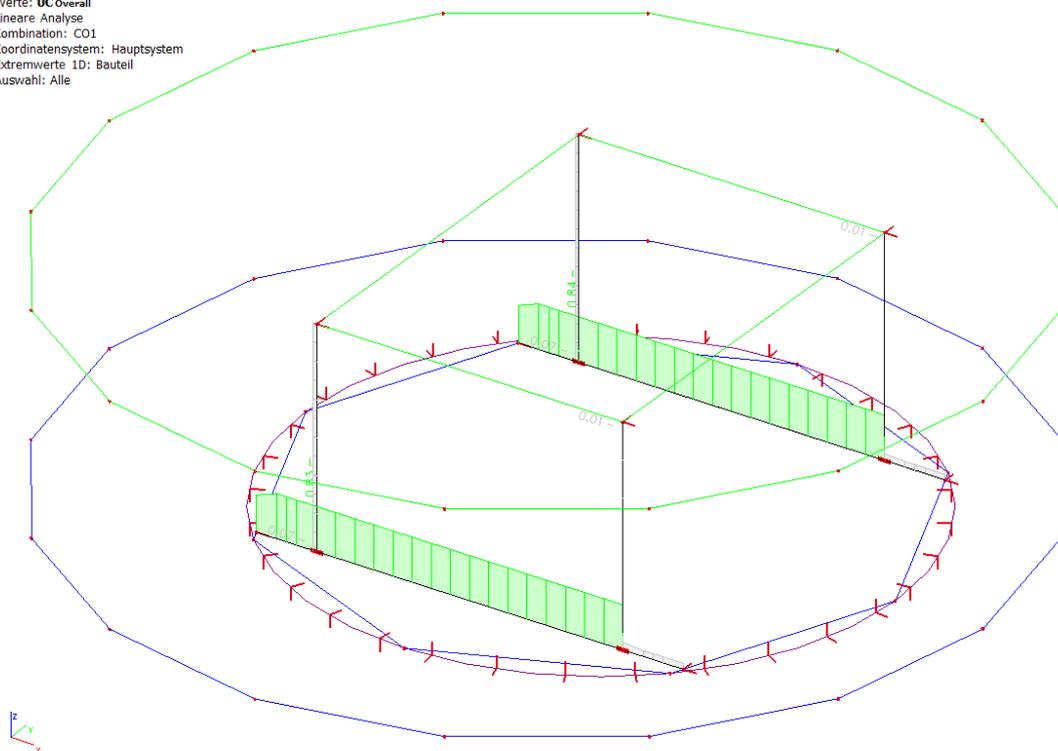
Si riportano di seguito, in forma grafica, le pressioni sul terreno, per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. Sulla maggior parte della superficie la pressione è inferiore a 450 kN/m^2 . La pressione massima è $q_{\max}=697 \text{ kN/m}^2$, che è localizzata in un'area di estensione limitata.



10.7 Travi e colonne in acciaio

Si riporta di seguito, in forma grafica, il grado di sfruttamento delle sezioni delle travi in acciaio per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. Il grado massimo di sfruttamento delle travi è $\eta=0,83 < 1,00$ e quello delle colonne $\eta=0,07 < 1,00$.

EC-EH 1993 Stahlnachweis GZT
 Werte: UC Overall
 Lineare Analyse
 Kombination: CO1
 Koordinatensystem: Hauptsystem
 Extremwerte 1D: Bauteil
 Auswahl: Alle



11. Centrale di produzione energia

11.1 Premessa

La struttura, completamente interrata, comprende le seguenti parti.

Zona ingresso

È la struttura, alla quale si accede con i mezzi che trasportano le componenti meccaniche.

Locale turbine

È la struttura principale e di maggior volume, di dimensioni 23 m x 645 m e altezza 69 m.

È realizzata in calcestruzzo armato. Le pareti contro terra sono realizzate come diaframmi. I solai, su diversi livelli sostengono i carichi verticali e hanno la funzione aggiuntiva di puntellare le pareti opposte, contro la spinta del terreno.

Locali trasformatori

Sono ospitati in una struttura vicina al locale turbine alla quale sono collegati da quattro corridoi.

Corridoi di servizio

Collegano il locale turbine alla struttura che ospita i trasformatori.

Vano scale

Consente l'accesso al locale turbine e al locale trasformatori.

Tutte le strutture sono progettate in calcestruzzo armato. I solai di luce superiore ai 20 metri, sono realizzati come solai nervati. Si riportano di seguito gli spessori delle strutture.

Zona ingresso

pareti esterne		s=40 cm
fondazioni continue		200 x 70 cm
soffitto di copertura	soletta	s=50 cm
	travi 30x150, interasse i=200 cm	

Locale turbine

pareti esterne		s=120 cm
platea		s=100 cm
solai	soletta	s=50 cm
	irrigiditi con travi 30x150	

solaio copertura soletta s=50 cm
travi 30x150, interasse i=200 cm

Locali trasformatori

Fondazioni s=50 cm
Muri esterni s=50 cm
Muri interni s=30 cm
Solaio di copertura s=50 cm

Corridoi di servizio

Platee s=50 cm
Muri s=50 cm
Solaio copertura s=50 cm

Vano scale

Platea fondazione s=30 cm
Muri esterni s=30 cm
Pianerottoli s=30 cm
Rampe scale s=20 cm

11.2 Carichi

Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

11.2.1 Carichi permanenti

Sovraccarico permanente solai	$g_2 =$	3,00 kN/m ²
Carico generatore	$g_3 =$	3600 kN (360 t)
Carico trasformatore mt/at	$g_4 =$	1495 kN (149,5 t)
Carico trasformatore mt/bt	$g_5 =$	605 kN (60,5 t)
Carico girante	$g_6 =$	500 kN (50 t)
Carico olio	$g_7 =$	9,0 x 2,00 = 18,0 kN/m ²
Carico acqua	$g_8 =$	10,0 x 2,00 = 20,0 kN/m ²

Carico terreno: calcolato considerando un peso specifico $\gamma=19$ kN/m³.

11.2.2 Carichi variabili

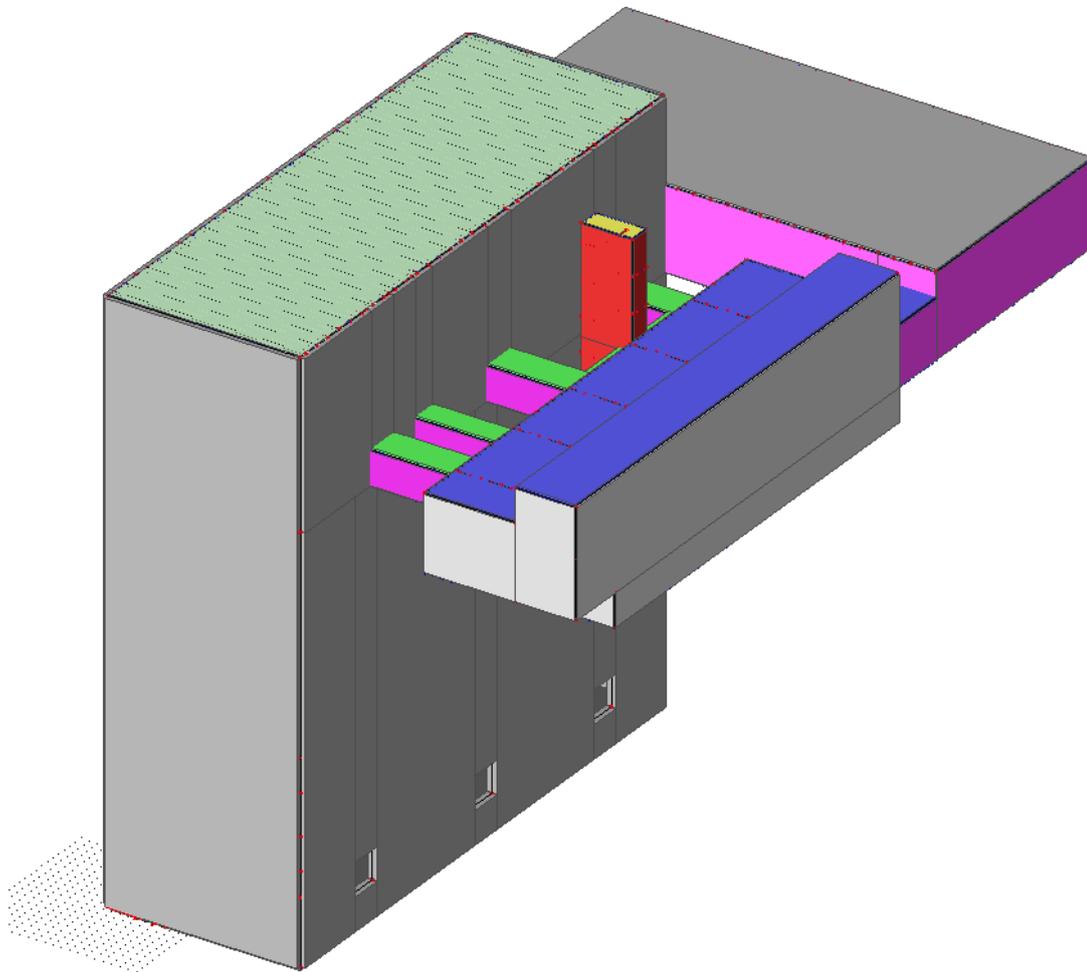
Carico di servizio $q_1 = 2,00/4,00 \text{ kN/m}^2$

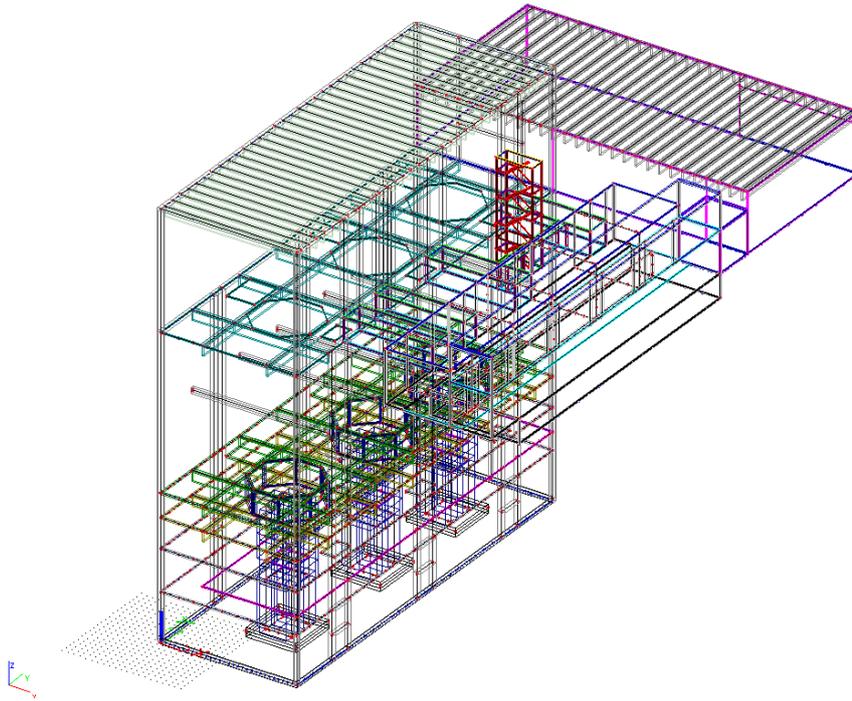
Carico neve $q_2 = 1.70 \text{ kN/m}^2$

Il carroponete dovrà essere in grado di sollevare pesi fino a 1650 kN (165 t).

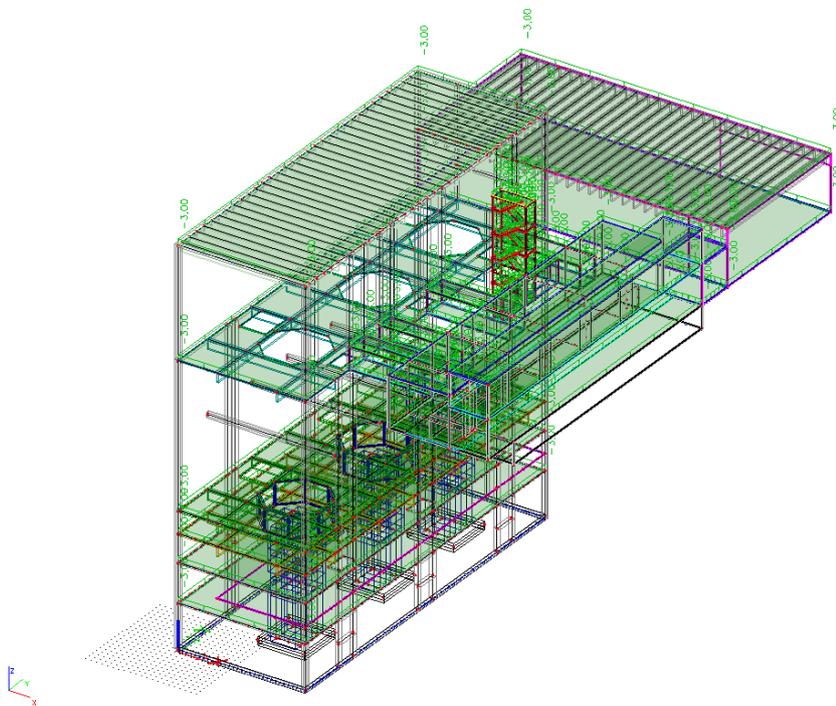
11.3 Modello di calcolo e carichi applicati

11.3.1 Modello di calcolo

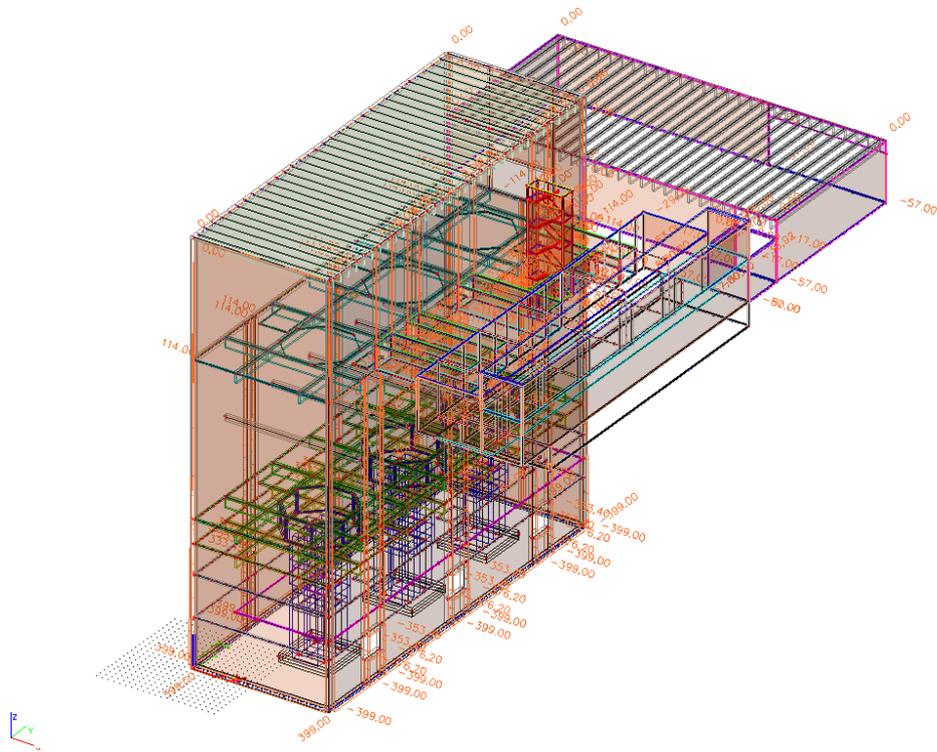




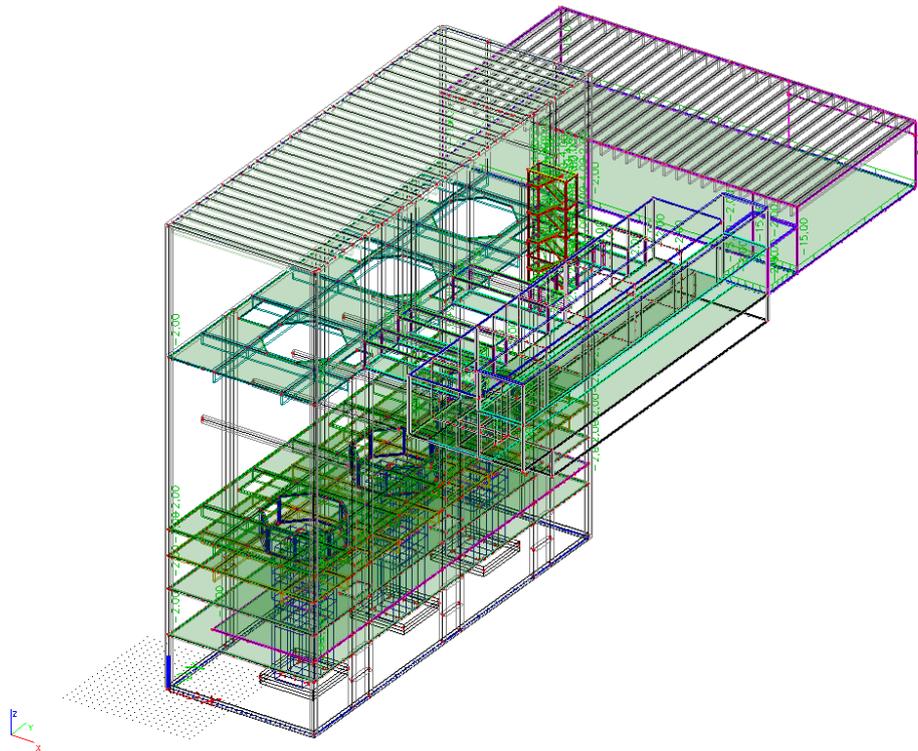
11.3.2 Carichi applicati



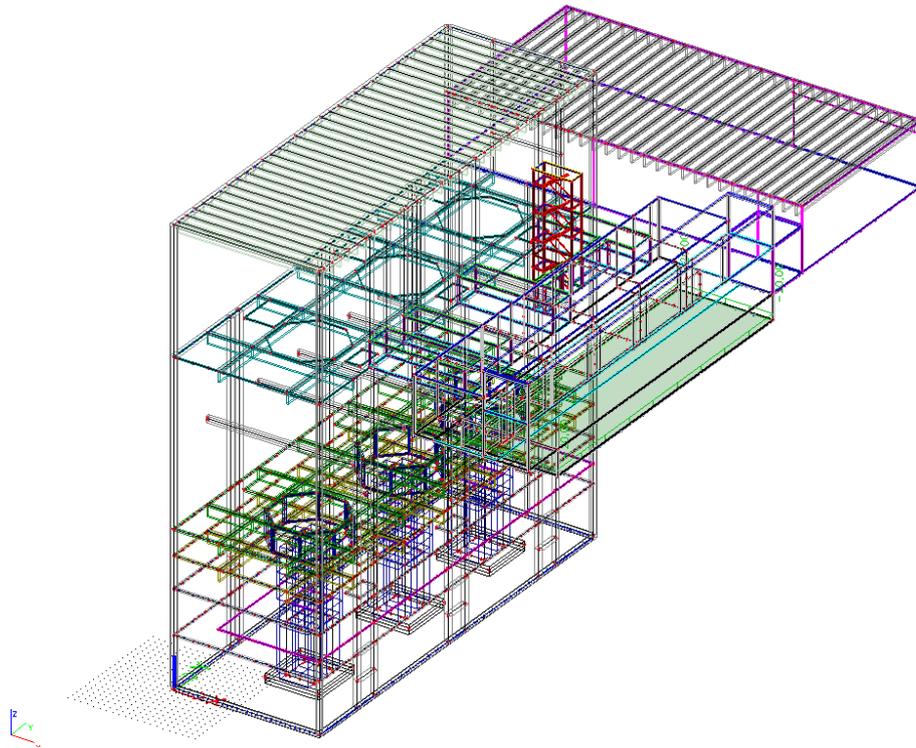
Sovraccarico permanente solai.



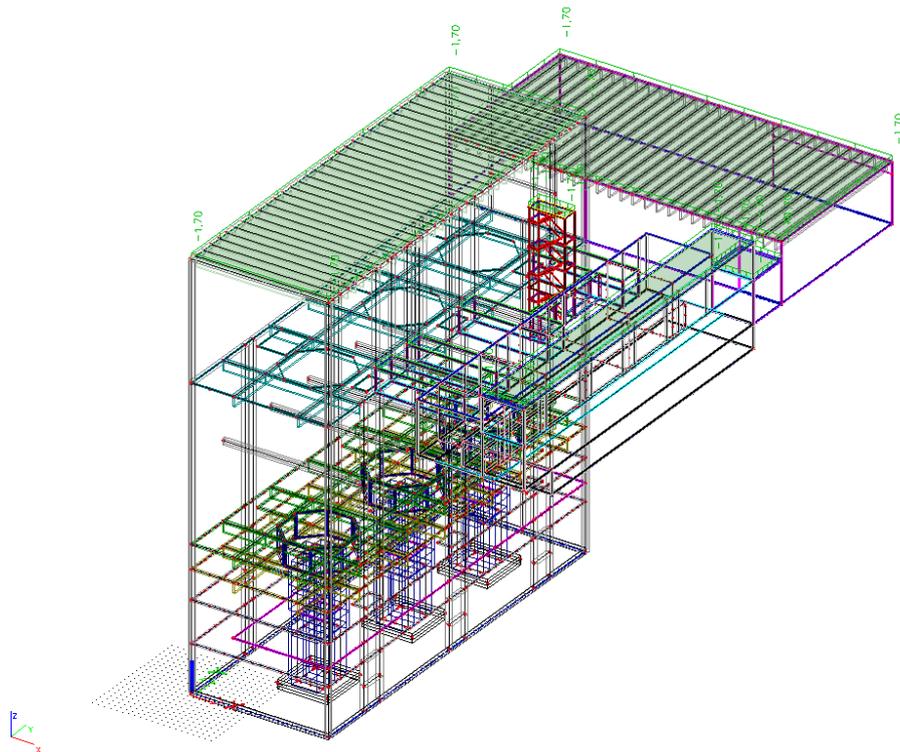
Sovraccarico permanente spinta terreno,



Sovraccarico variabile magazzino.



Sovraccarico variabile acqua/olio.



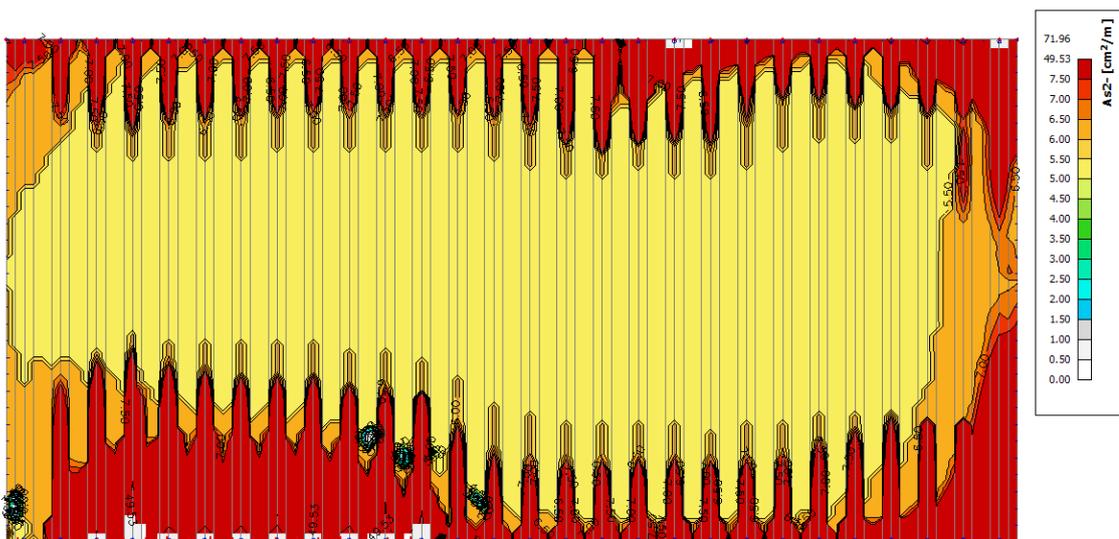
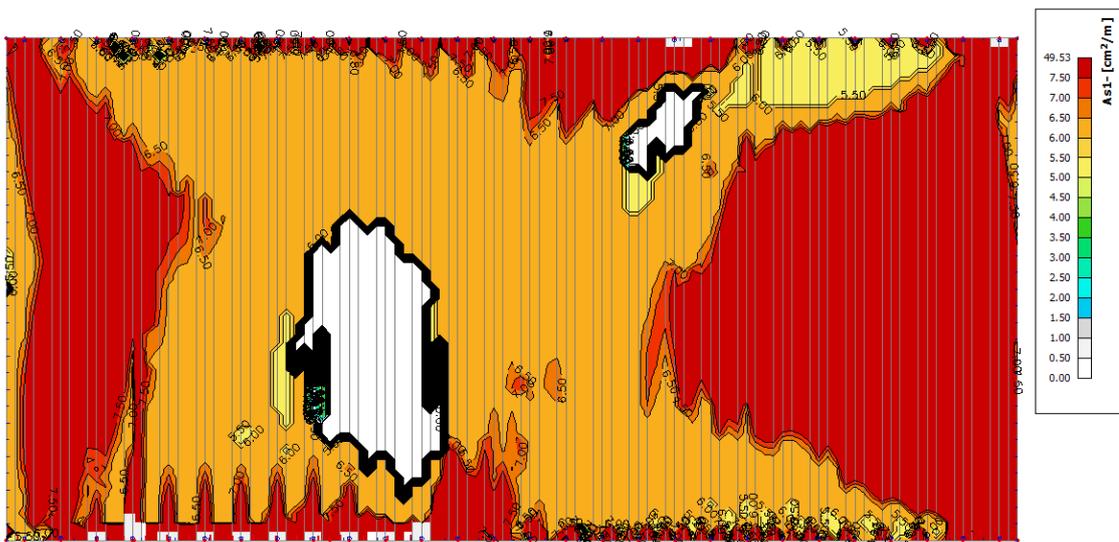
Sovraccarico variabile neve.

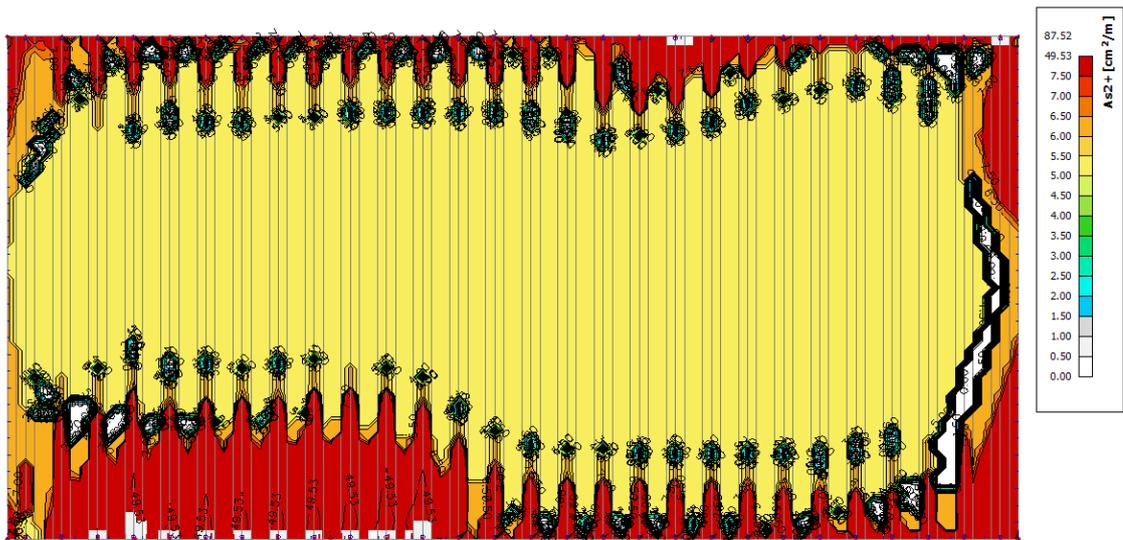
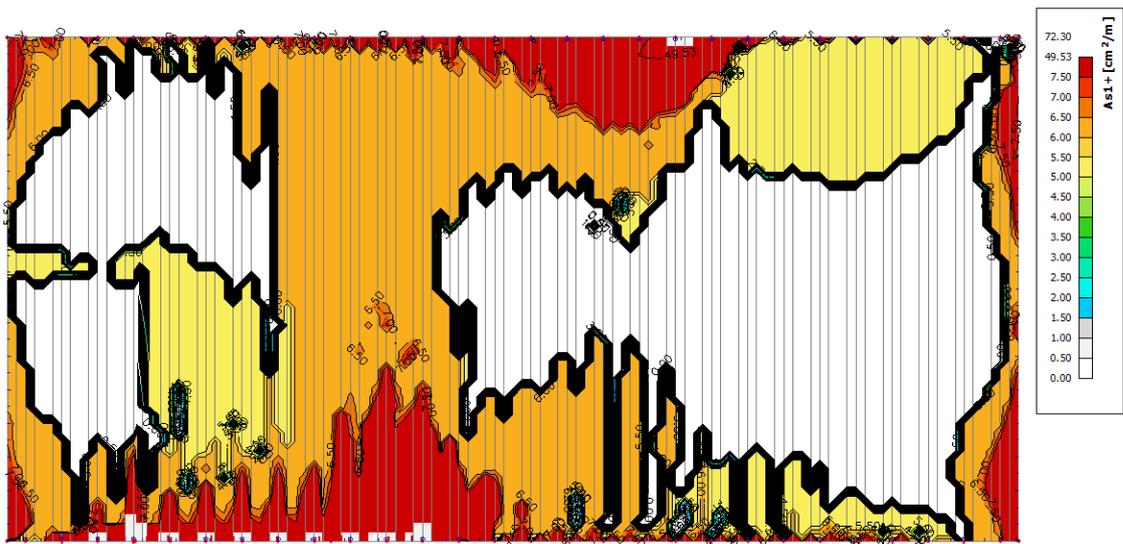
11.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

11.4.1 Ingresso

11.4.1.1 Solaio

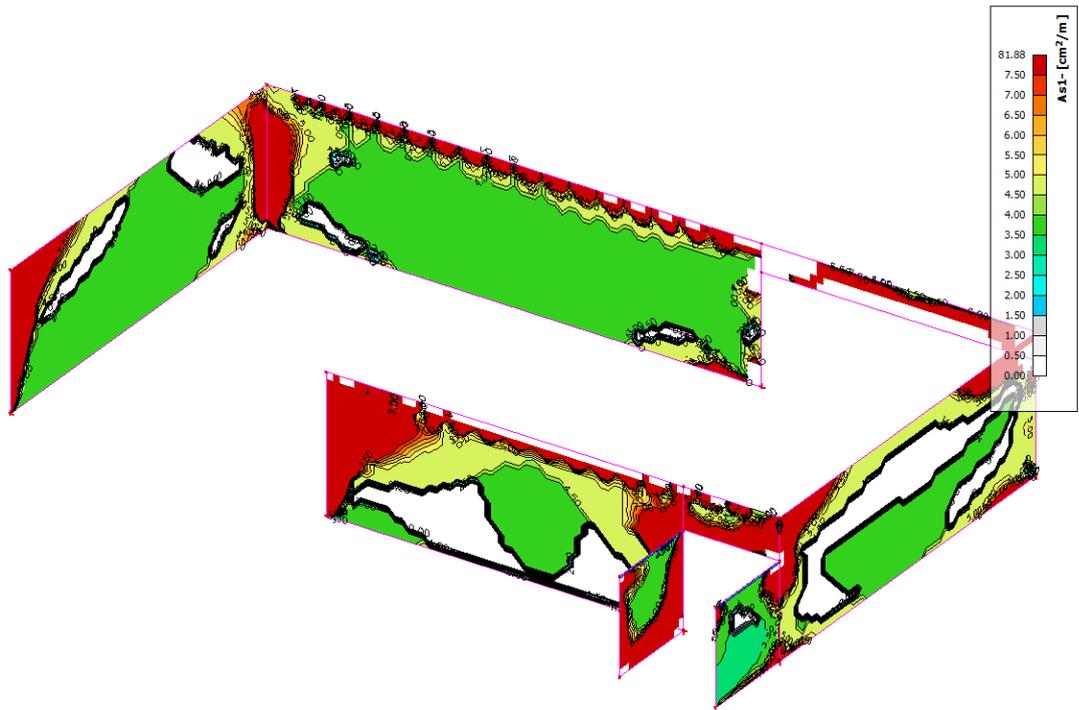
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



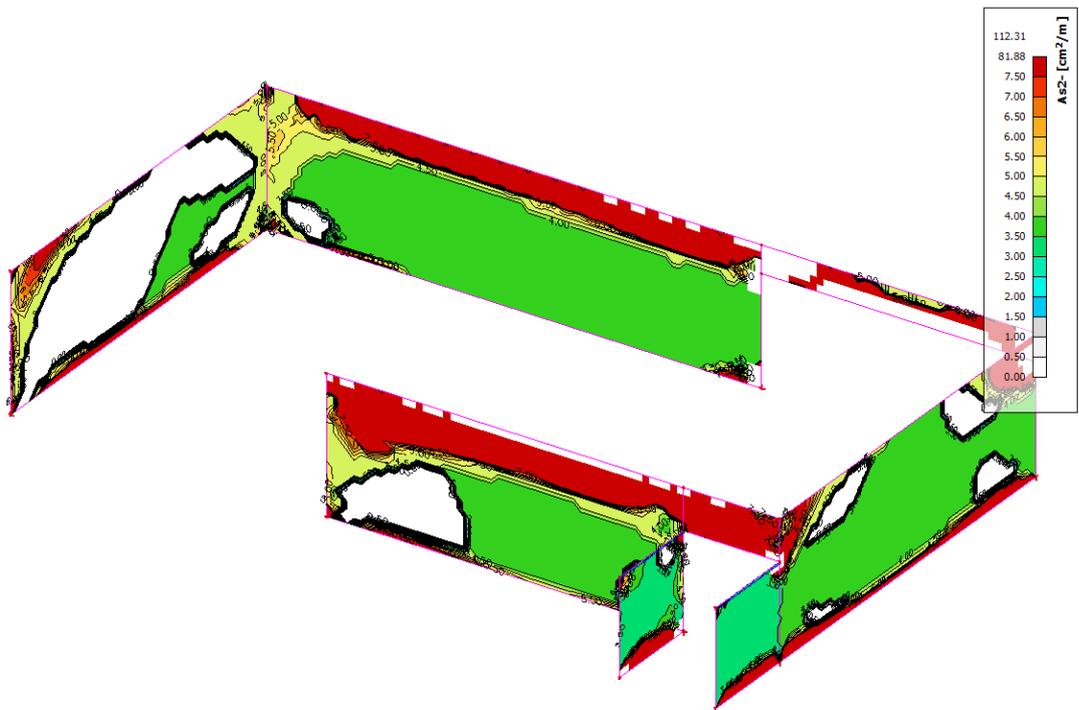


11.4.1.2 Pareti

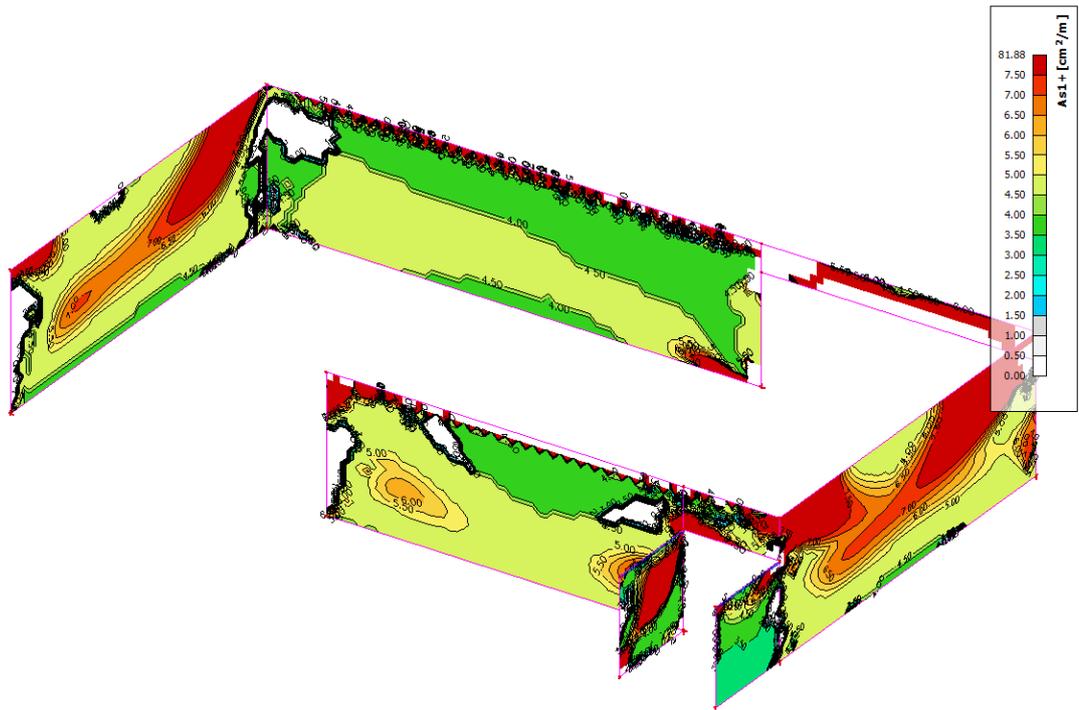
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm²/m) sui due lati, interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



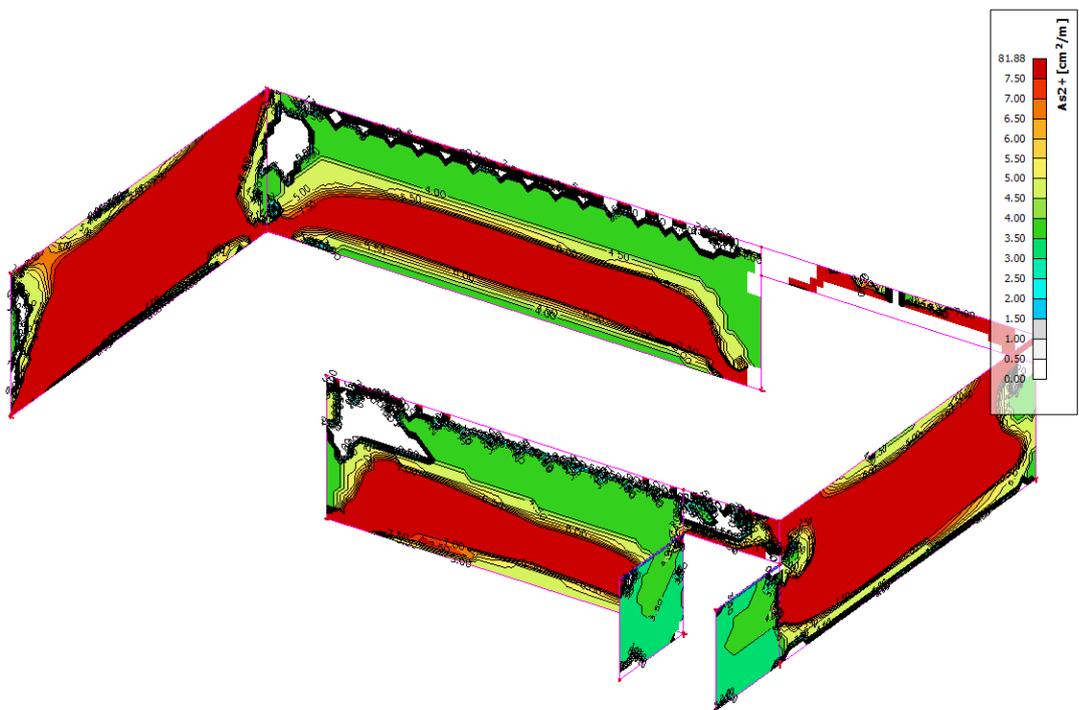
Armatura orizzontale lato terra.



Armatura verticale lato terra,



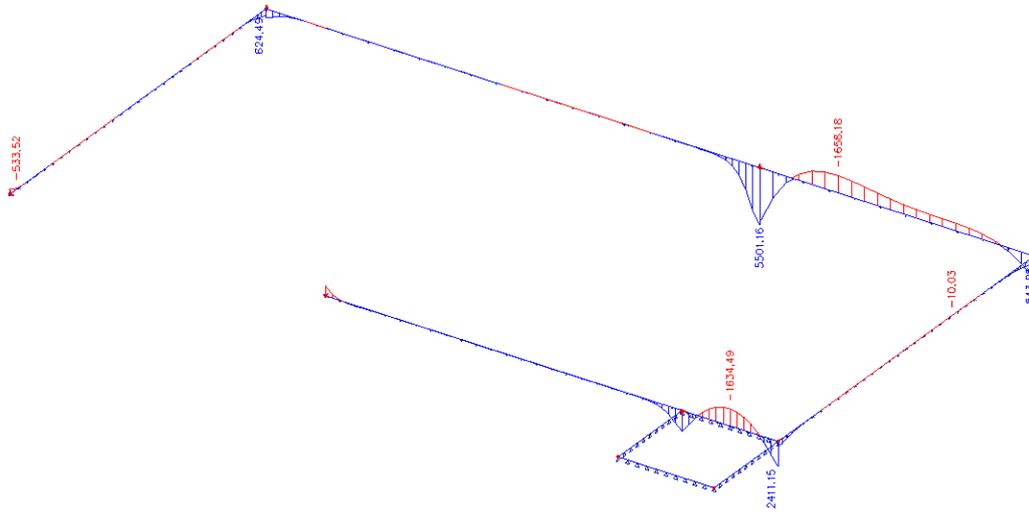
Armatura orizzontale lato aria.



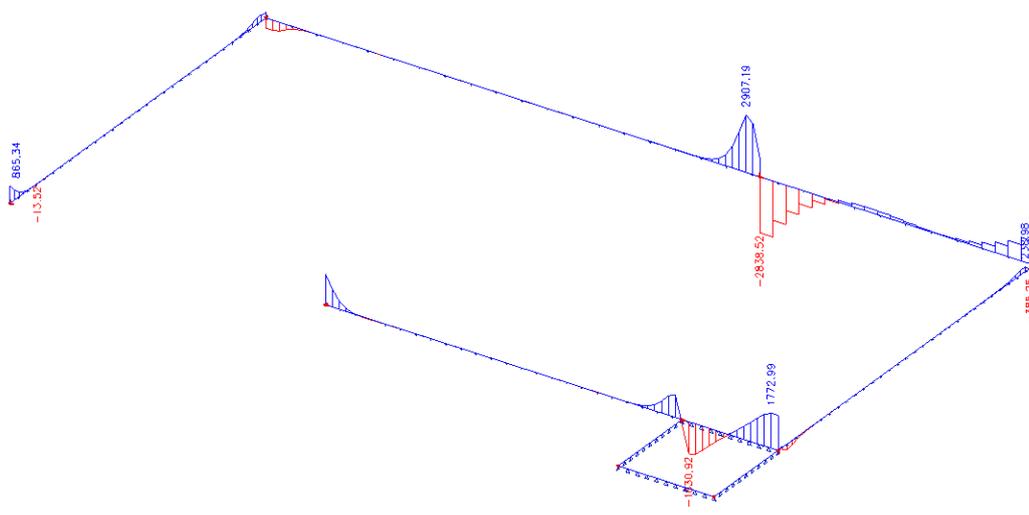
Armatura verticale lato aria,

11.4.1.3 Fondazioni

Sollecitazioni negli elementi trave



Momento flettente M_{sd} (kNm).

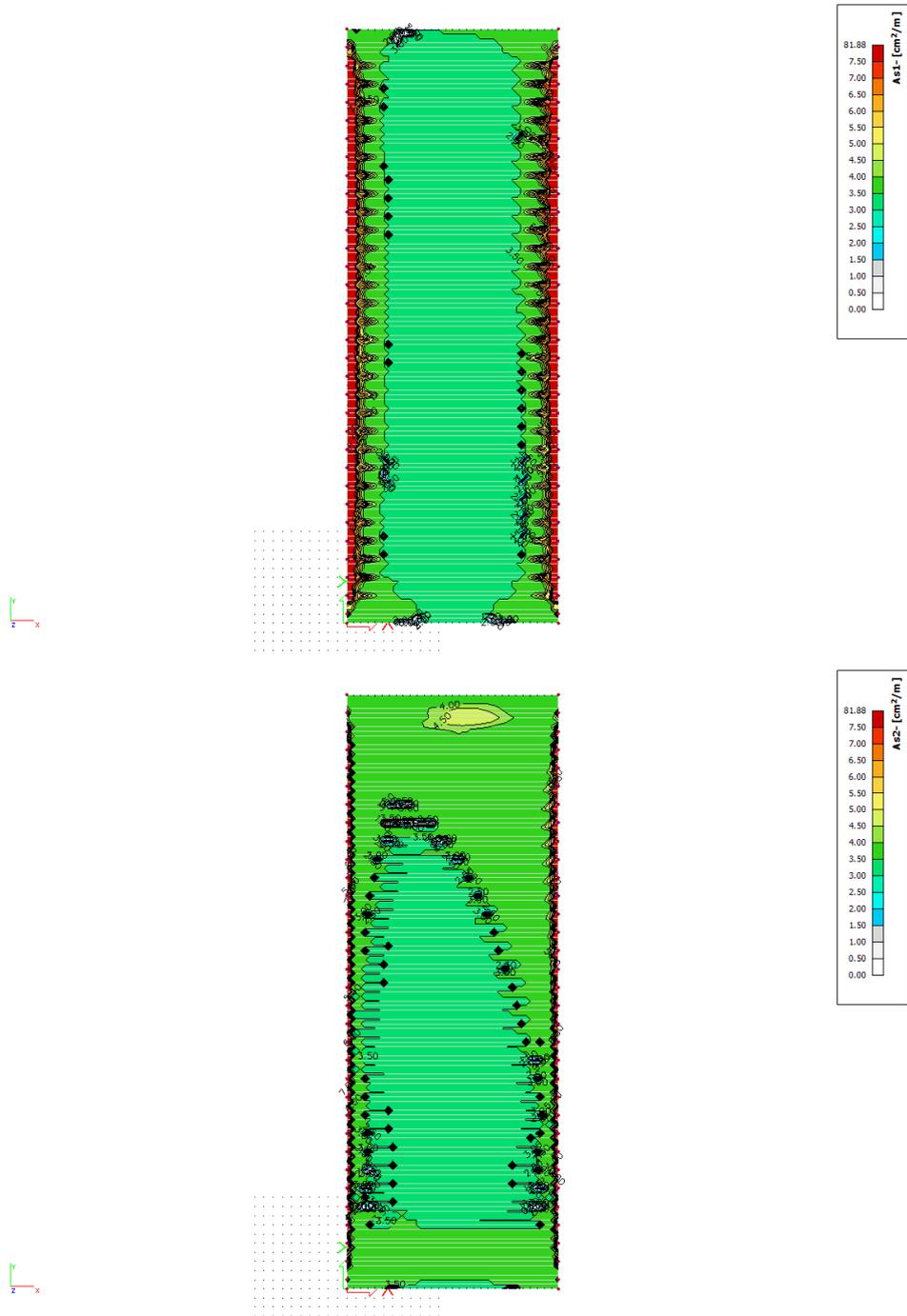


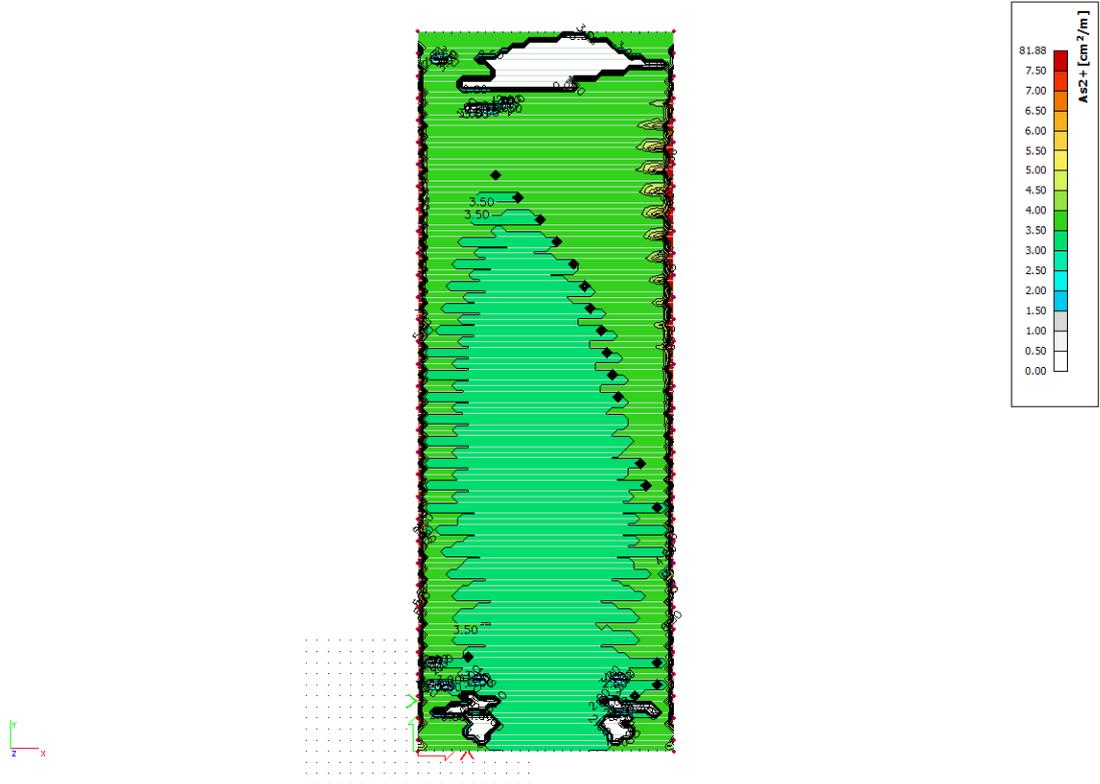
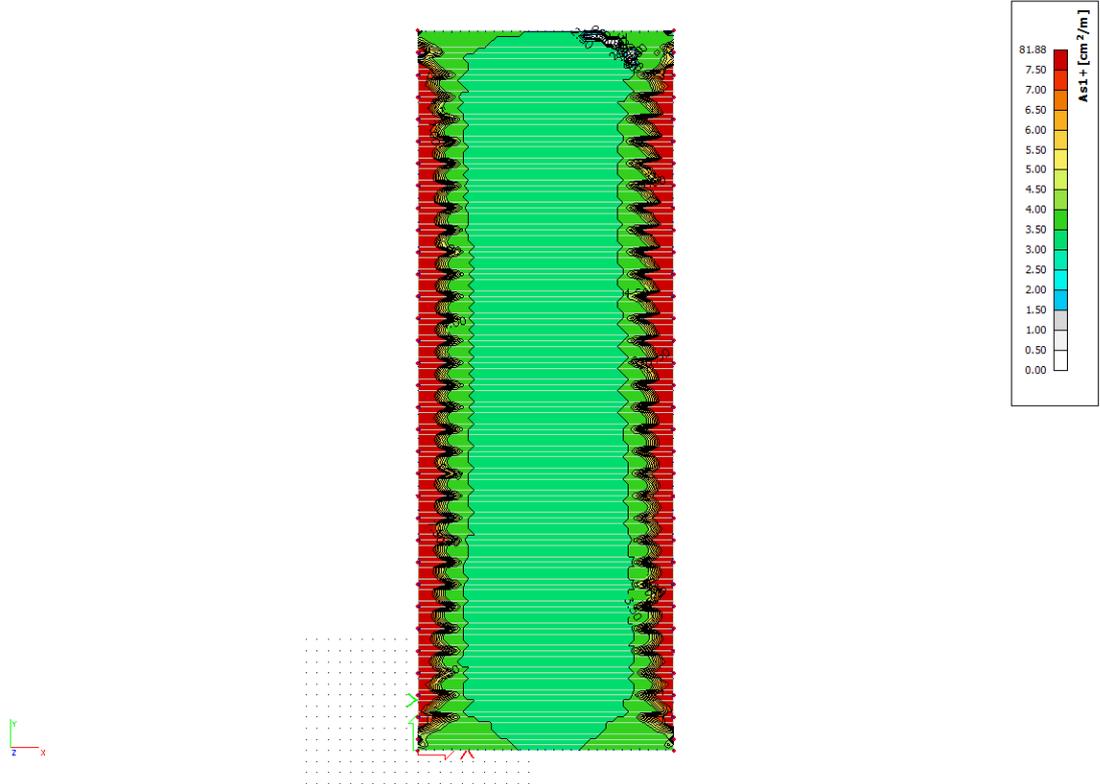
Taglio V_{sd} (kN).

11.4.2 Edificio turbine

11.4.2.1 Solaio copertura

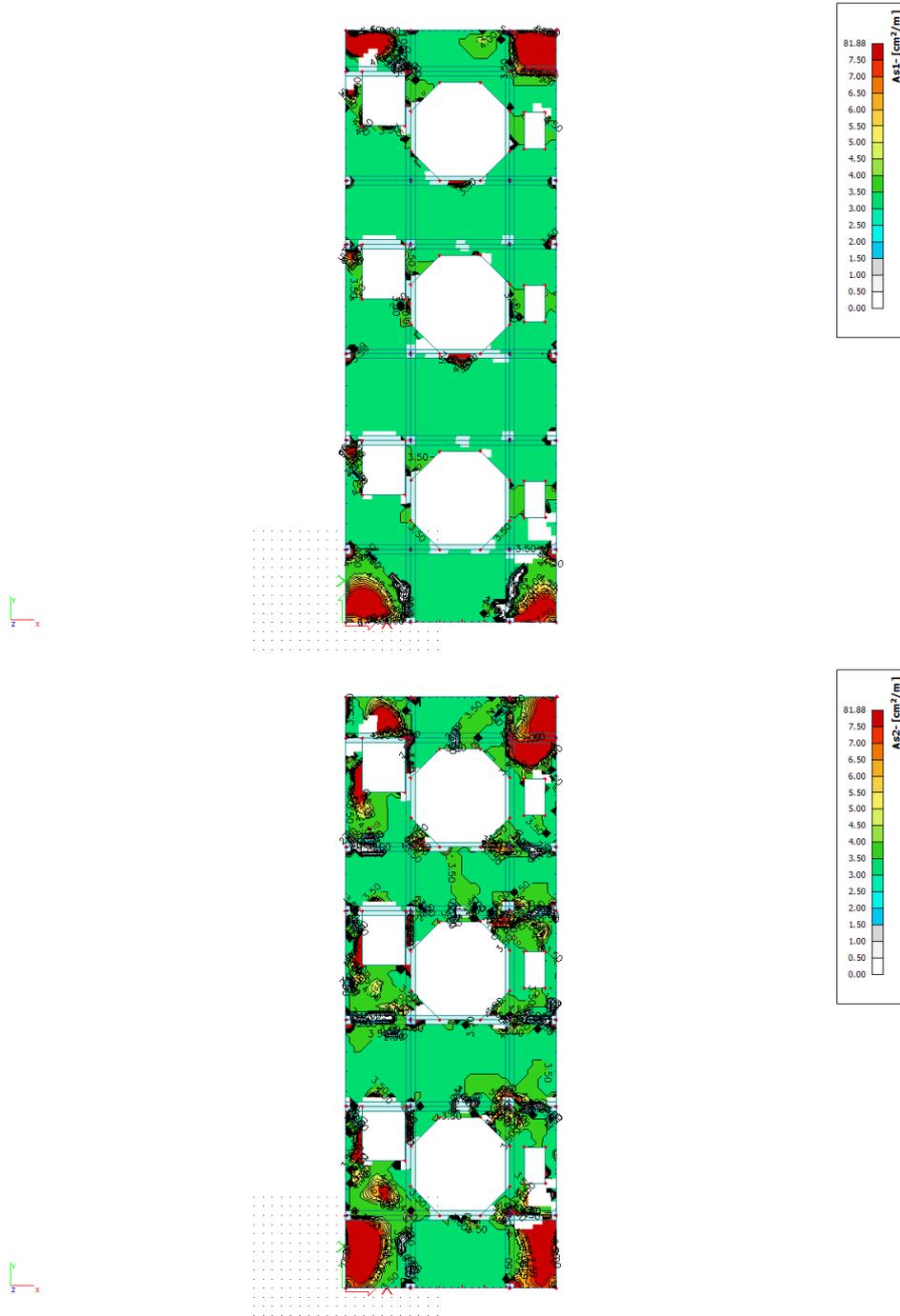
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

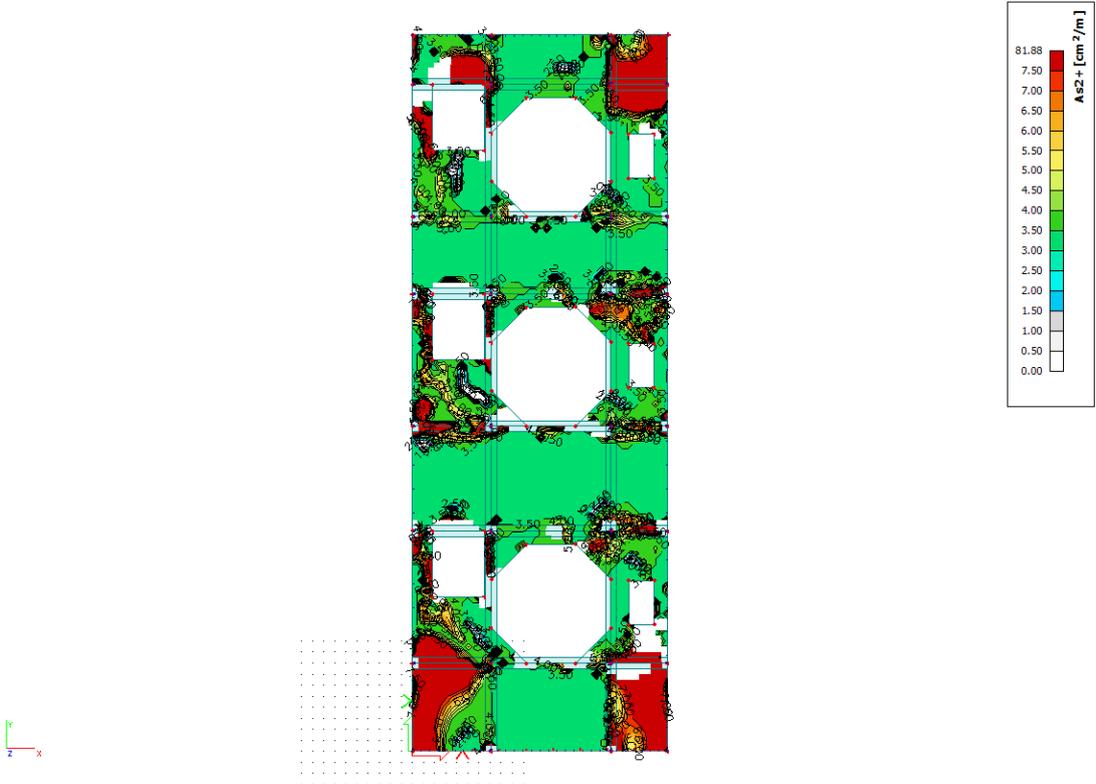
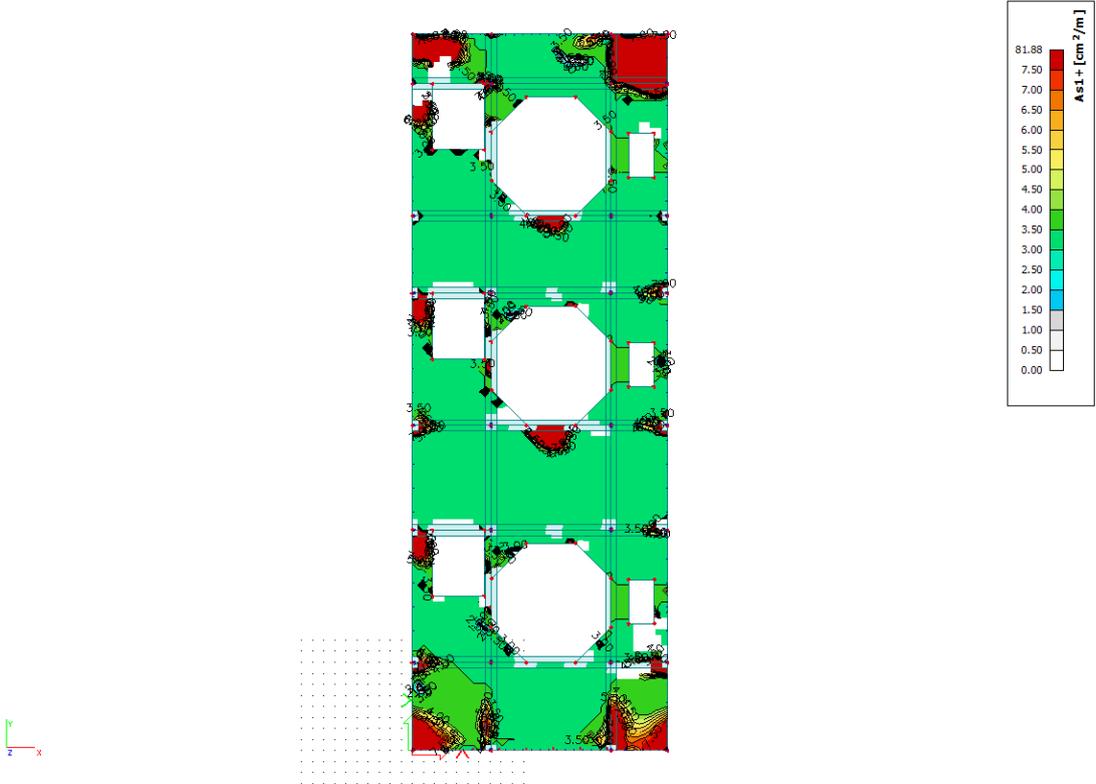




11.4.2.2 Solaio 6

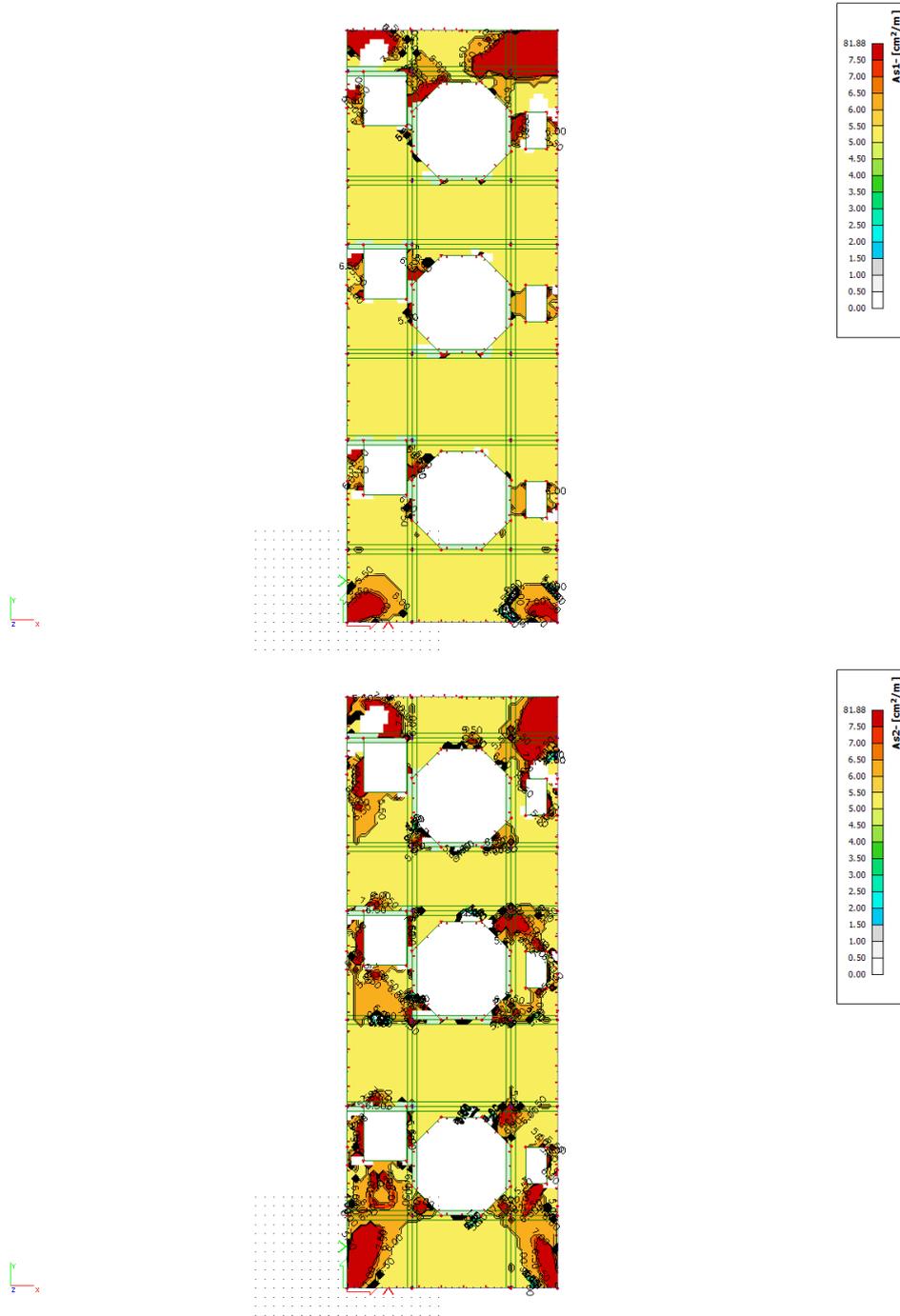
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

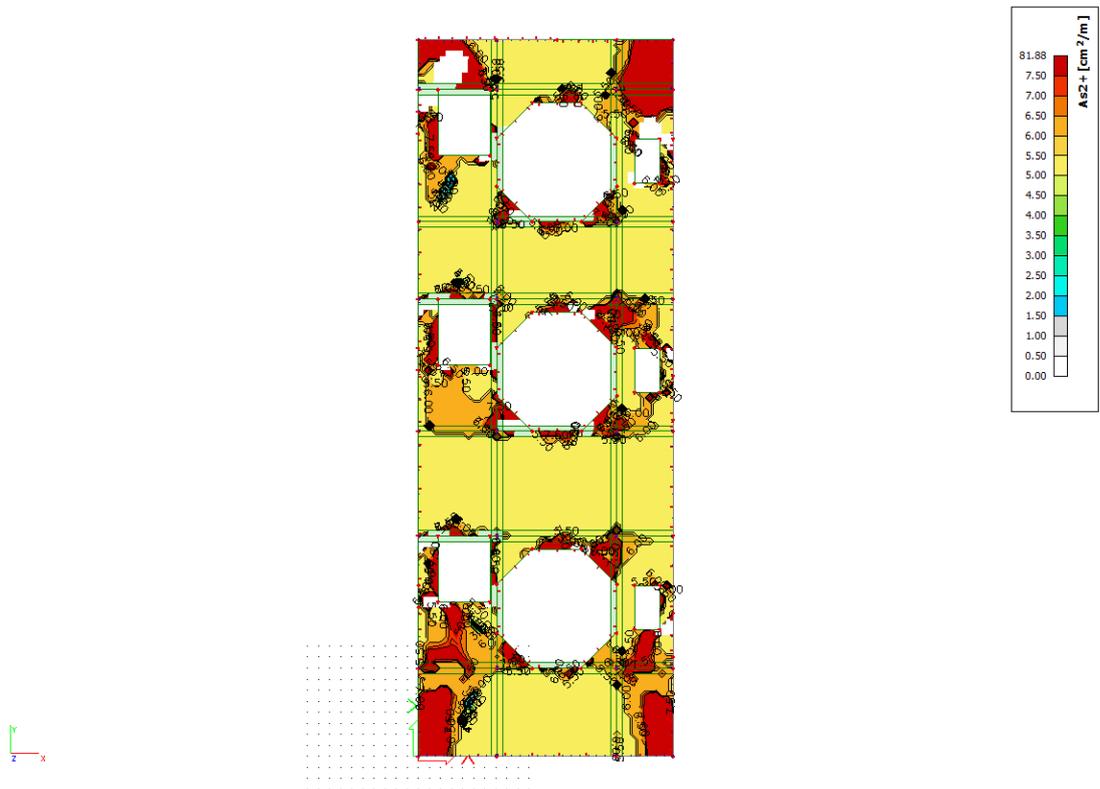
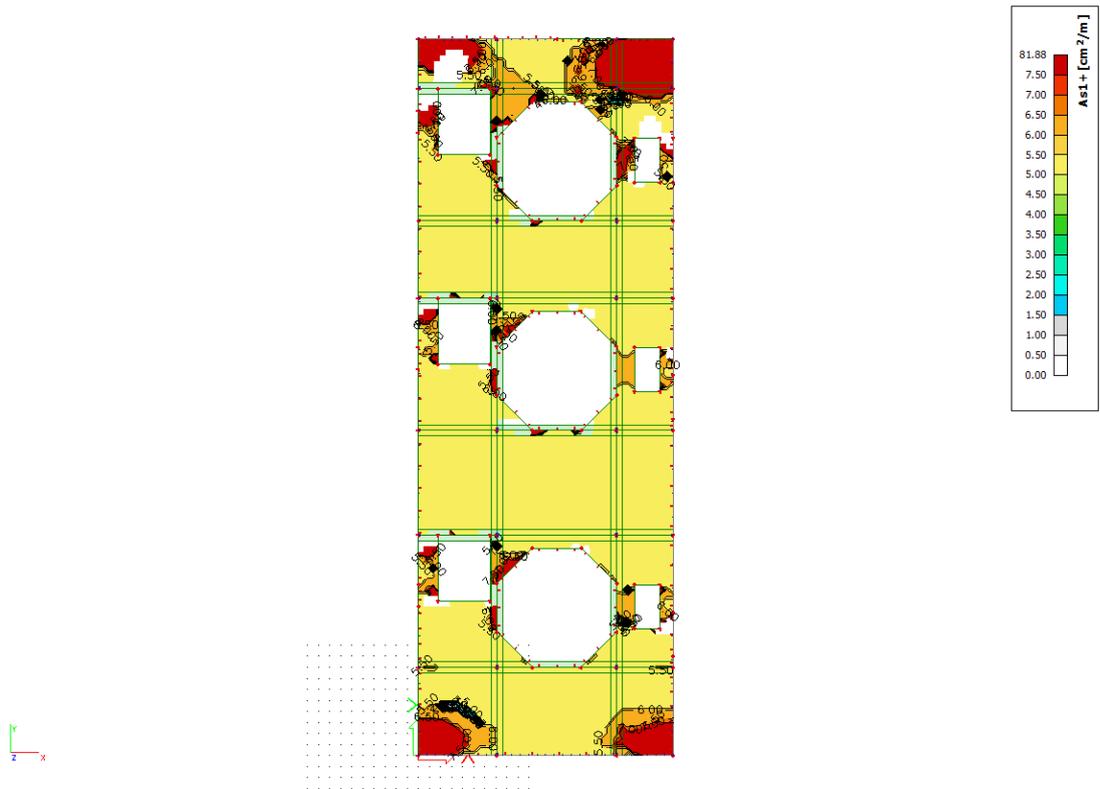




11.4.2.3 Solaio 5

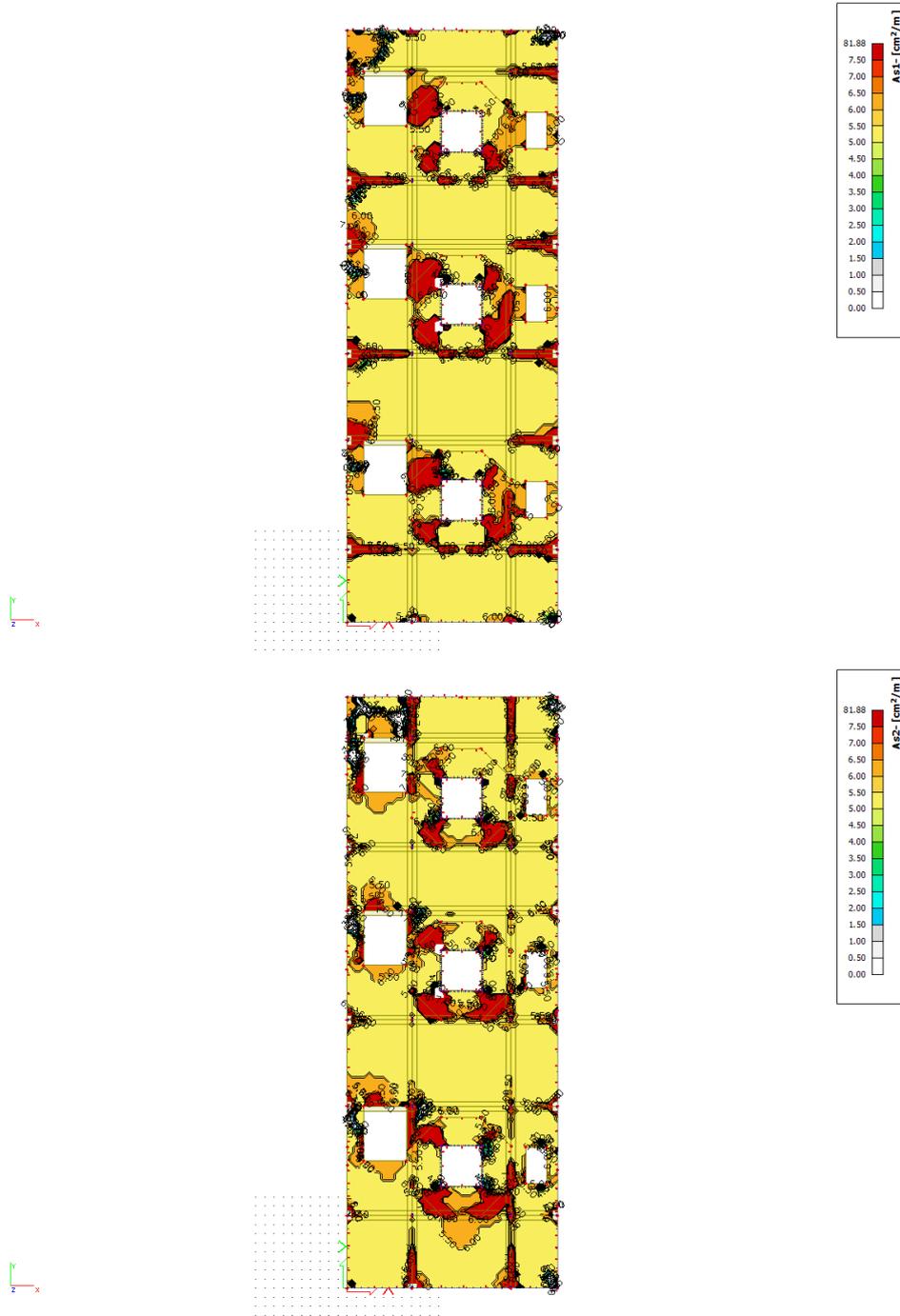
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

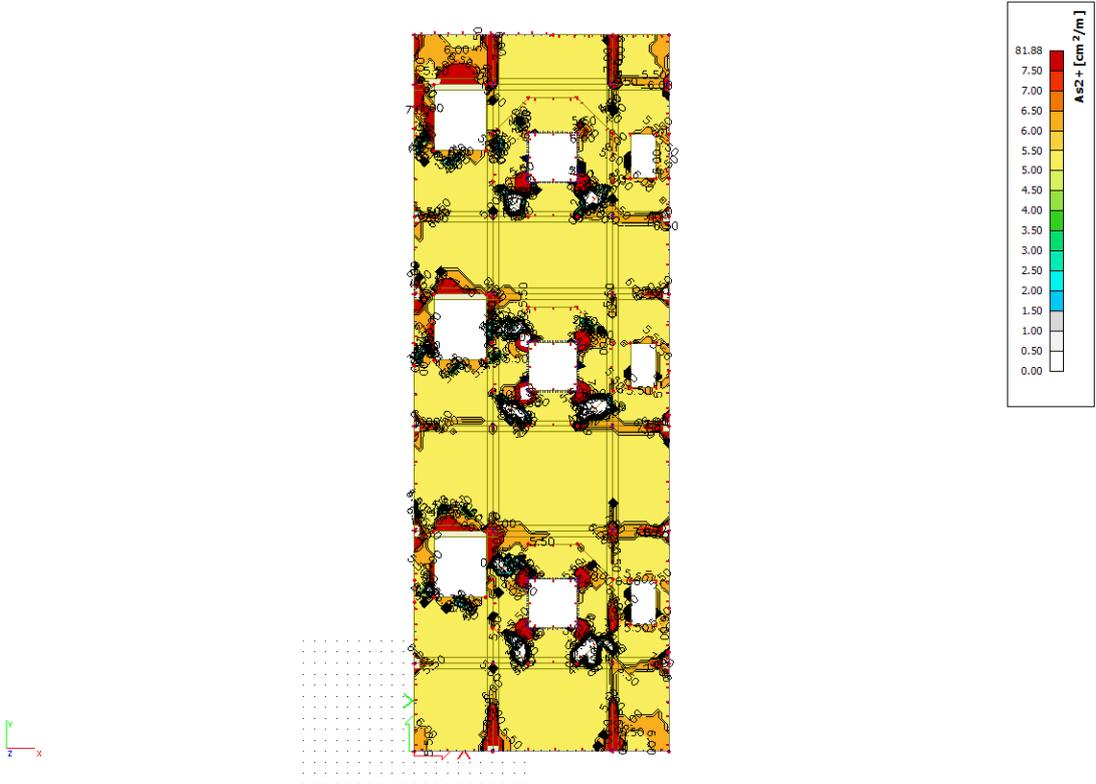
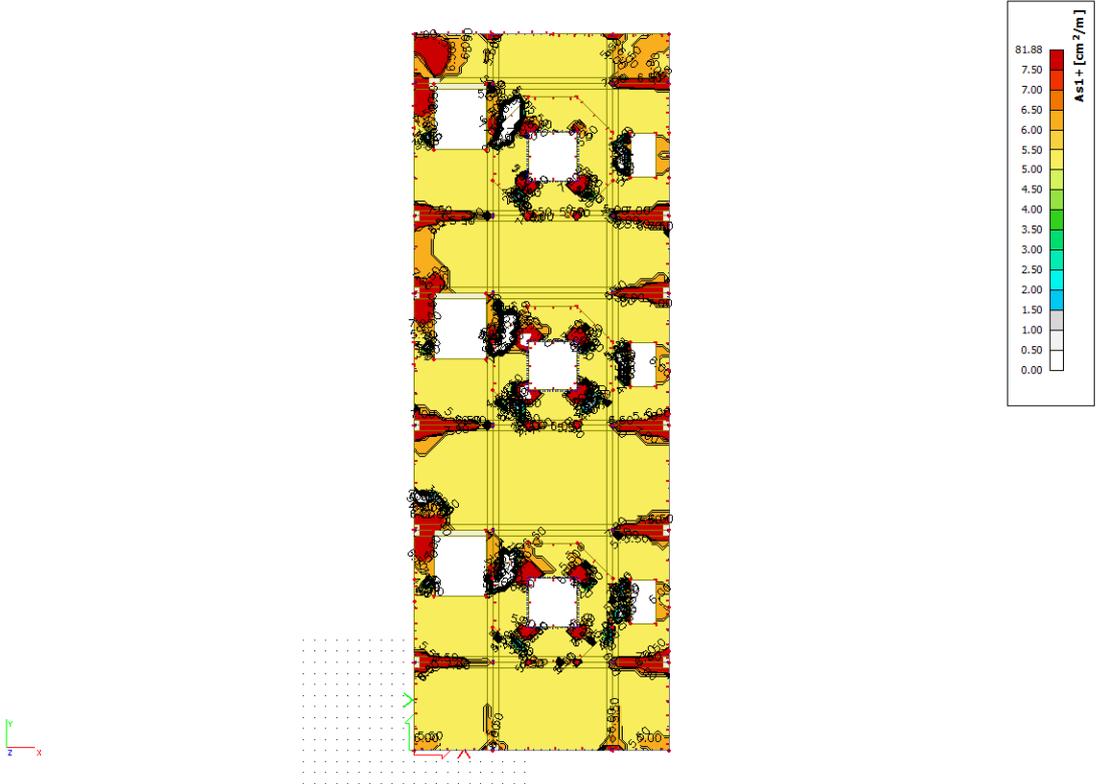




11.4.2.4 Solaio 4

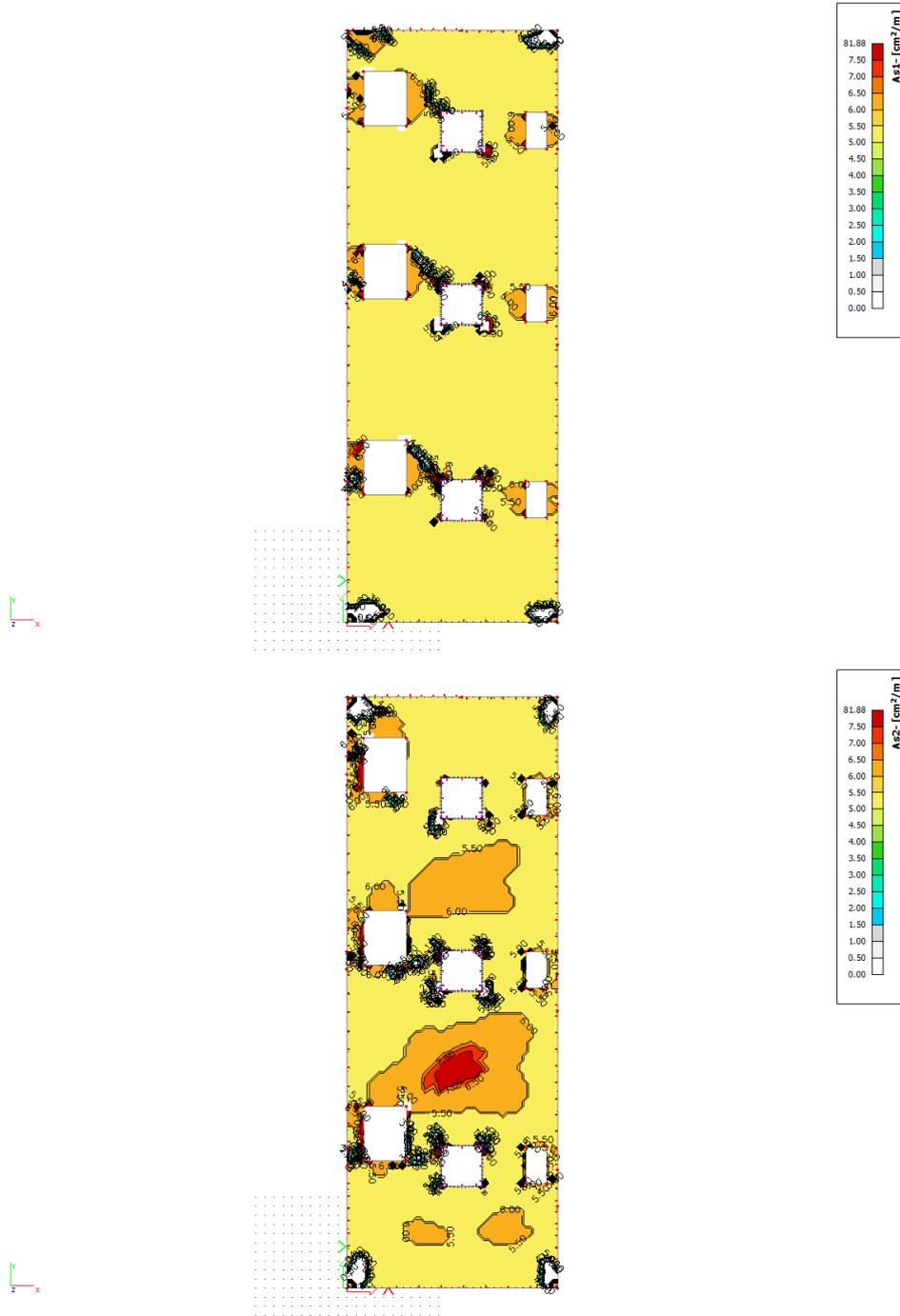
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm²/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

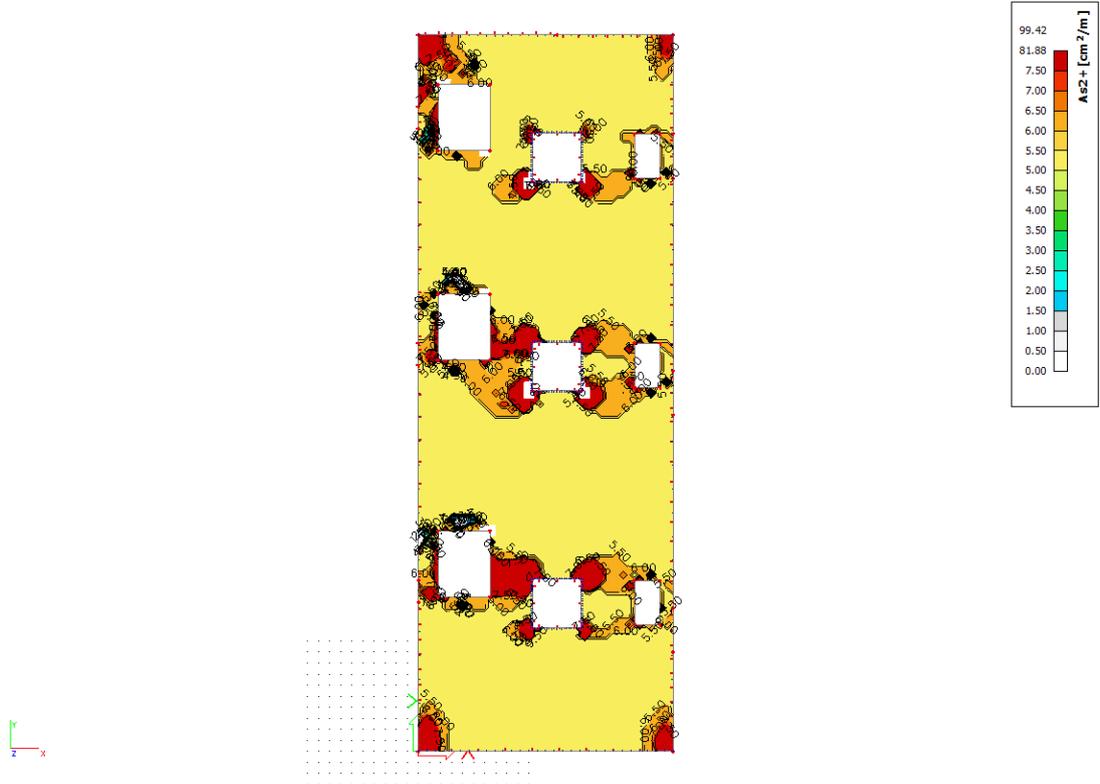
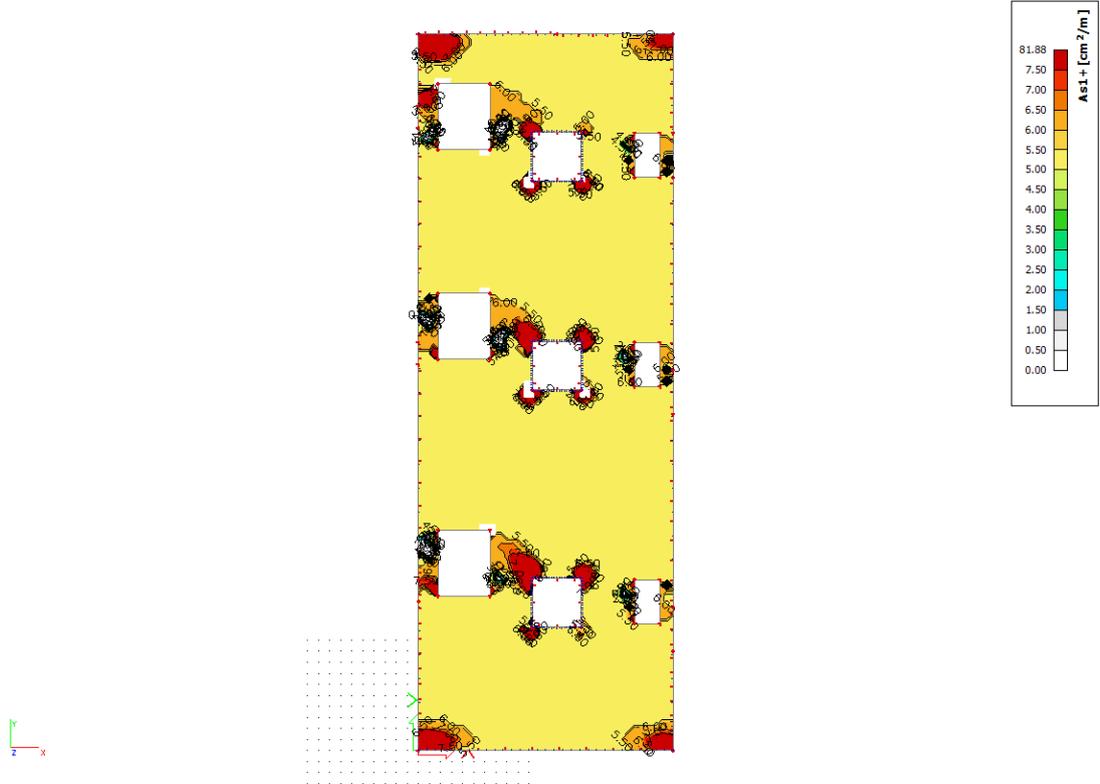




11.4.2.5 Solaio 3

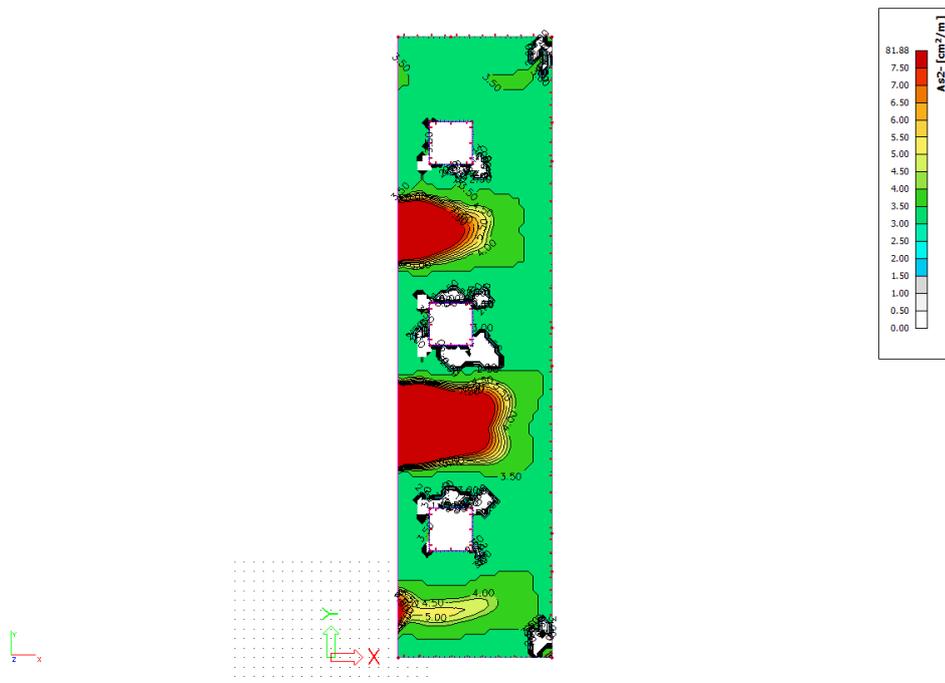
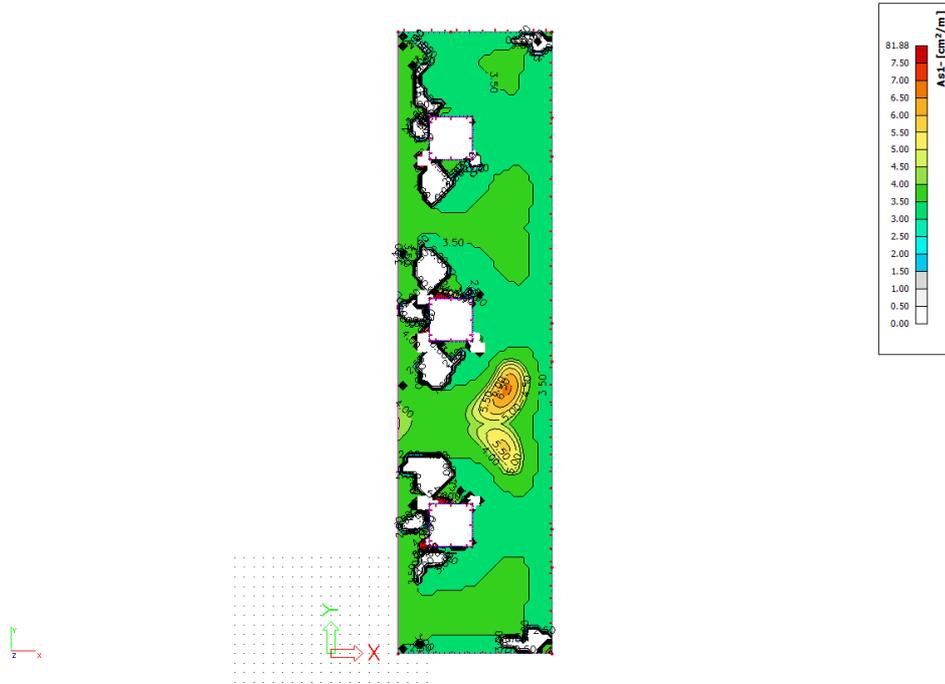
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

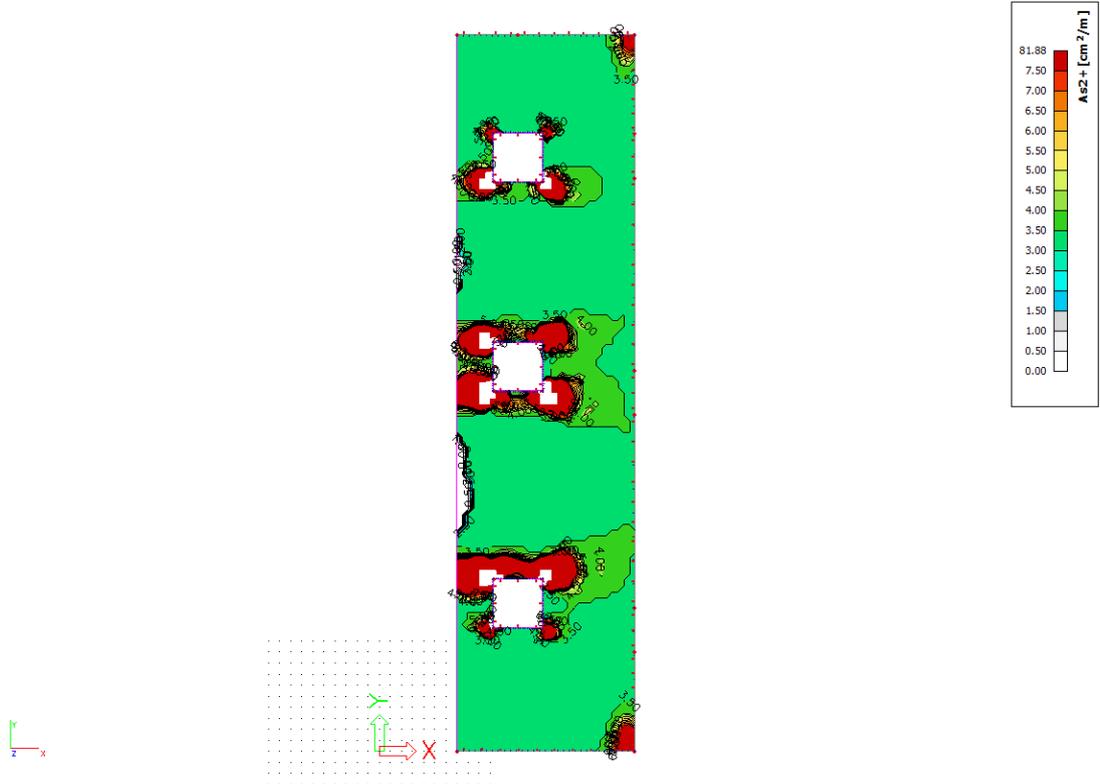
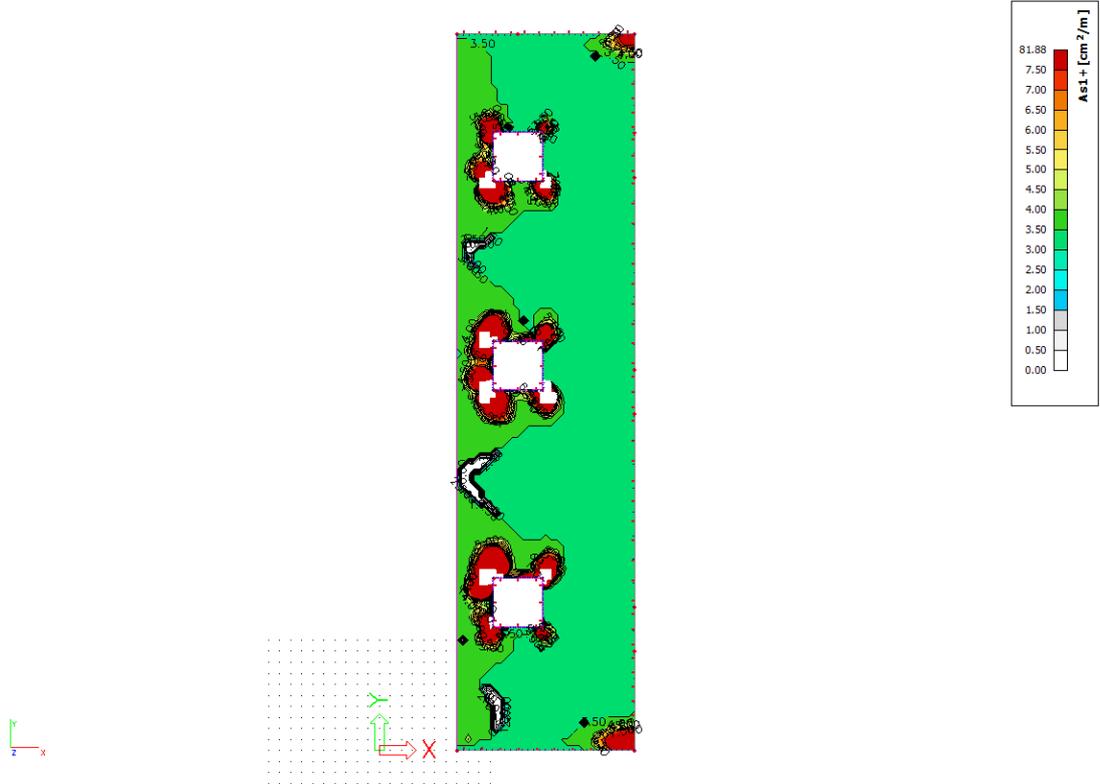




11.4.2.6 Solaio 2

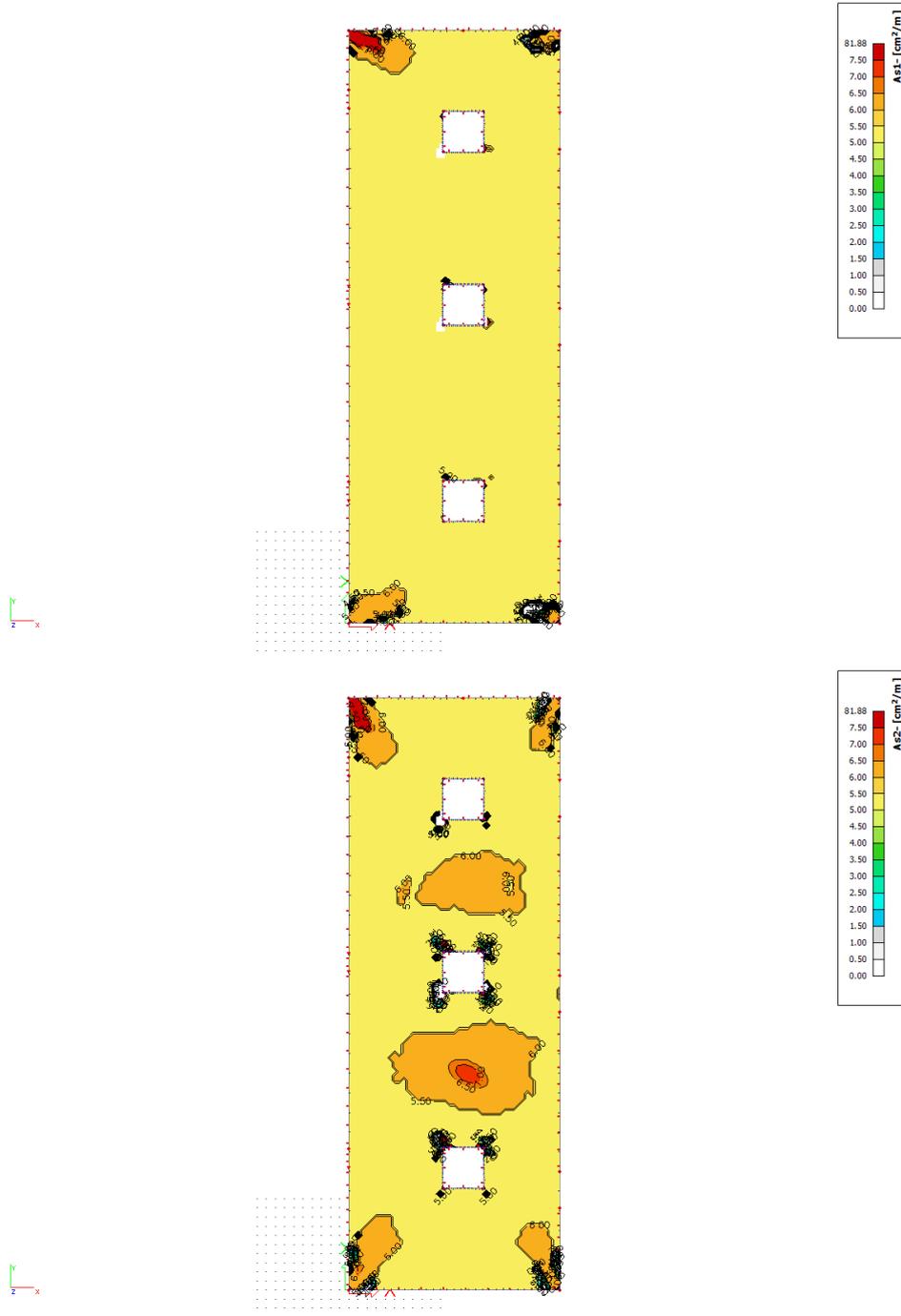
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

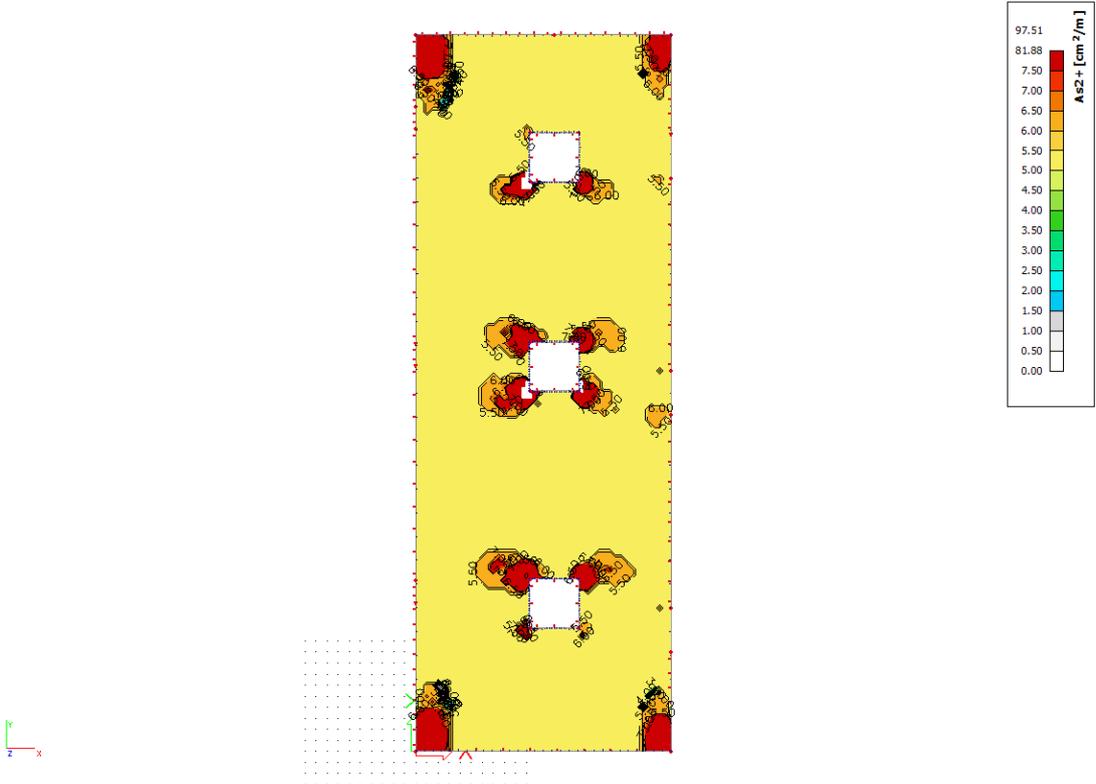
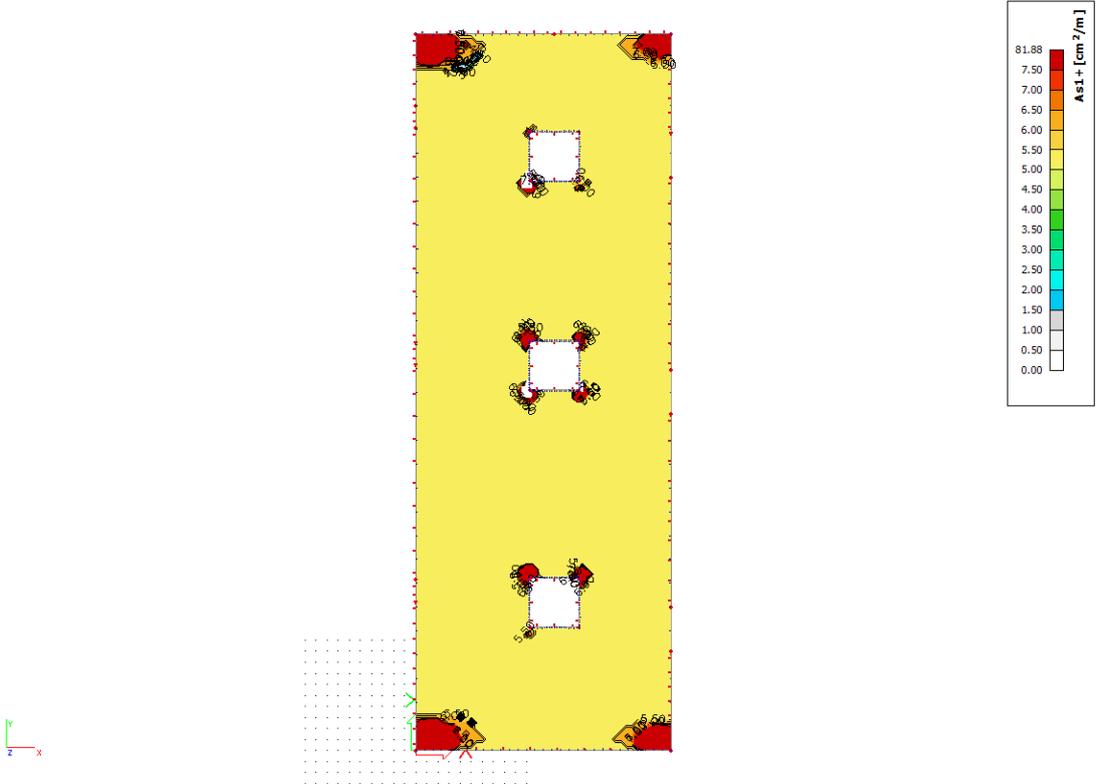




11.4.2.7 Solaio 1

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

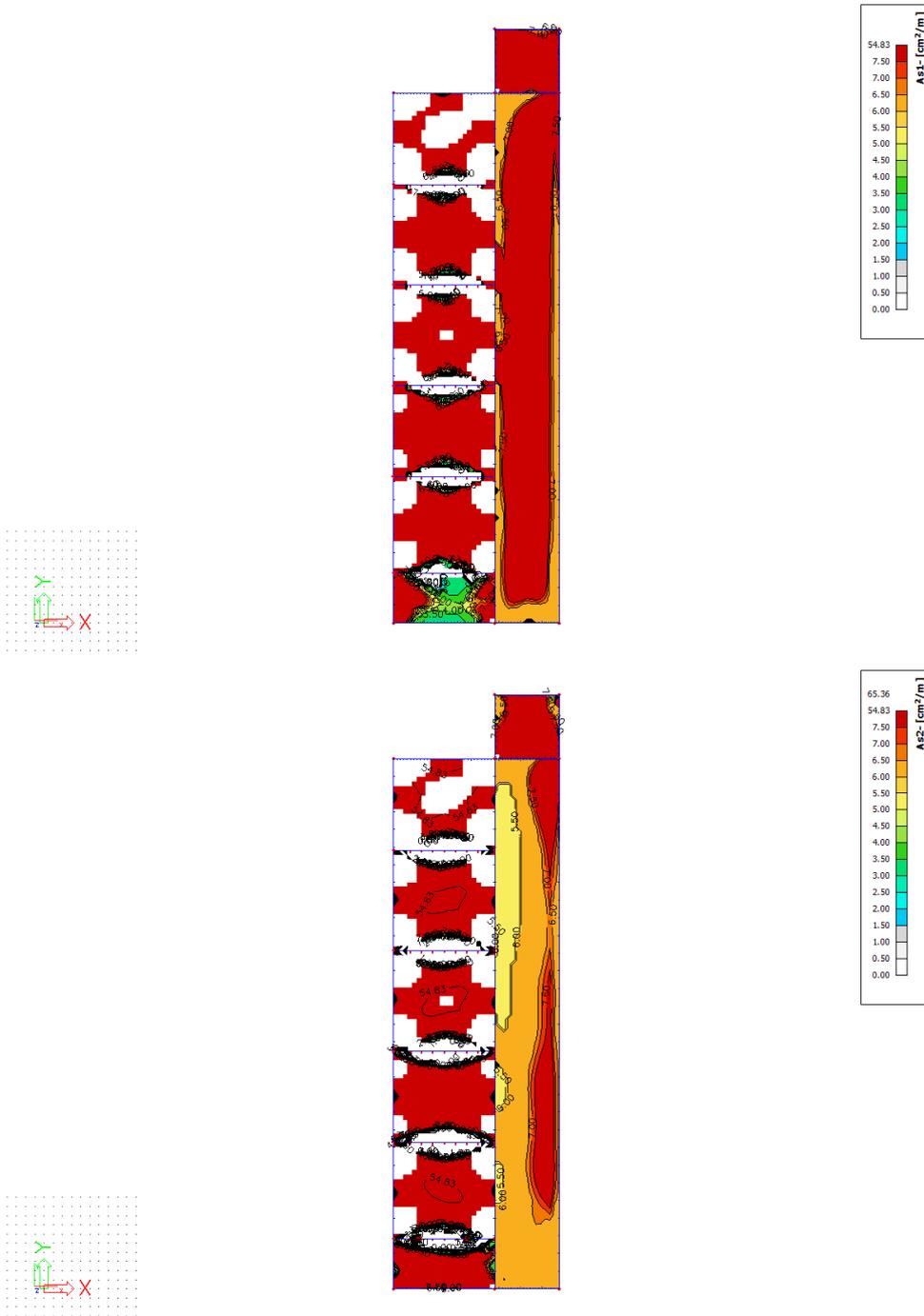


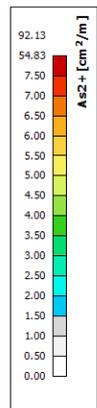
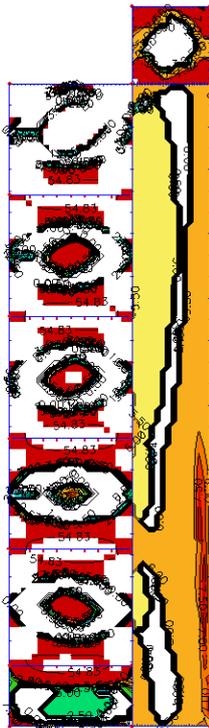
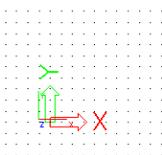
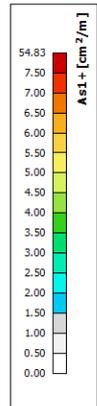
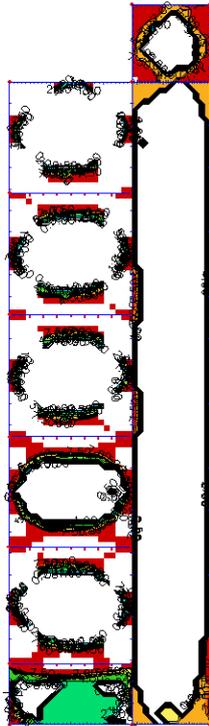
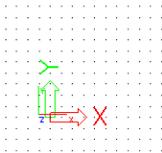


11.4.3 Edificio trasformatori

11.4.3.1 Solai copertura

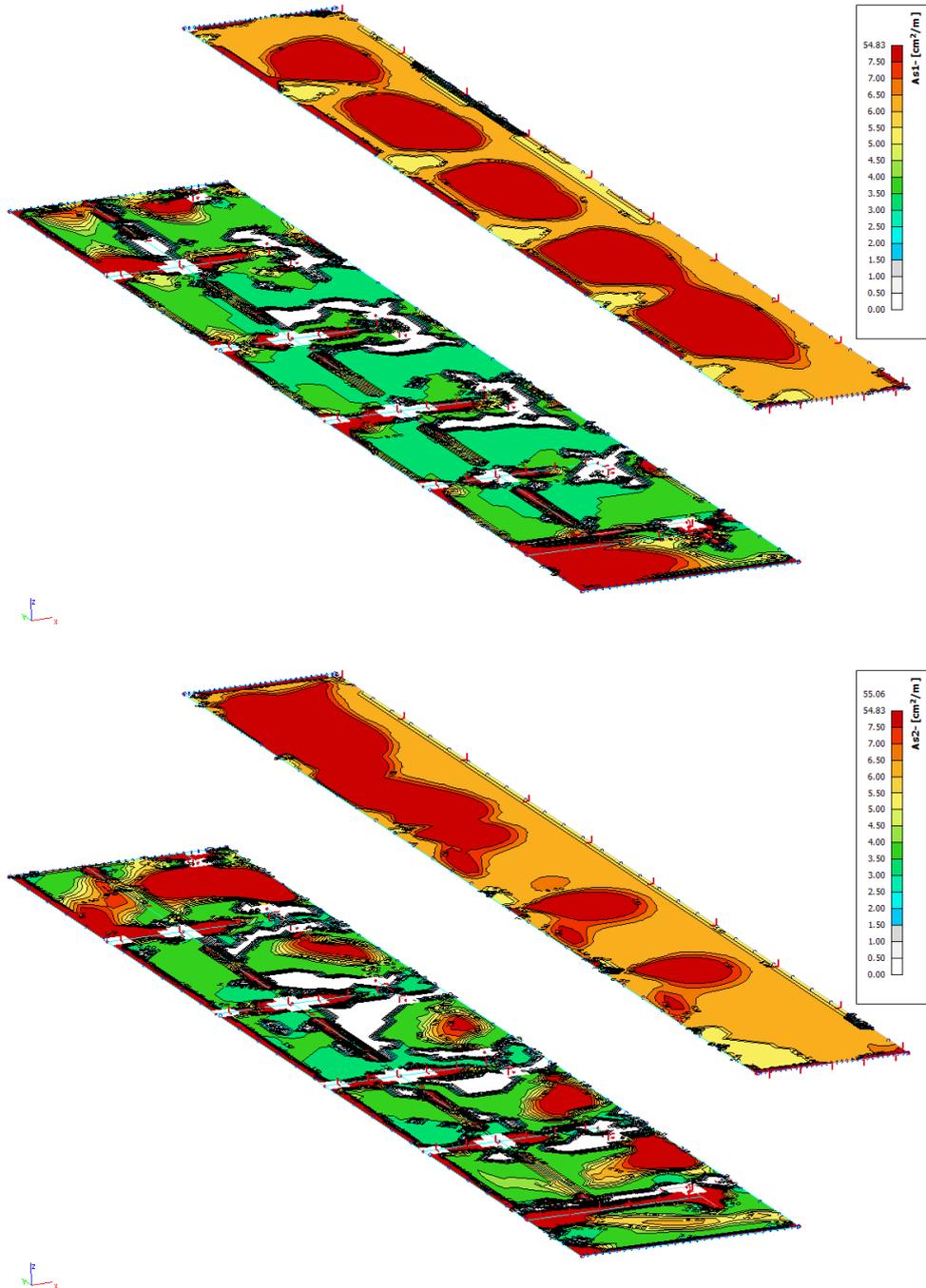
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

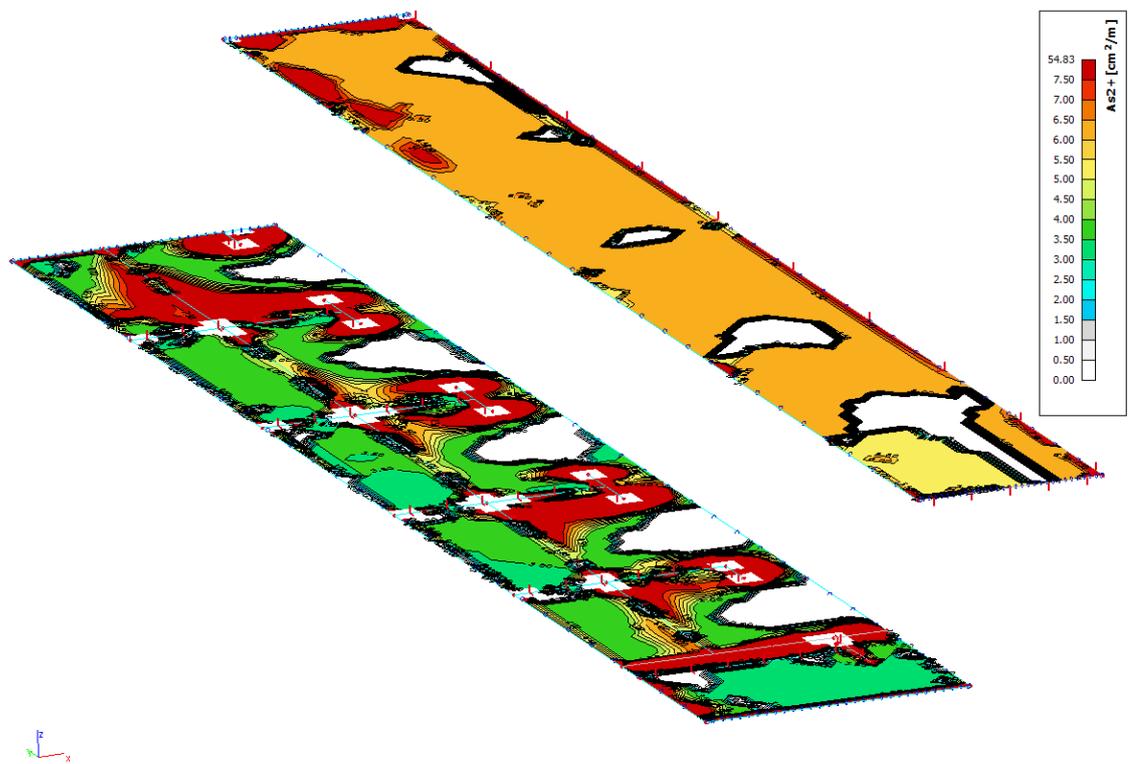
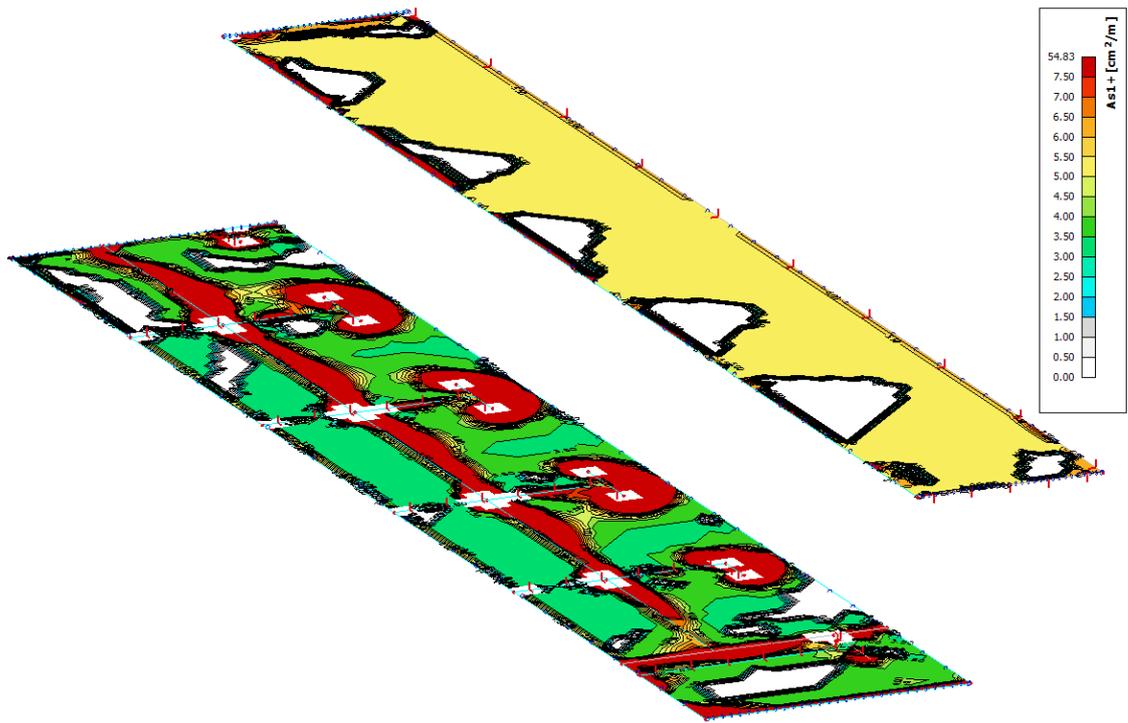




11.4.3.2 Solai intermedi

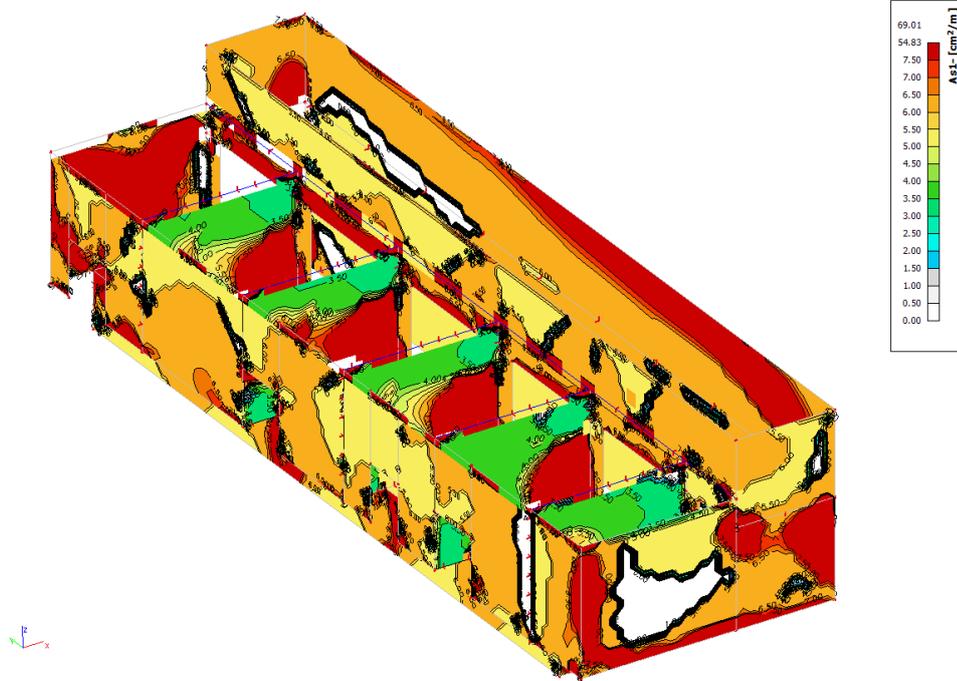
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



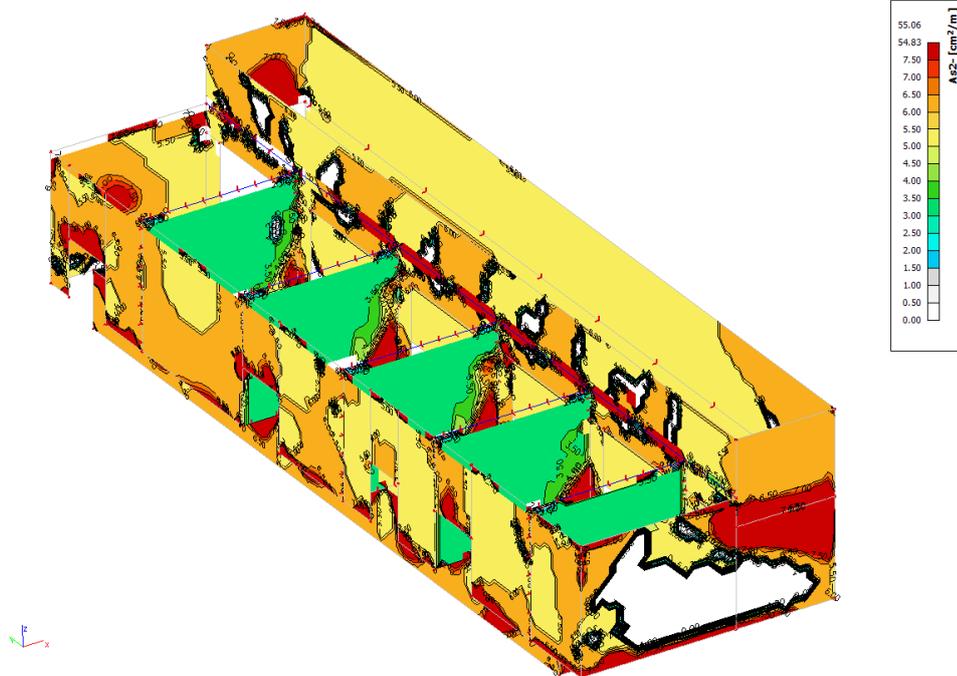


11.4.3.3 Pareti

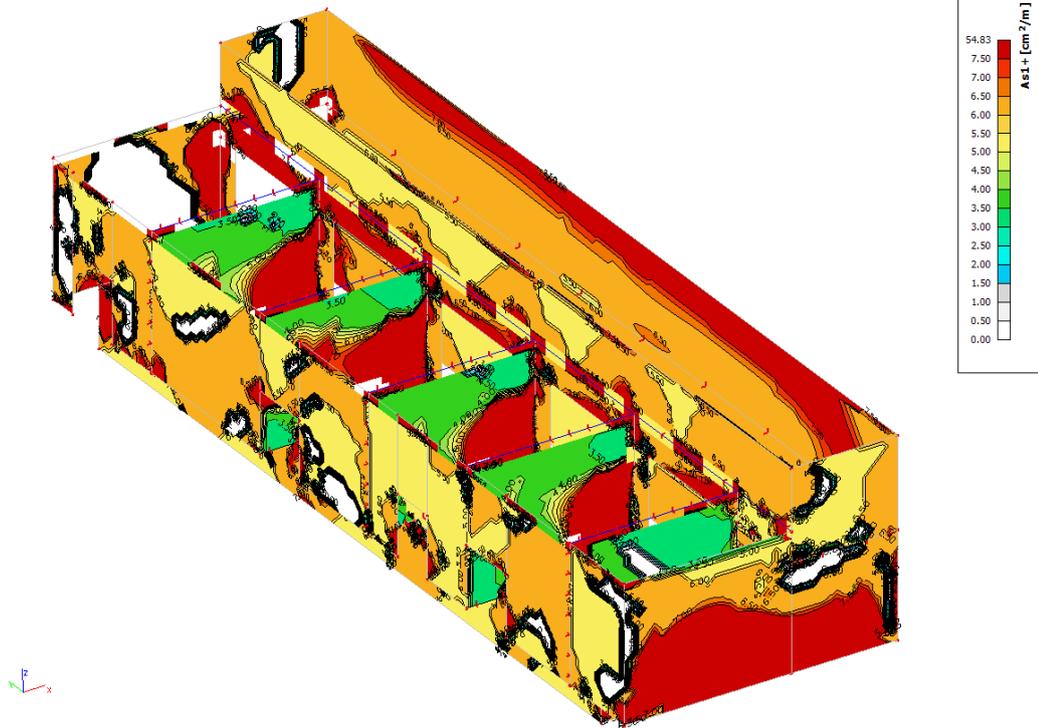
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



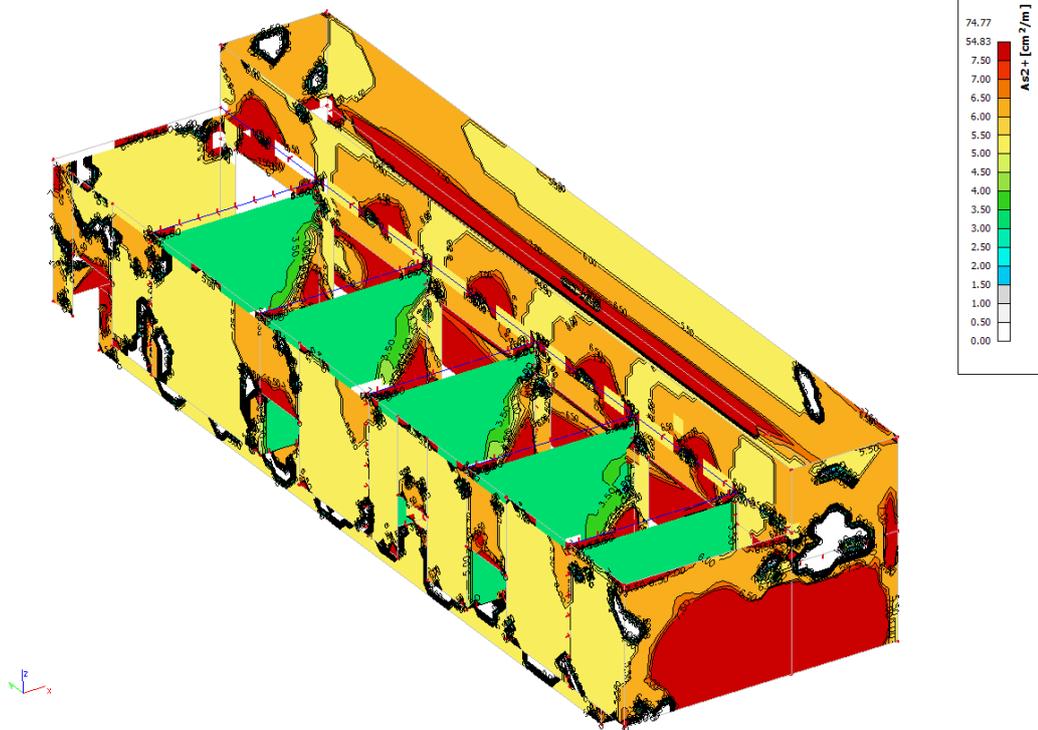
Armatura orizzontale lato 1.



Armatura verticale lato 1.



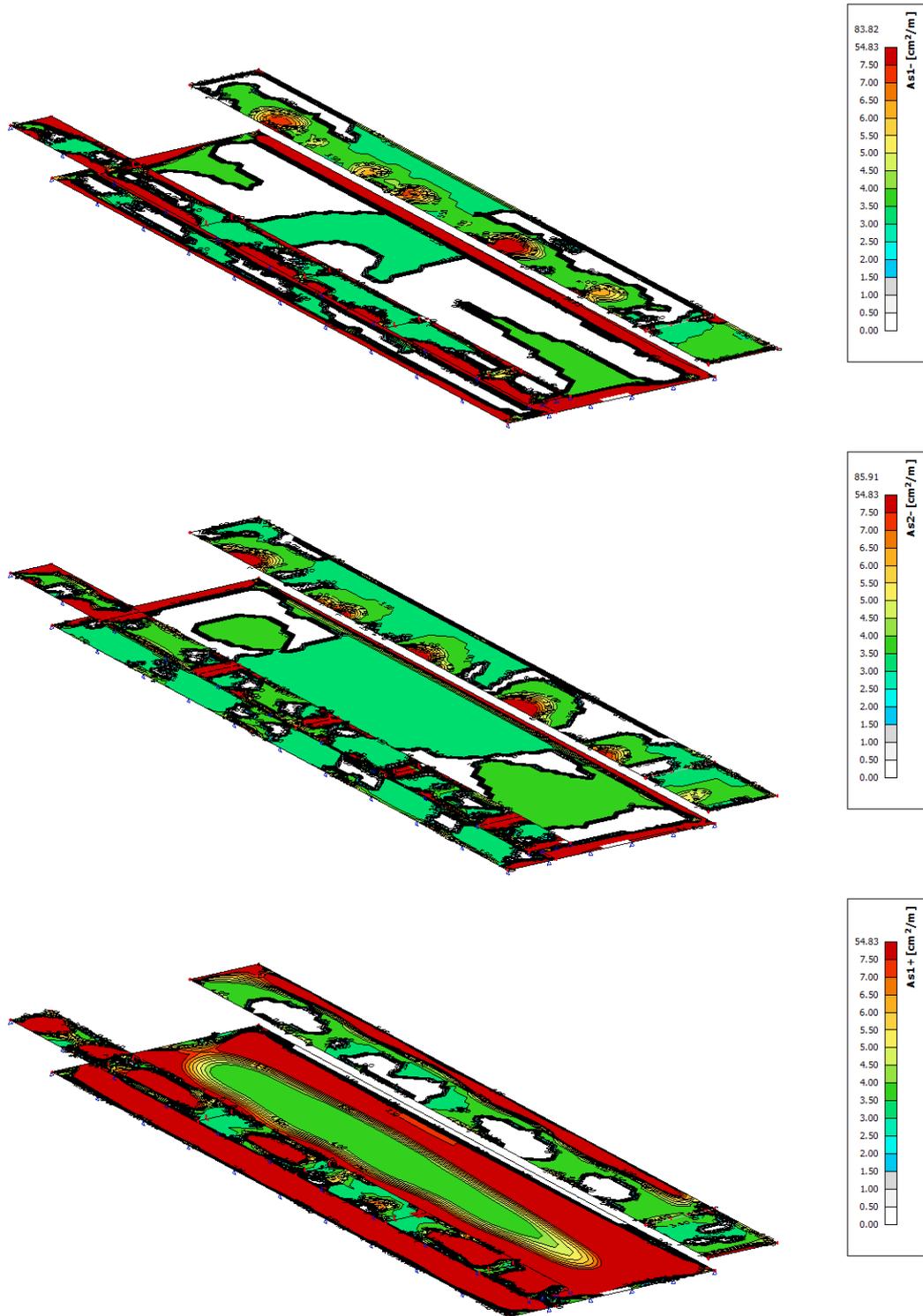
Armatura orizzontale lato 2.

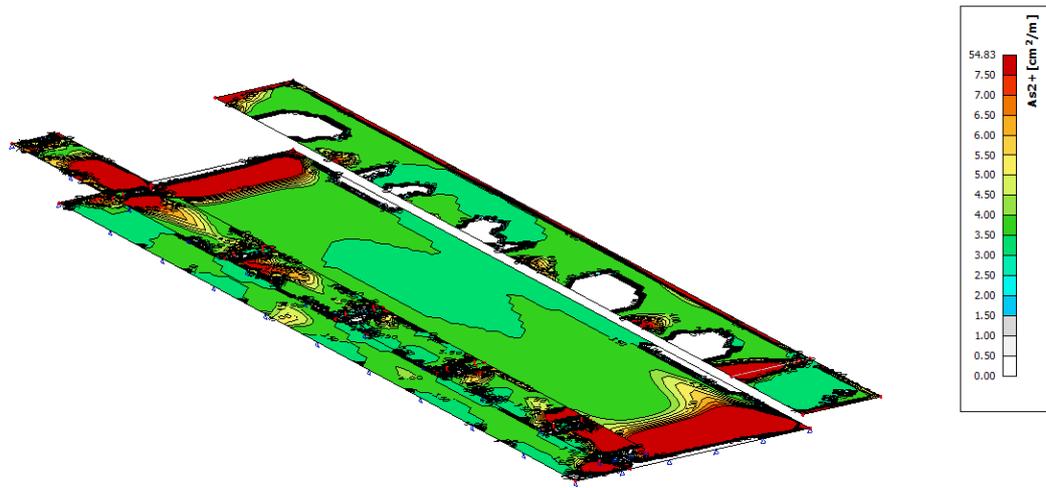


Armatura verticale lato 2.

11.4.3.4 Fondazioni

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

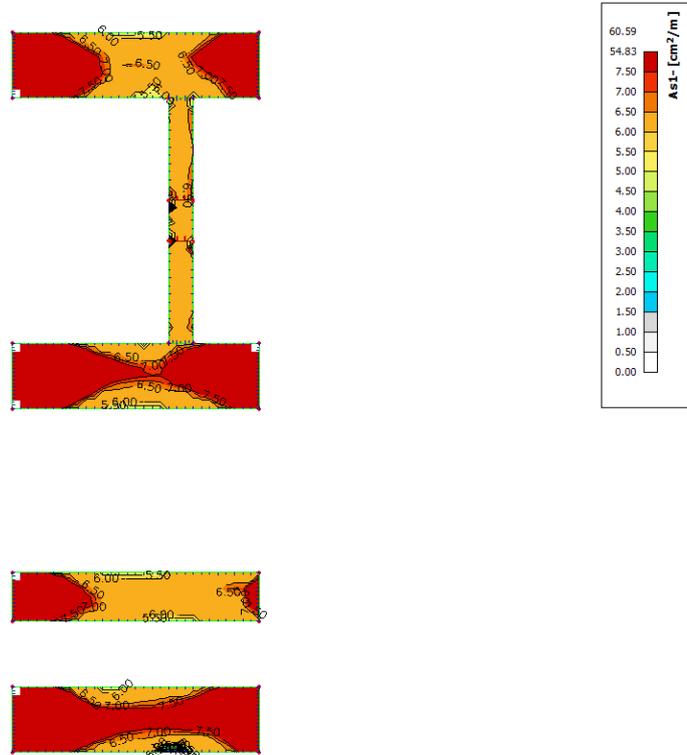


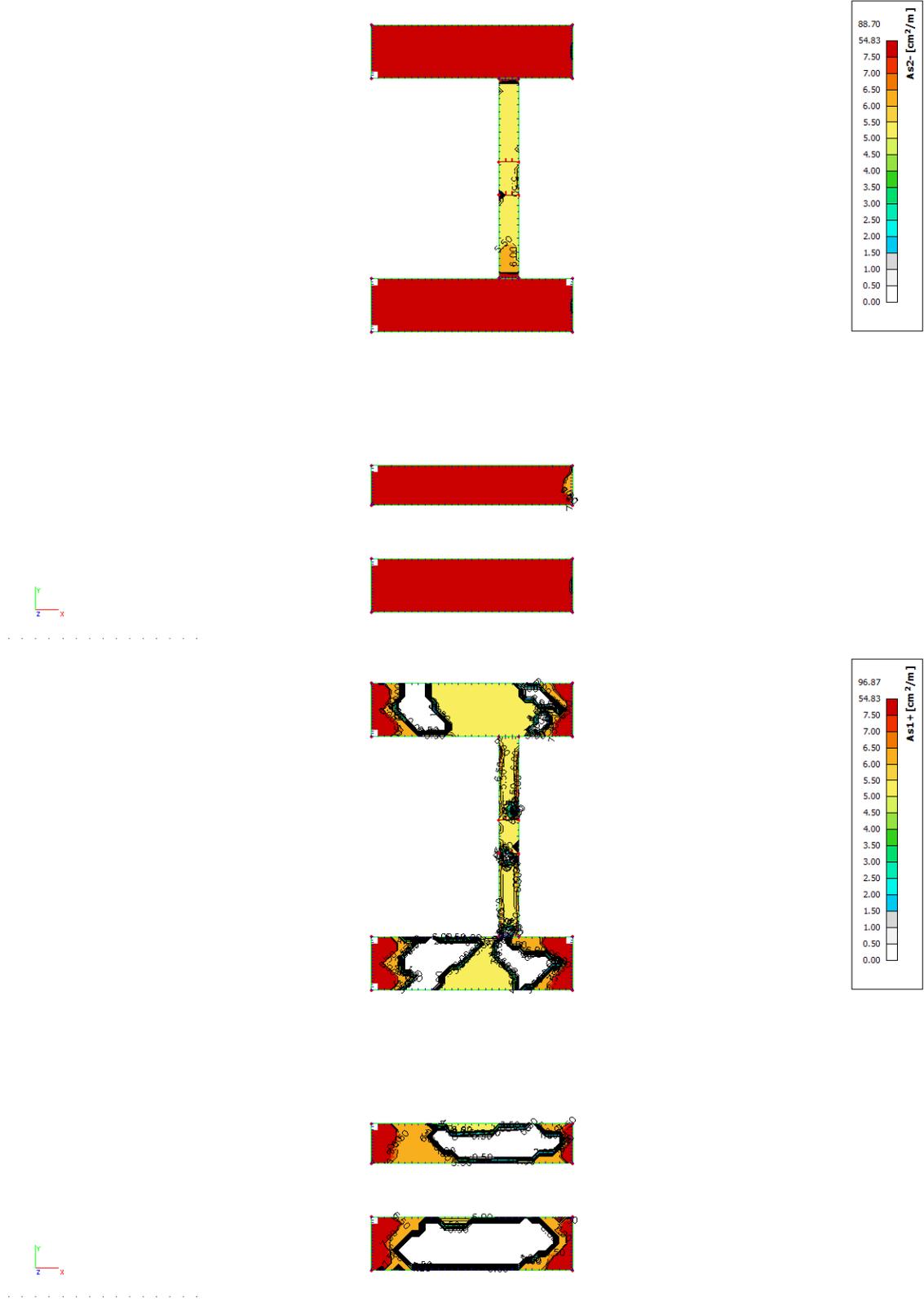


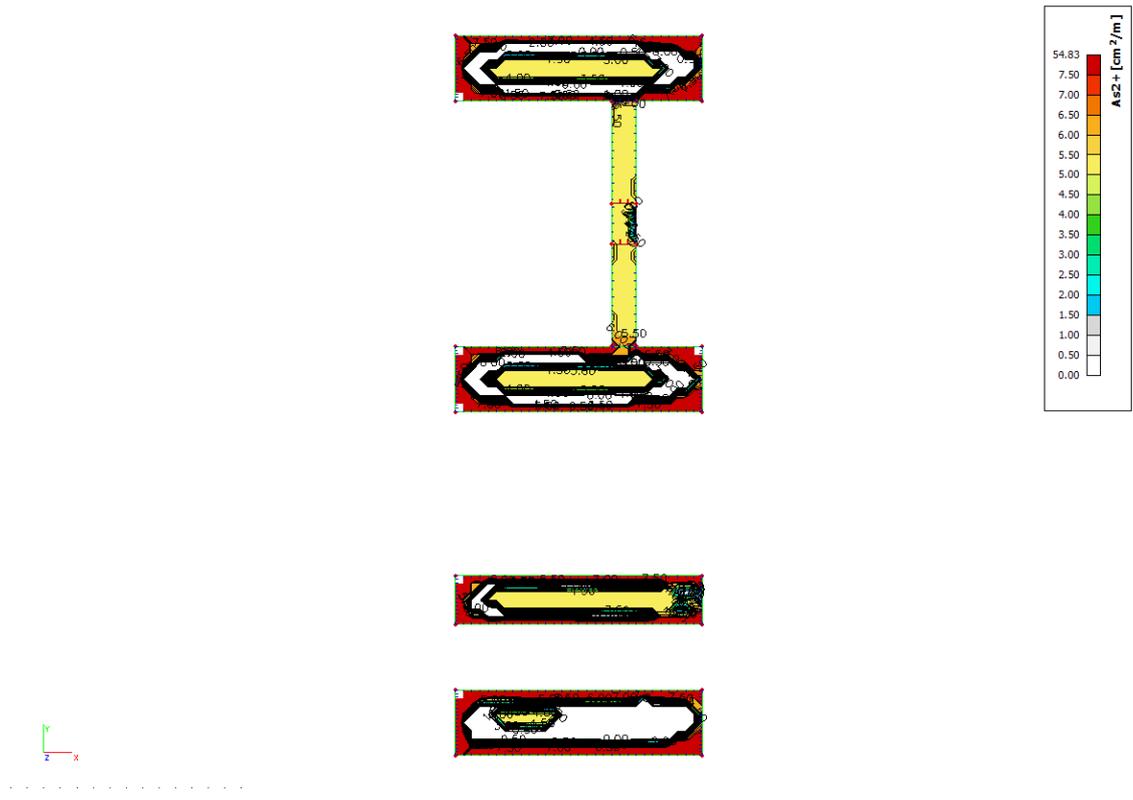
11.4.4 Corridoi di servizio

11.4.4.1 Solai copertura

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm²/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

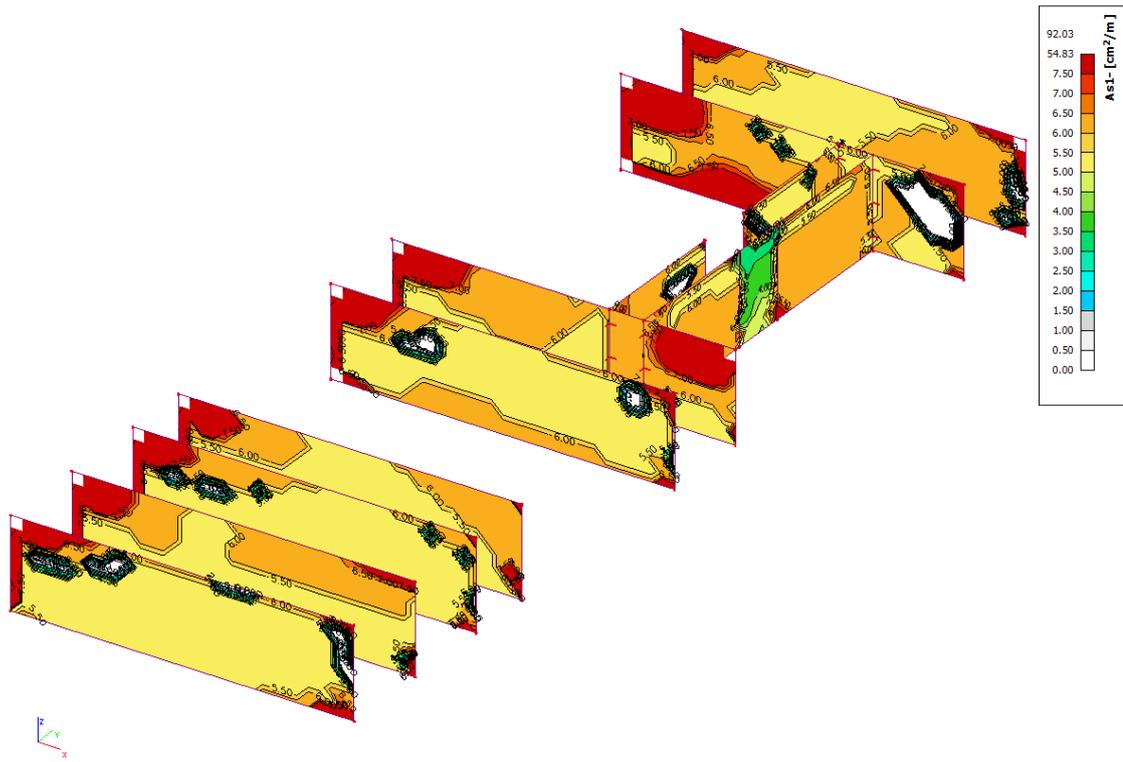




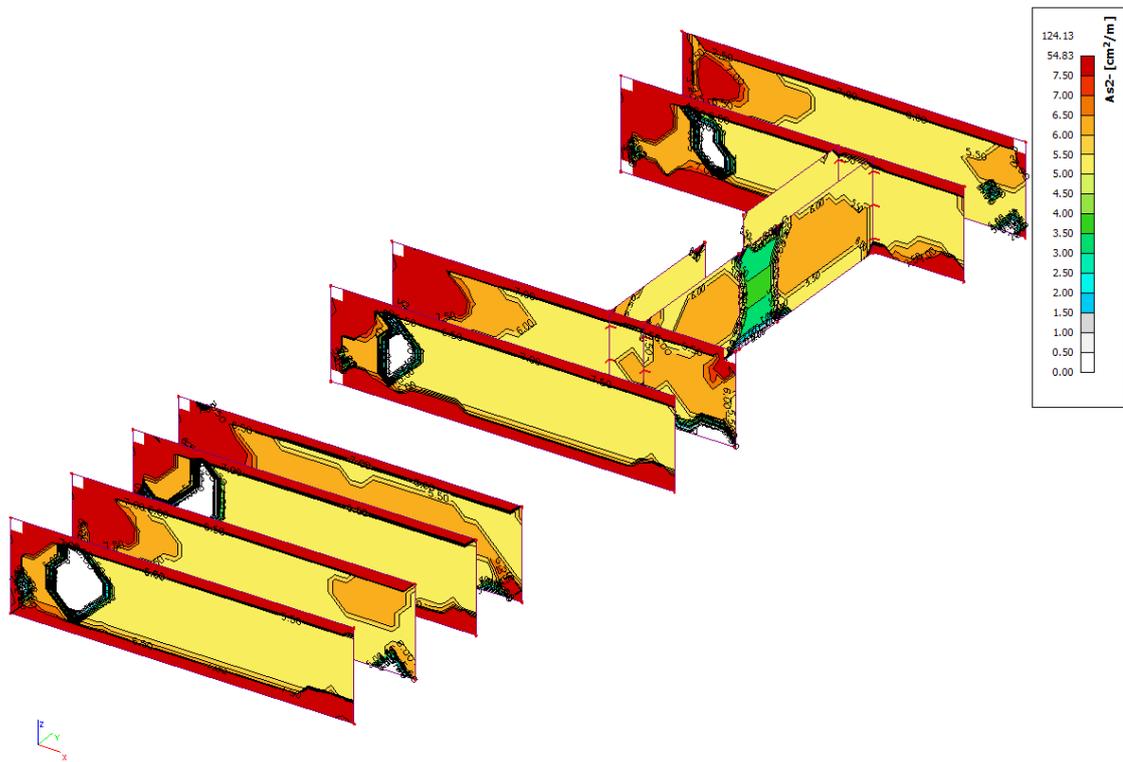


11.4.4.2 Pareti

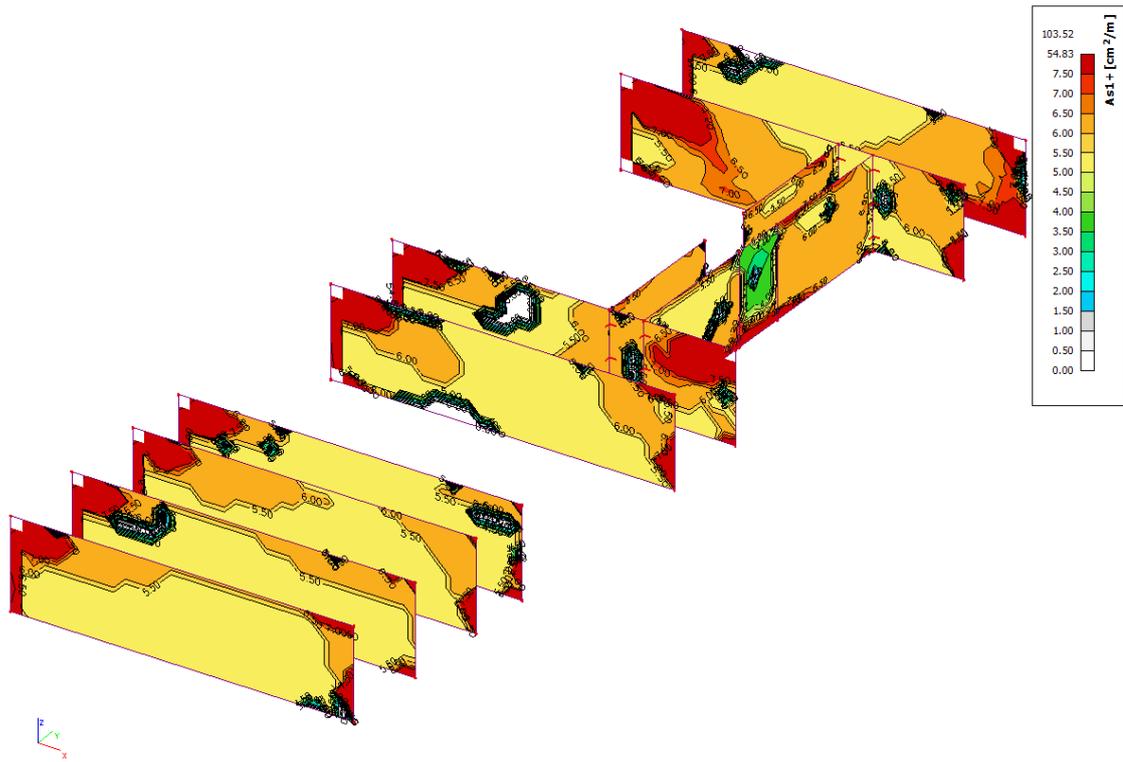
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



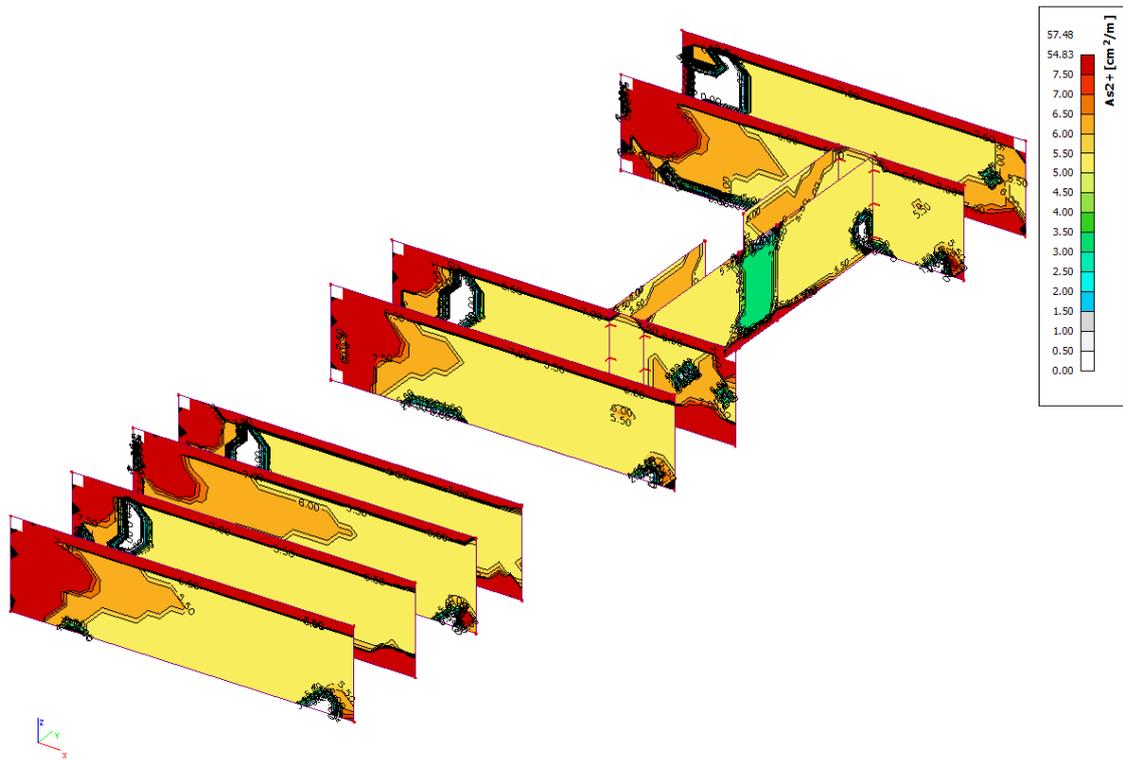
Armatura orizzontale lato 1.



Armatura verticale lato 1.



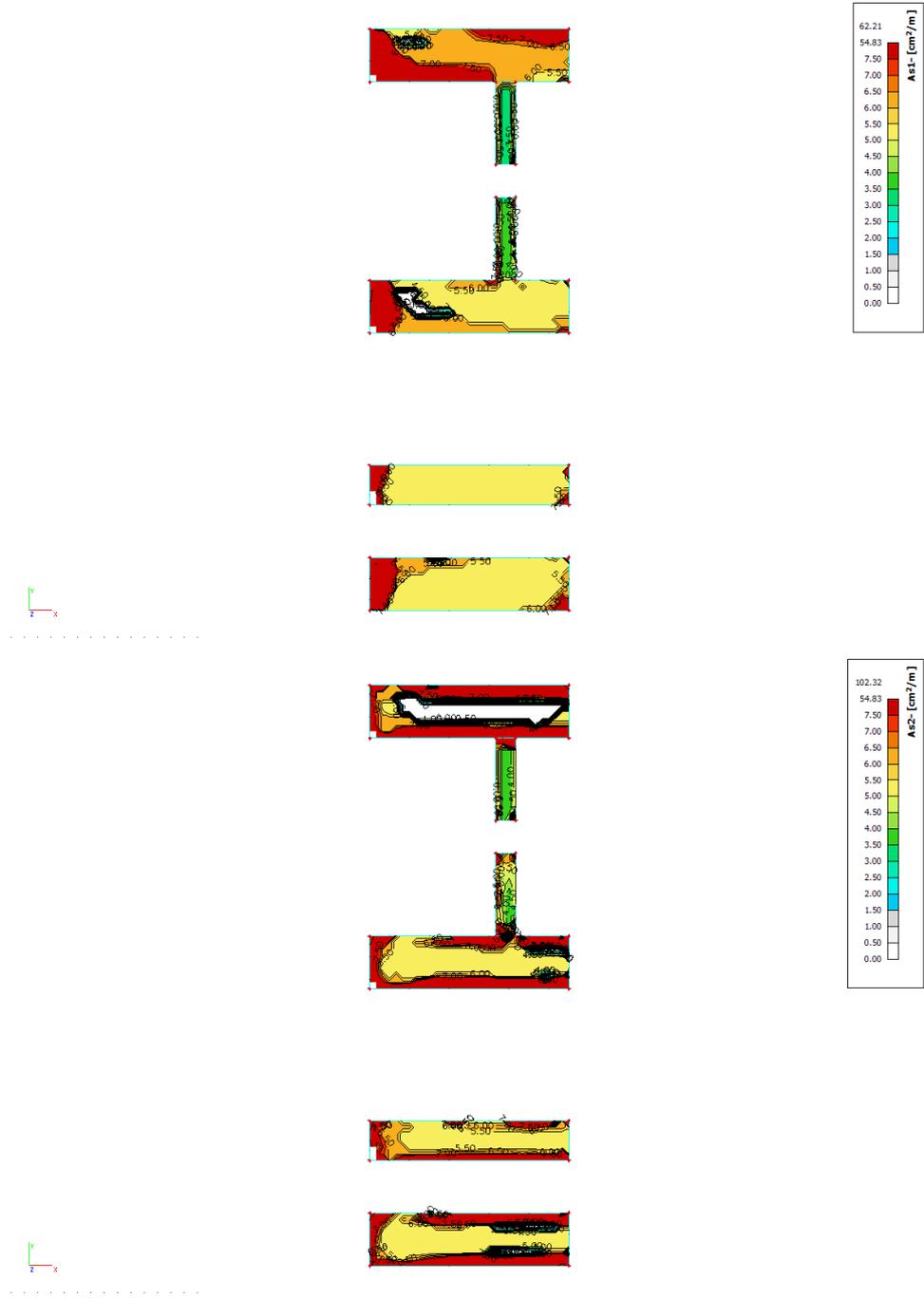
Armatura orizzontale lato 2.

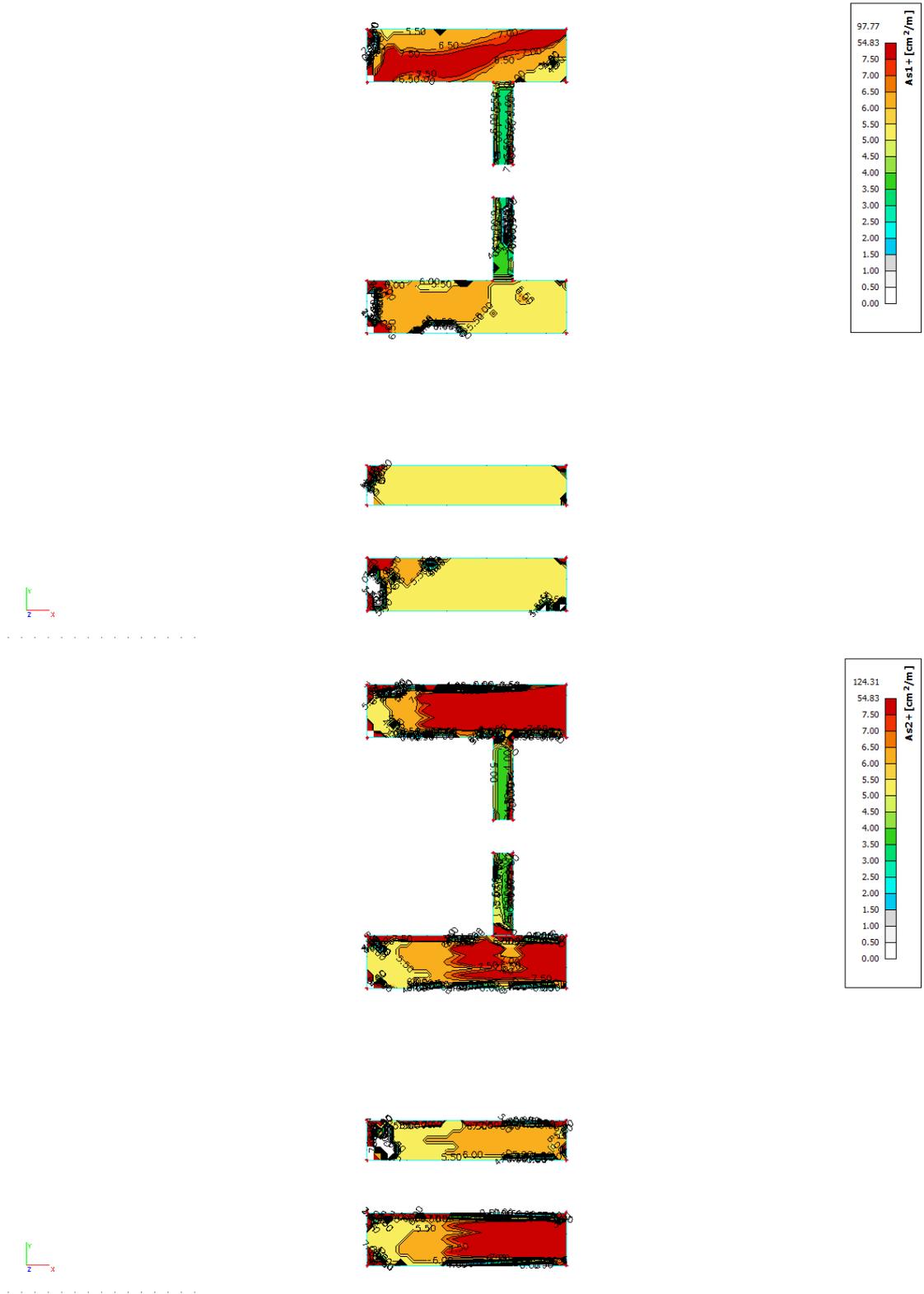


Armatura verticale lato 2.

11.4.4.3 Fondazioni

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.

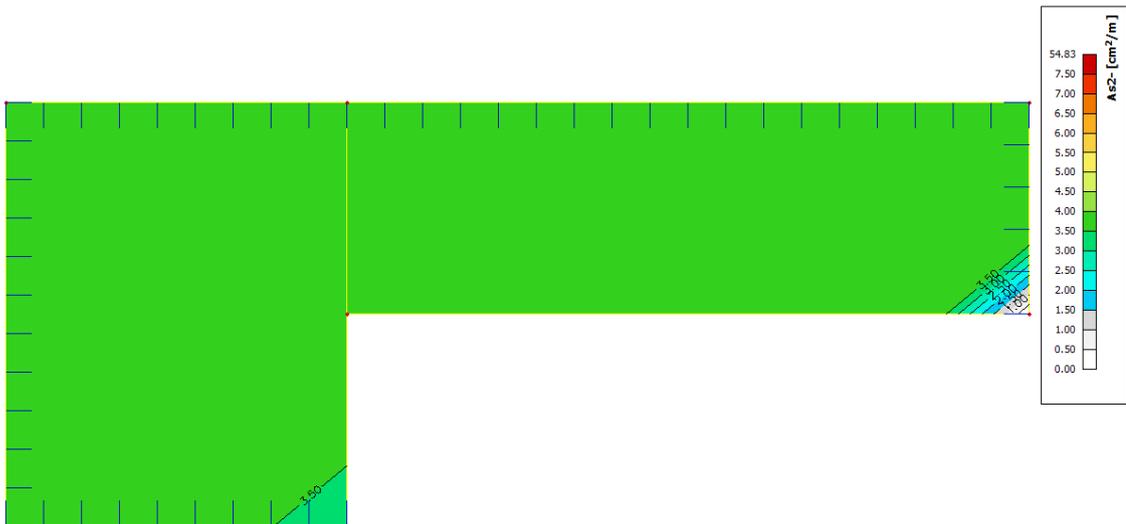
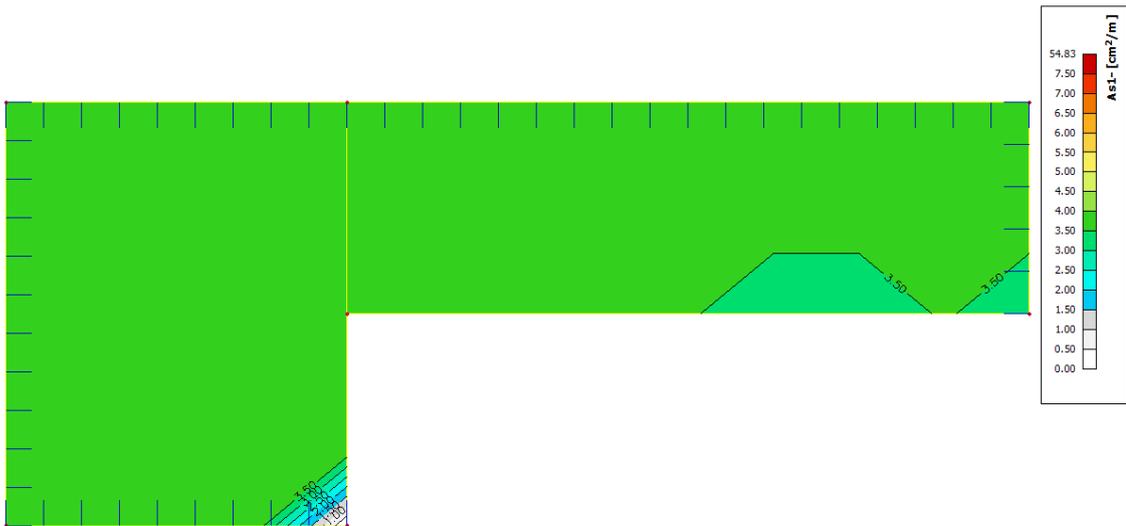


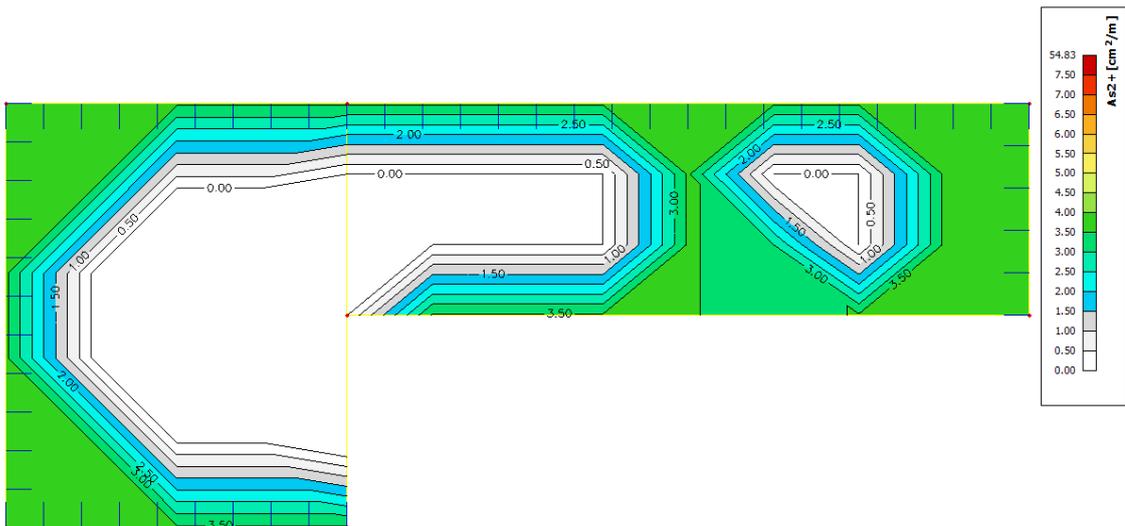
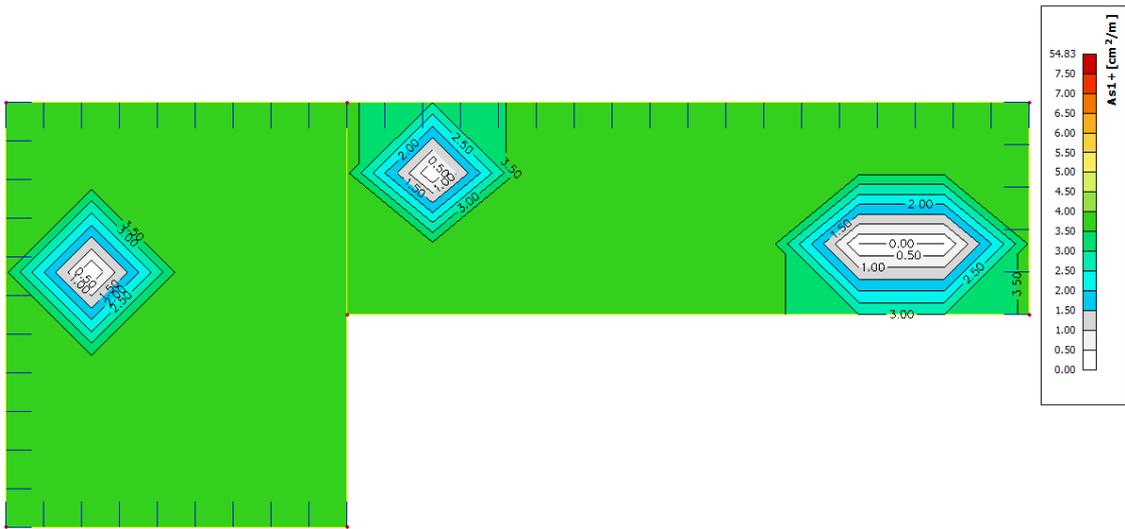


11.4.5 Vano scale

11.4.5.1 Solaio copertura

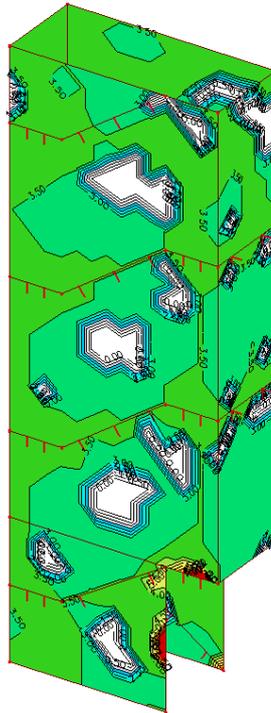
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



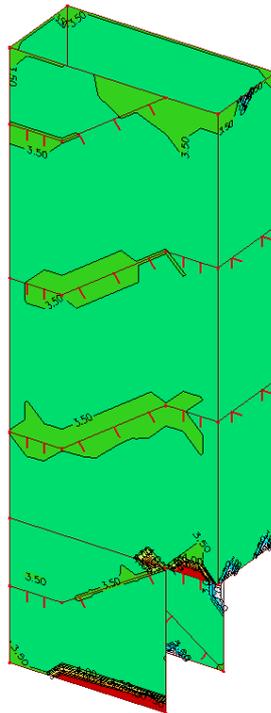


11.4.5.2 Pareti

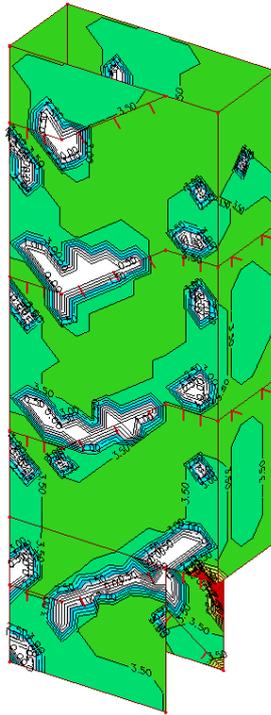
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, terra e aria, in direzione orizzontale e verticale.



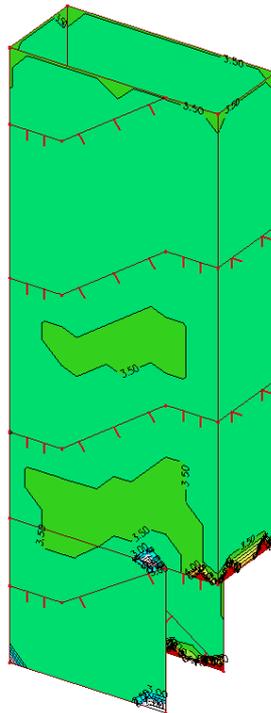
Armatura orizzontale lato 1.



Armatura verticale lato 1.



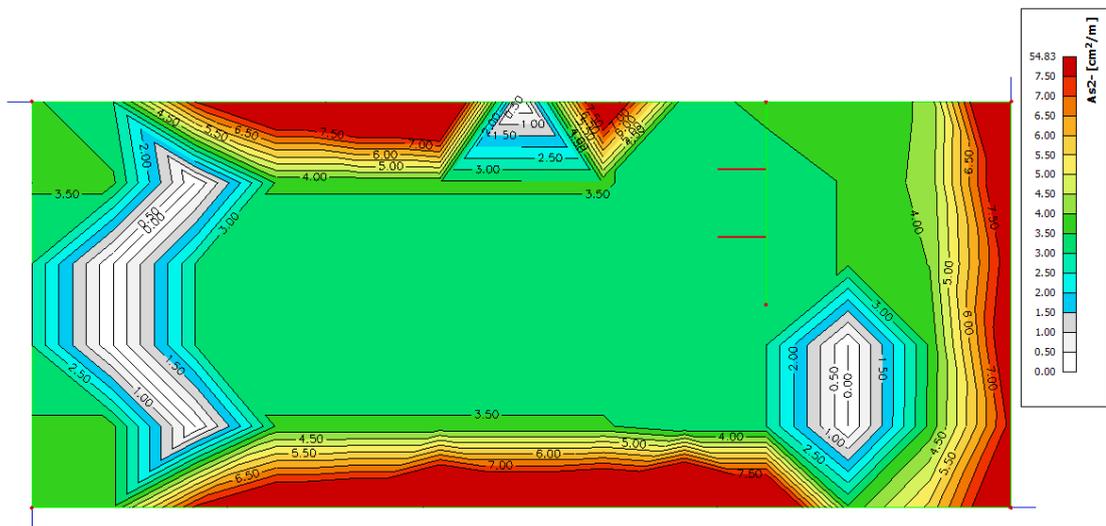
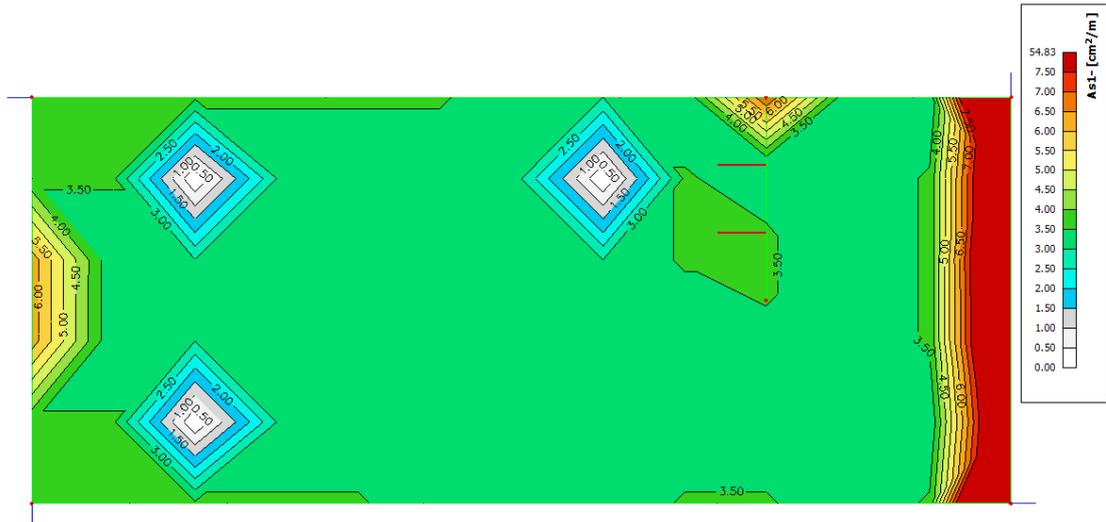
Armatura orizzontale lato 2.

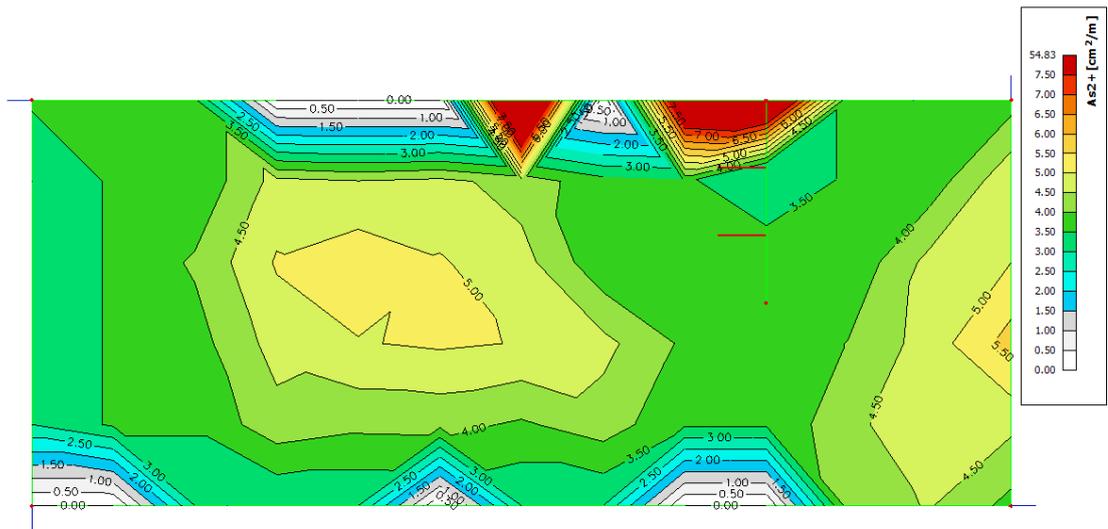
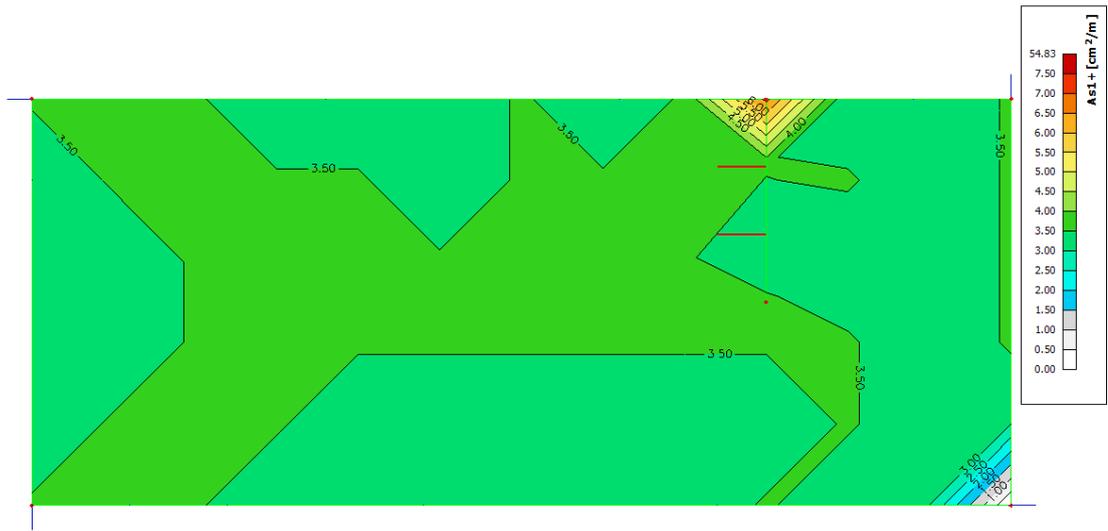


Armatura verticale lato 2.

11.4.5.3 Fondazioni

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.





12. Opere di restituzione/presa

12.1 Premessa

Si tratta di tre condotte a sezione circolare, di cui due previste realizzate fin dall'inizio e una di possibile realizzazione in futuro. Le condotte hanno andamento planimetrico rettilineo ed andamento altimetro ad asse inclinato di circa 10° sull'orizzontale. Nella parte terminale, verso il bacino, le condotte aumentano di diametro. Le dimensioni principali sono:

- diametro interno condotta $d_{i,min} = 4,00 \text{ m}$, $d_{i,max} = 7,00 \text{ m}$;
- spessore condotta $s = 50 \text{ cm}$.

12.2 Carichi

Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

12.2.1 Carichi permanenti

Peso e spinta del terreno

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$. Lo spessore massimo di terreno sopra la condotta è $s=65 \text{ m}$.

12.2.2 Carichi variabili

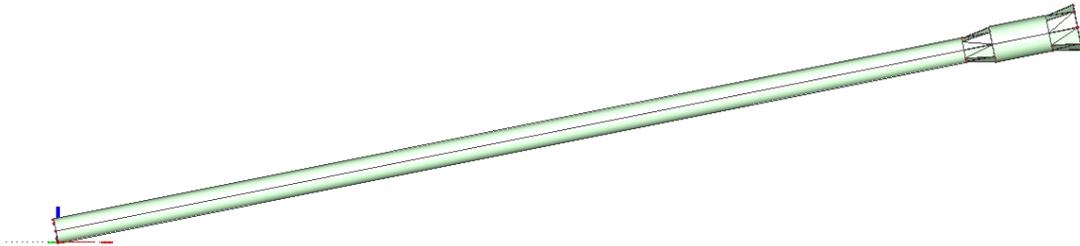
Peso e spinta dell'acqua

Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma = 10,0 \text{ kN/m}^3$.

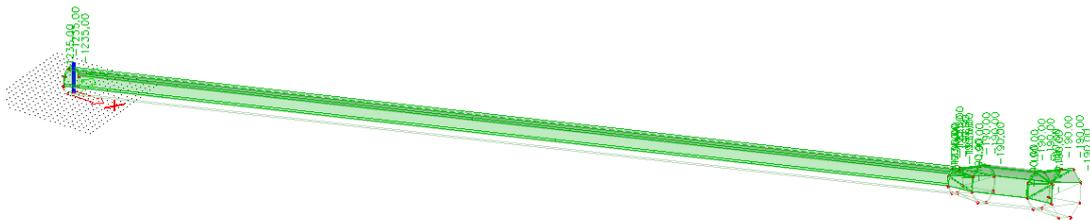
Carico di servizio (automezzi) sul terreno: $q = 16,7 \text{ kN/m}^2$.

12.3 Modello di calcolo e carichi applicati

12.3.1 Modello di carico



12.3.2 Carichi applicati



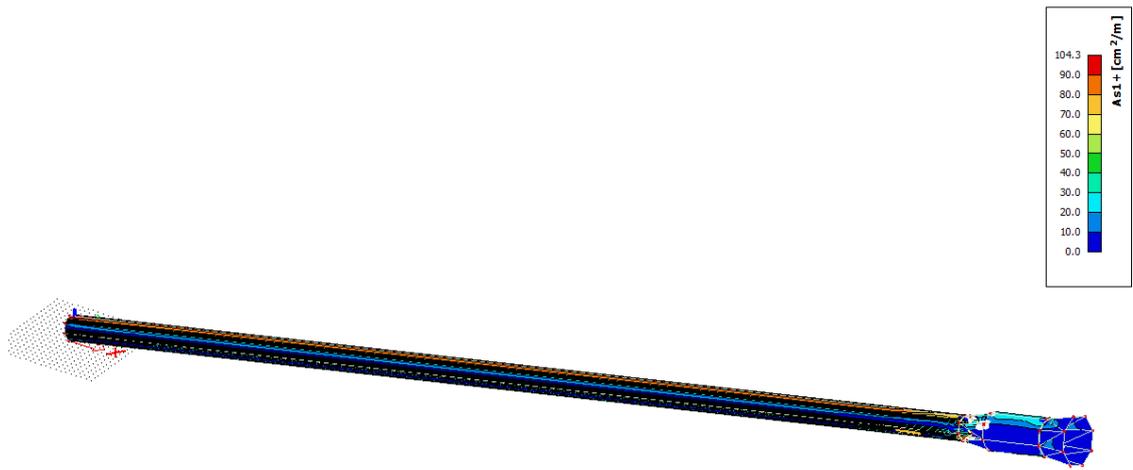
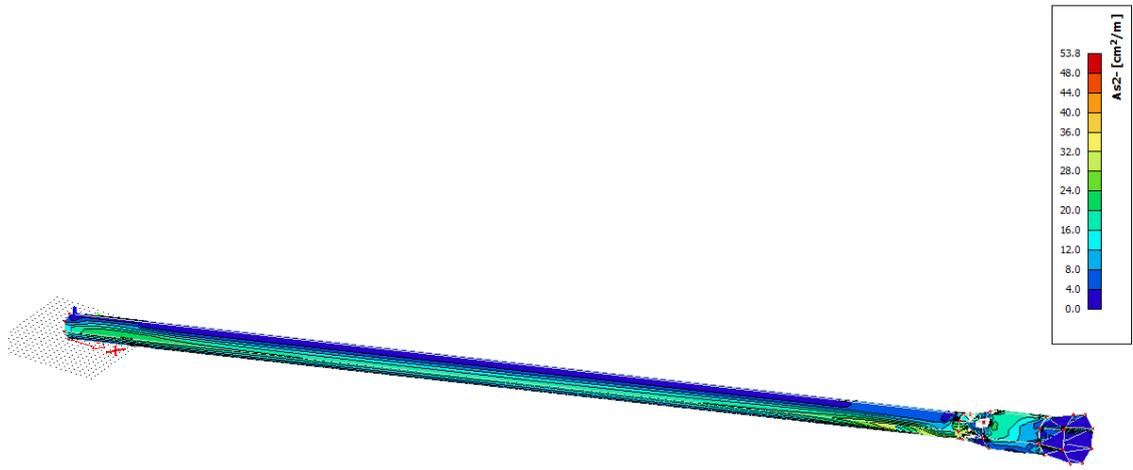
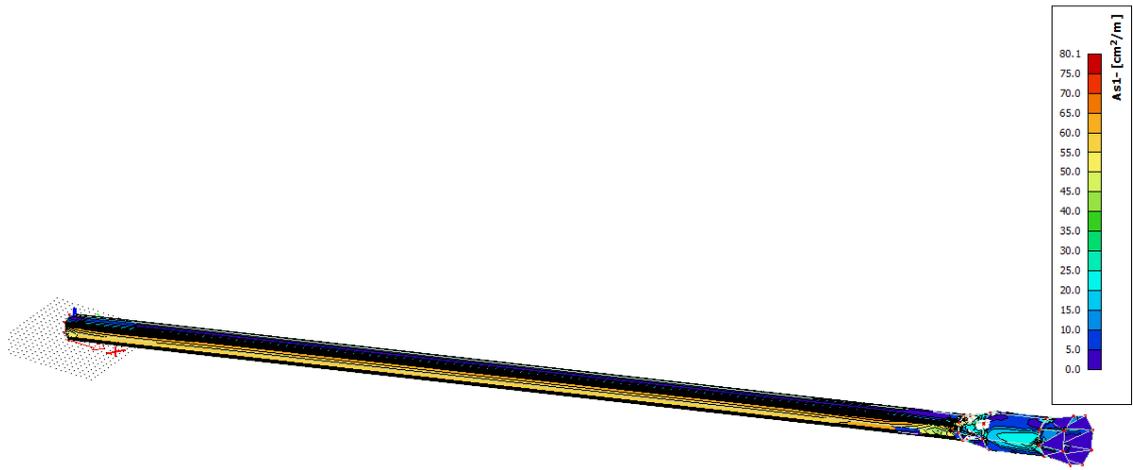
Carico terreno.

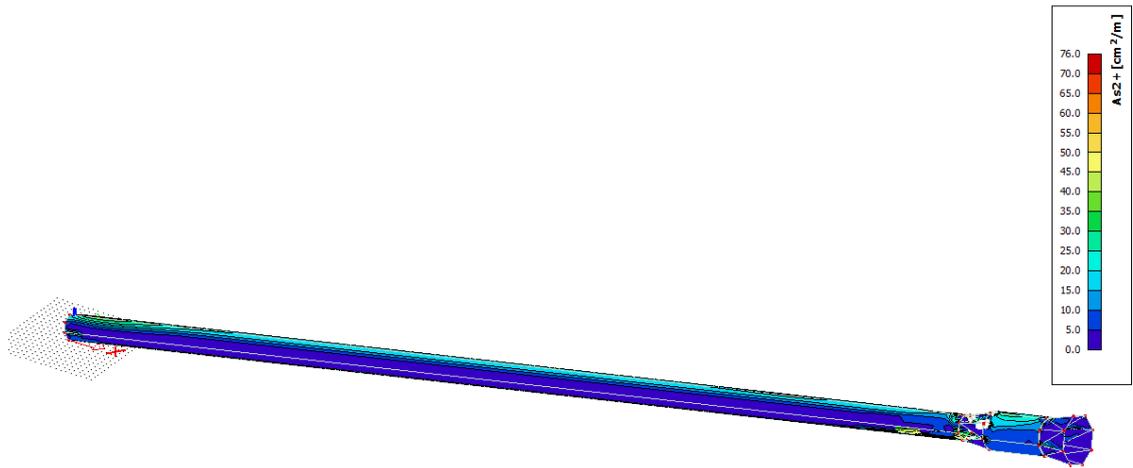


Carico acqua.

12.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo esterno (-) ed interno (+), nelle due direzioni di posa, Direzione 1 (direzione circonferenziale) e Direzione 2 (direzione delle generatrici del cilindro).





Bolzano, Malles, Roma, li 22.12.2021

Il Tecnico
Dr. Ing. Ronald Patscheider