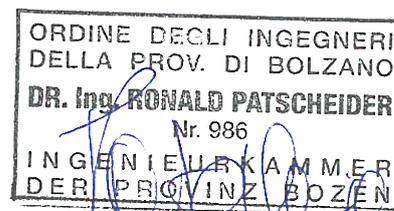




Committente

tecnic

Progetto definitivo



RUOTI ENERGIA S.r.l.
Piazza del Grano 3
I-39100 Bolzano (BZ)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Mandra Moretta" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei Comuni di Ruoti, Avigliano, Potenza, Pietragalla, Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)

progetto

contenuto Relazione strutturale

redatto	modificato	scala	elaborato n.
MD 15.12.22	a		PD-R.8
Controllato	b		
MD 15.12.22	c		
pagine 105	n. progetto 11-213	11_213_PSKW_Ruoti\stat\text\PD_R.8_rel_strutturale_01.docx	



Studio di Geologia e Geolngegneria
Dott. Geol. Antonio De Carlo

Dott. Geol. Antonio De Carlo
Via del Seminario 35 – 85100 Potenza (PZ)
tel. +39 0971 180 0373
studiogeopotenza@libero.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	5
1.1 Premessa	5
1.2 Riferimenti normativi e documentazione di riferimento	5
1.2.1 Riferimenti normativi	5
1.2.1.1 Normativa nazionale	5
1.2.1.2 Eurocodici.....	5
1.2.2 Documentazione di riferimento	5
2. Materiali	6
2.1 Calcestruzzo.....	6
2.2 Acciaio per strutture in c.a.....	7
2.3 Acciaio per carpenteria metallica	7
3. Analisi dei carichi	7
3.1 Carichi permanenti	7
3.2 Carichi variabili	8
3.2.1 Azione del vento	8
3.2.1.1 Invaso di monte	8
3.2.1.2 Invaso di valle.....	10
3.2.2 Azione della neve.....	12
3.2.2.1 Invaso di monte	12
3.2.2.2 Invaso di valle.....	13
4. Coefficienti di sicurezza e combinazione delle azioni	15
4.1 Coefficienti di sicurezza.....	15
4.2 Combinazione delle azioni	15
5. Metodo di calcolo e verifica	17
6. Invaso di monte – Opera di presa	18
6.1 Premessa	18
6.2 Carichi	18
6.2.1 Carichi permanenti.....	18
6.2.2 Carichi variabili.....	18
6.3 Modello di calcolo e carichi applicati	19
6.3.1 Modello di calcolo.....	19
6.3.2 Carichi applicati.....	19
6.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	20

6.4.1	Platea.....	20
6.4.2	Strutture galleria (scatolare).....	22
6.4.2.1	Solaio	22
6.4.2.2	Pareti	25
6.4.2.3	Fondazione.....	27
7.	Invaso di monte - Edificio di servizio	28
7.1	Premessa	28
7.2	Carichi	28
7.2.1	Carichi permanenti	28
7.2.2	Carichi variabili.....	29
7.3	Modello di calcolo e carichi applicati	29
7.3.1	Modello di calcolo.....	29
7.3.2	Carichi applicati.....	30
7.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	33
7.4.1	Solaio di copertura	33
7.4.2	Pareti piano terra.....	37
7.4.3	Solaio piano terra.....	40
7.4.4	Pareti piano interrato.....	43
7.4.5	Fondazioni	46
7.5	Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)	48
7.5.1	Solaio di copertura	48
7.5.2	Solaio sul piano interrato.....	49
7.6	Pressioni sul terreno.....	50
8.	Invaso di valle – Opera di aspirazione/scarico.....	51
8.1	Premessa	51
8.2	Carichi	51
8.2.1	Carichi permanenti	52
8.2.2	Carichi variabili.....	52
8.3	Modello di calcolo e carichi applicati	52
8.3.1	Modello di calcolo.....	52
8.3.2	Carichi applicati.....	53
8.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	55
8.4.1	Struttura ad imbuto verticale	55
9.	Invaso di valle – Scarico di fondo	57
9.1	Premessa	57

9.2	Carichi	58
9.2.1	Carichi permanenti	58
9.2.2	Carichi variabili.....	58
9.3	Modello di calcolo e carichi applicati	58
9.3.1	Modello di calcolo.....	58
9.3.2	Carichi applicati.....	59
9.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	60
9.4.1	Solaio.....	60
9.4.2	Pareti.....	61
9.4.3	Platea.....	64
10.	Invaso di valle – Scarico di superficie	66
10.1	Premessa	66
10.2	Carichi	66
10.2.1	Carichi permanenti	66
10.2.2	Carichi variabili.....	66
10.3	Modello di calcolo e carichi applicati	66
10.3.1	Modello di calcolo.....	67
10.3.2	Carichi applicati.....	67
10.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	68
10.4.1	Solaio galleria	68
10.4.2	Pareti galleria	70
10.4.3	Platea galleria	71
10.4.4	Struttura ad imbuto verticale	73
11.	Invaso di valle - Bacino di dissipazione.....	75
11.1	Premessa	75
11.2	Carichi	76
11.2.1	Carichi permanenti	76
11.2.2	Carichi variabili.....	76
11.3	Modello di calcolo e carichi applicati	76
11.3.1	Modello di calcolo.....	76
11.3.2	Carichi applicati.....	77
11.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	77
11.4.1	Solaio.....	77
11.4.2	Pareti.....	79
11.4.3	Fondazioni (platee, travi rovesce)	81

12. Invaso di valle - Centrale di produzione energia.....	83
12.1 Premessa	83
12.2 Carichi	83
12.2.1 Carichi permanenti	83
12.2.2 Carichi variabili.....	83
12.3 Modello di calcolo e carichi applicati	84
12.3.1 Modello di calcolo.....	84
12.3.2 Carichi applicati.....	85
12.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)	89
12.4.1 Solaio copertura edificio principale	89
12.4.2 Solaio copertura basso	91
12.4.3 Solai livello piano campagna (+/- 0,00)	93
12.4.4 Solaio quota -7,35 m.....	97
12.4.5 Solaio quota -19,00 m.....	101

1. Introduzione

1.1 Premessa

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento delle strutture dell'opera in oggetto. La zona interessata dal progetto d'intervento si trova nella Provincia di Potenza, Comune di Ruoti, ad una quota compresa tra 498 m s.l.m.m. (invaso inferiore) e 1080 m s.l.m.m. (invaso superiore).

1.2 Riferimenti normativi e documentazione di riferimento

1.2.1 Riferimenti normativi

1.2.1.1 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.

1.2.1.2 Eurocodici

- [2] UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì specifici, pesì 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.

1.2.2 Documentazione di riferimento

- [6] Relazione Geologica "Progetto di un impianto a pompaggio da realizzarsi nel Comune di Ruoti – Relazione Geologica", a firma del Dott. Geologo Antonio De Carlo (dicembre 2012).

2. Materiali

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

2.1 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

2.2 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

2.3 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

3. Analisi dei carichi

3.1 Carichi permanenti

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

3.2 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.

3.2.1 Azione del vento

3.2.1.1 Invaso di monte

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
3	27	500	0,37
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			1080
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])			38,588
α_R (T_R)			1,039
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			40,103

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]	1005,13
--------------	---------

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

ZONA 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

ZONA 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

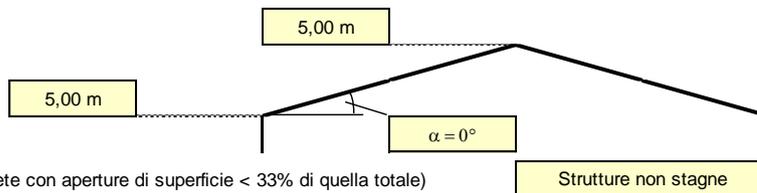
Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
3	D	1080

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

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

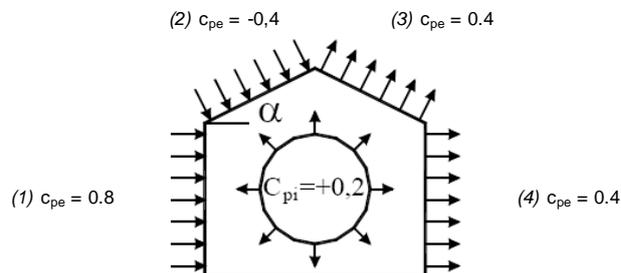
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

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

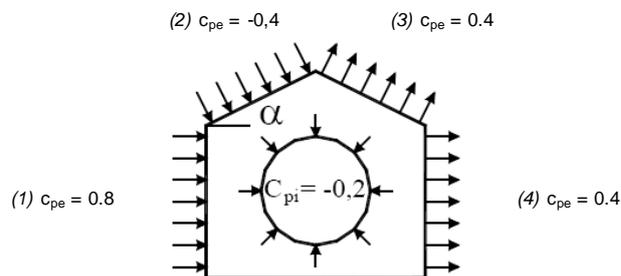


Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

(1)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	1,164
(2)	c _p	p [kN/mq]
	-0,60	-1,164
(3)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	1,164
(4)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	1,164



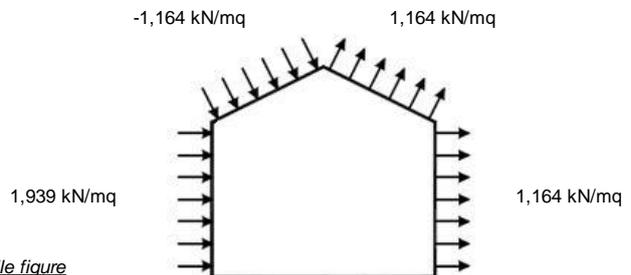
(1)	c _p	p [kN/mq]
	1,00	1,939
(2)	c _p	p [kN/mq]
	-0,20	-0,388
(3)	c _p	p [kN/mq]
	0,20	0,388
(4)	c _p	p [kN/mq]
	0,20	0,388



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	1,939
(2)	-1,164
(3)	1,164
(4)	1,164

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



3.2.1.2 Invaso di valle

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	v _{b,0} [m/s]	a ₀ [m]	k _a [1/s]
3	27	500	0,37
a _s (altitudine sul livello del mare [m])			498
T _R (Tempo di ritorno)			100
v _b = v _{b,0} per a _s ≤ a ₀			
v _b = v _{b,0} · (1+k _a (a _s /a ₀ -1)) per a ₀ < a _s ≤ 1500 m			
v _b (T _R = 50 [m/s])	27,000		
α _R (T _R)	1,039		
v _b (T _R) = v _b × α _R [m/s]	28,059		

p (pressione del vento [N/mq]) = q _b · c _e · c _p · 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]	492,08
-----------------------	--------

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						
	mare		costa		750m	
	2 km	10 km	30 km	500m		
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					
	mare		costa		500m
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

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

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

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

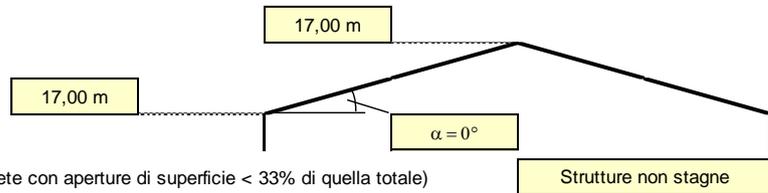
Zona	Classe di rugosità	a _s [m]
3	D	498

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

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

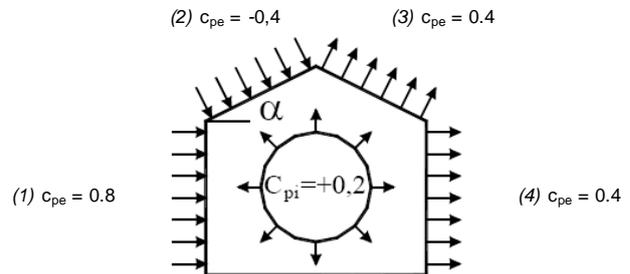
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

z [m]	c _e
z ≤ 4	1,801
z = 17	2,700
z = 17	2,700

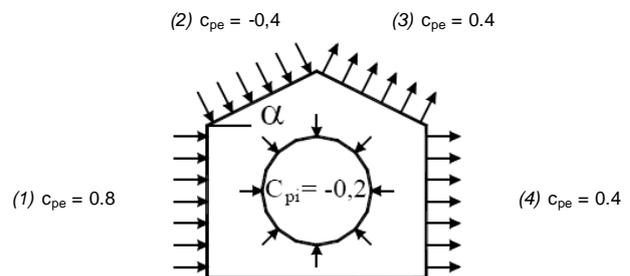


Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

(1)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	0,797
(2)	c _p	p [kN/mq]
	-0,60	-0,797
(3)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	0,797
(4)	c _p	p [kN/mq]
	0,60	0,797



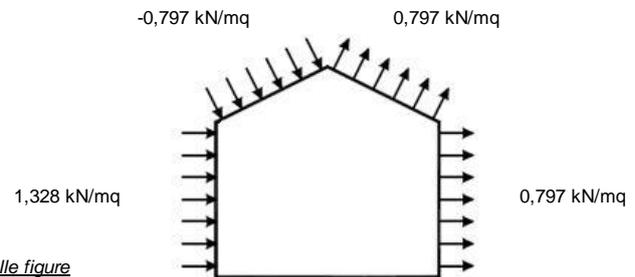
(1)	c _p	p [kN/mq]
	1,00	1,328
(2)	c _p	p [kN/mq]
	-0,20	-0,266
(3)	c _p	p [kN/mq]
	0,20	0,266
(4)	c _p	p [kN/mq]
	0,20	0,266



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	1,328
(2)	-0,797
(3)	0,797
(4)	0,797

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



3.2.2 Azione della neve

3.2.2.1 Invaso di monte

Quota invaso di monte: $a_s=1080$ m s.l.m.m.

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

○	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbanò-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
○	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
○	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
●	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]) = $\mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$ 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])	1080
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	3,08

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

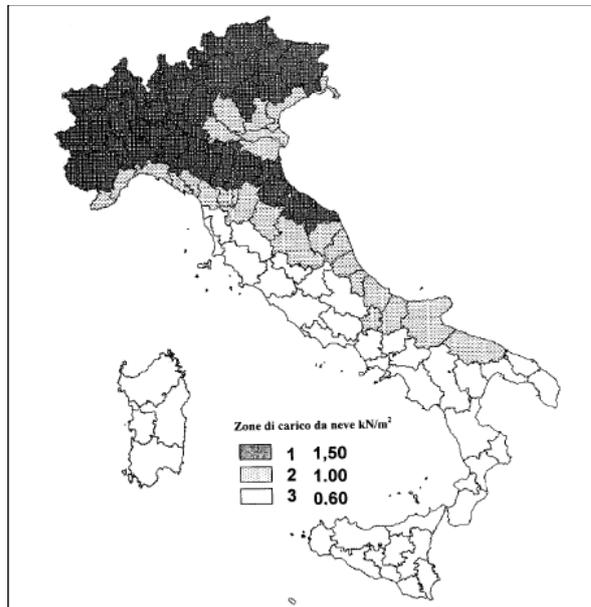
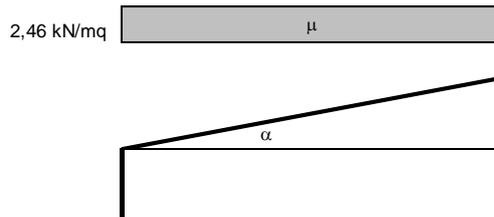
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	3,08
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

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

μ	0,8
-------	-----



3.2.2.2 Invaso di valle

Quota invaso di valle: $a_s=498$ m s.l.m.m.

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

○	<p>Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbanco-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<p>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:</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<p>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</p>	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	<p>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, Ptsa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo</p>	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$ $a_s > 200 \text{ m}$

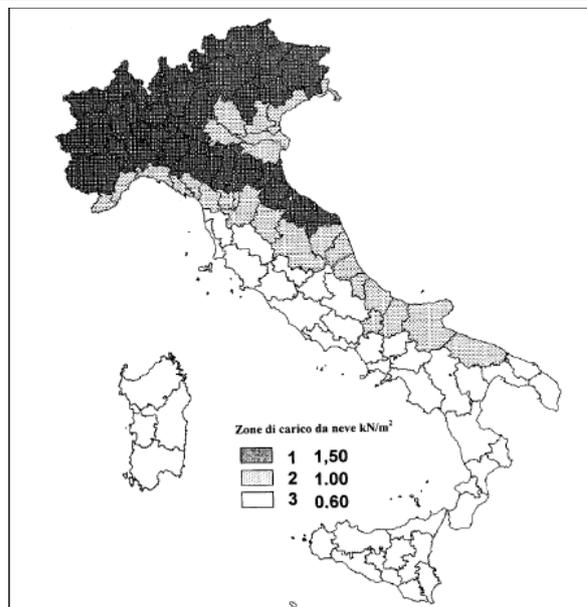
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$
 μ_i (coefficiente di forma)
 q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
 C_E (coefficiente di esposizione)
 C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	498
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1,06

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

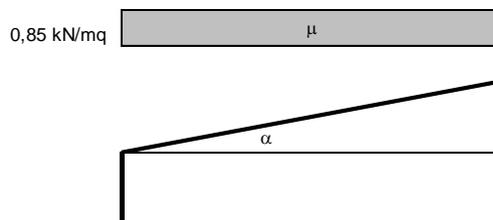
Valore del carico della neve al suolo

q _s (carico della neve al suolo [kN/mq])	1,06
---	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

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

μ	0,8
---	-----



4. Coefficienti di sicurezza e combinazione delle azioni

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

4.1 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:	$\gamma_M = 1,50$

4.2 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

5. 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.

6. Invaso di monte – Opera di presa

6.1 Premessa

L'opera di presa dell'invaso di monte è costituita da una struttura di confluenza composta da platee e da un tratto di galleria in calcestruzzo armato, a sezione rettangolare. Le dimensioni principali degli elementi sono le seguenti.

Struttura di ingresso:

- dimensioni in pianta: 30,0 x 30,0 m;
- spessore platee s=50 cm.

Galleria:

- lunghezza: L = 20,50 m;
- larghezza interne: b = 3,50-5,00 m;
- altezza interna: h = 3,50 m;
- spessore platea: s=100 cm
- spessore muri: s=100 cm
- spessore solaio: s=60 cm

6.2 Carichi

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

6.2.1 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 $k_a=0,3$.

6.2.2 Carichi variabili

Peso e spinta dell'acqua

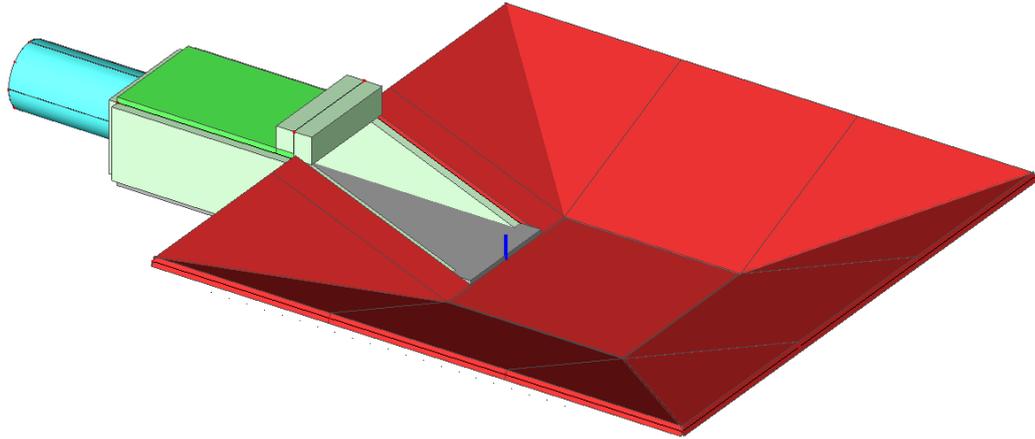
Sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

Pressione sulla platea: q=140-180 kN/m²

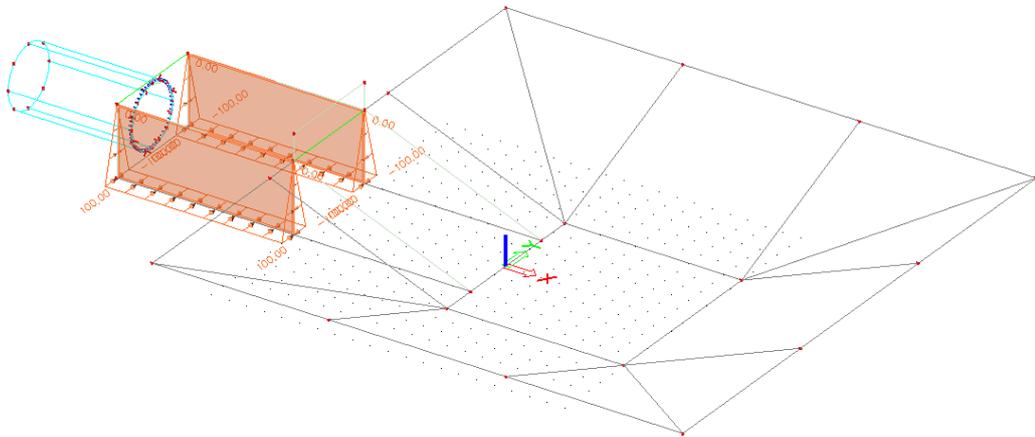
Pressione sul solaio galleria: q=140 kN/m²

6.3 Modello di calcolo e carichi applicati

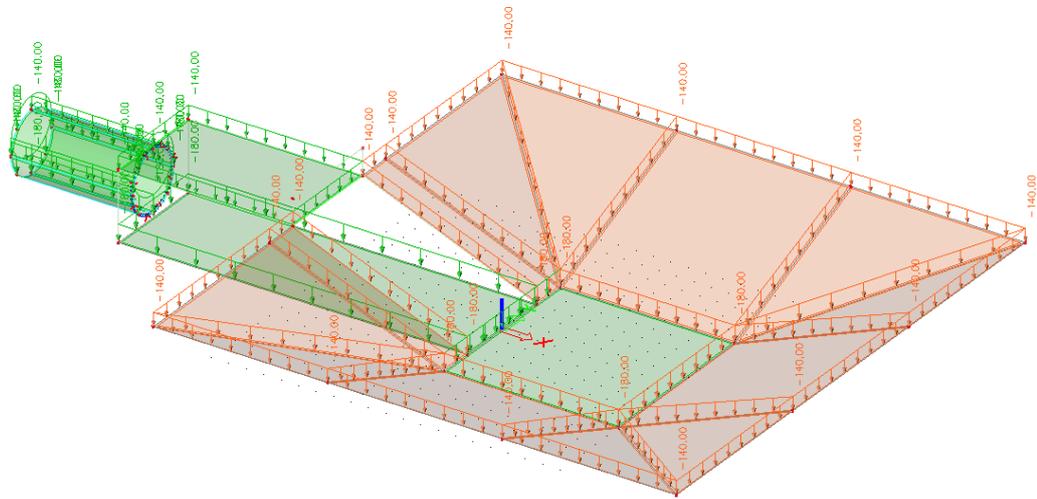
6.3.1 Modello di calcolo



6.3.2 Carichi applicati



Peso, spinta del terreno.

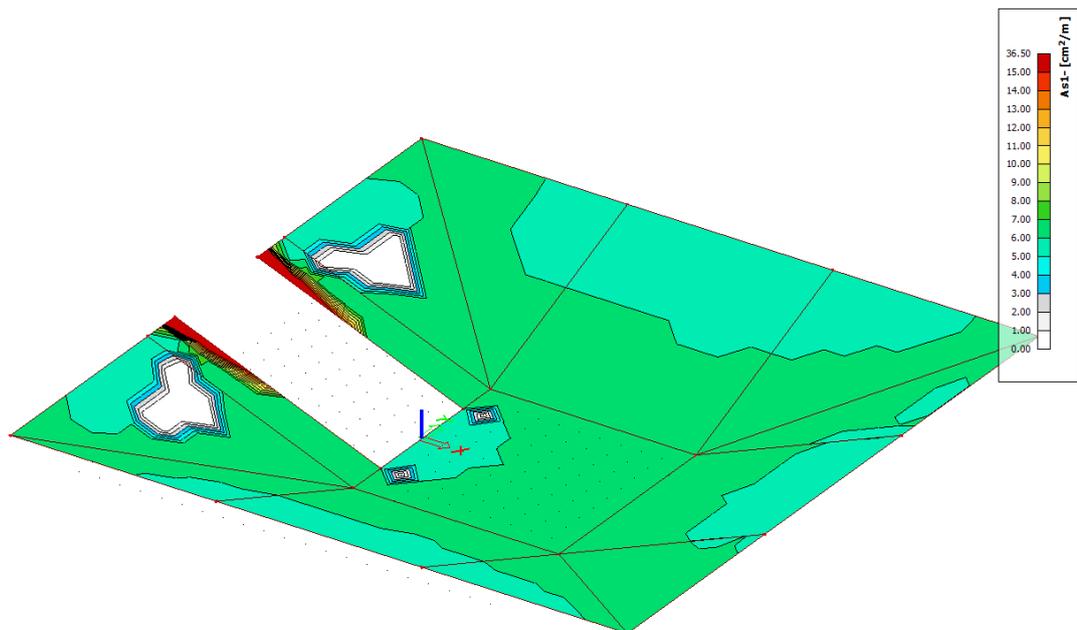


Peso, spinta dell'acqua.

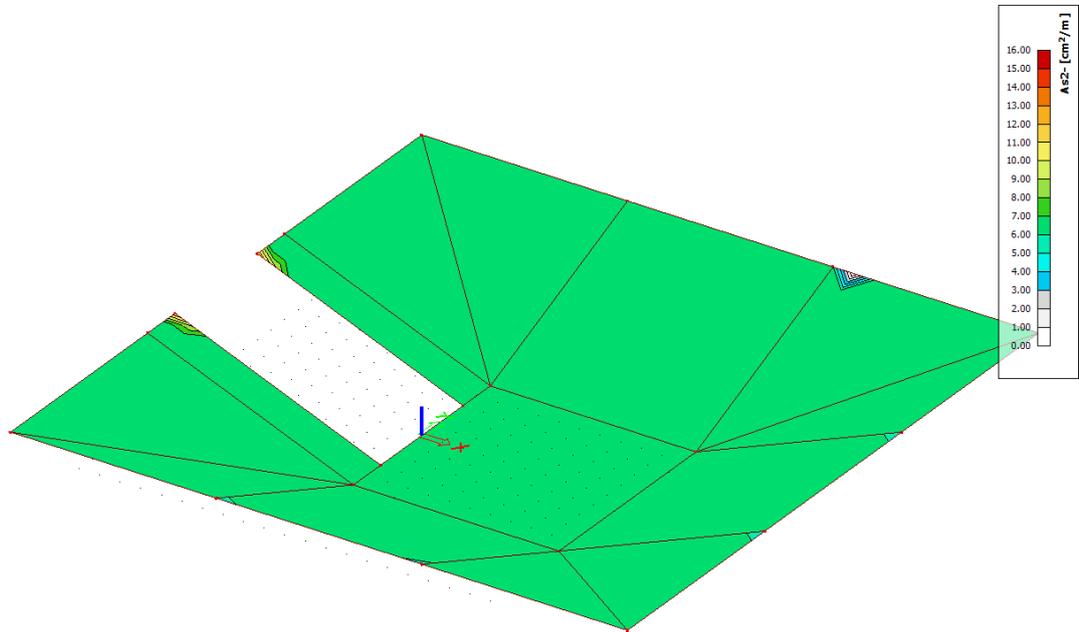
6.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

6.4.1 Platea

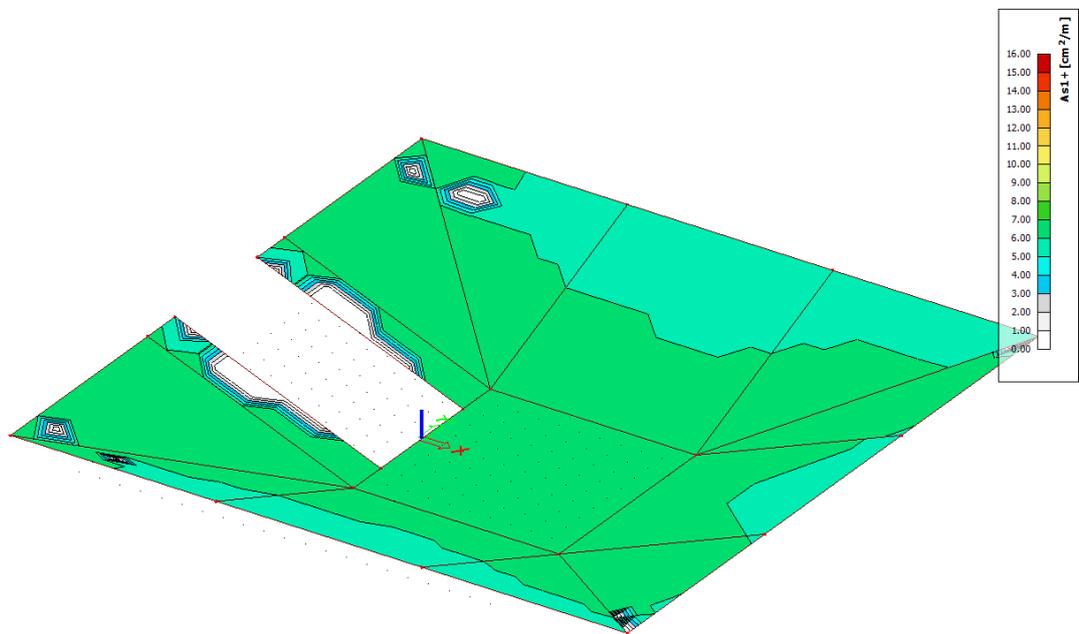
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



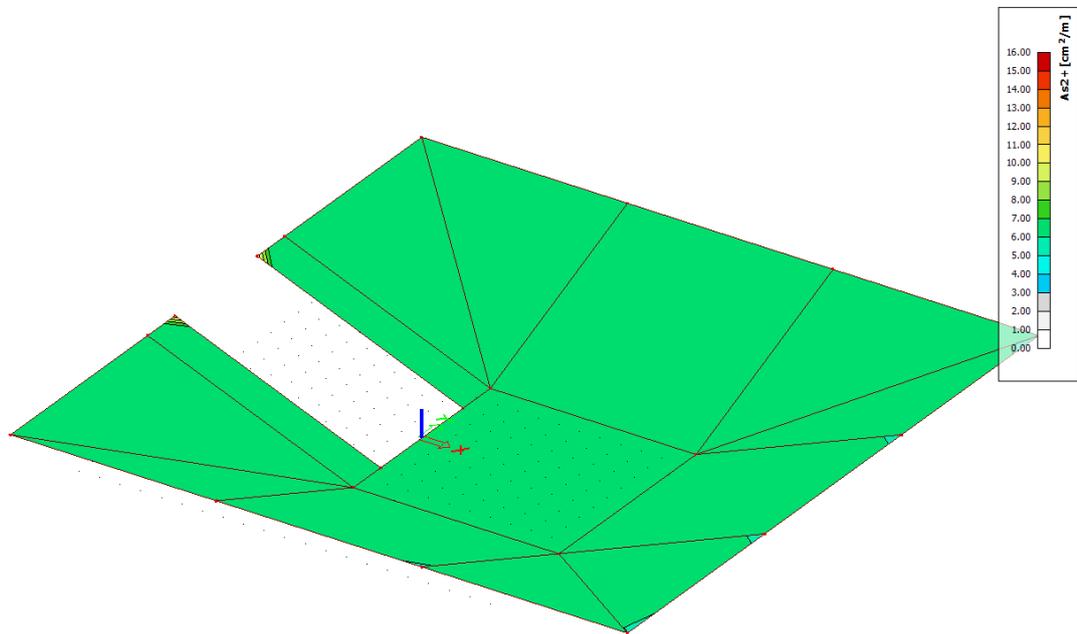
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.

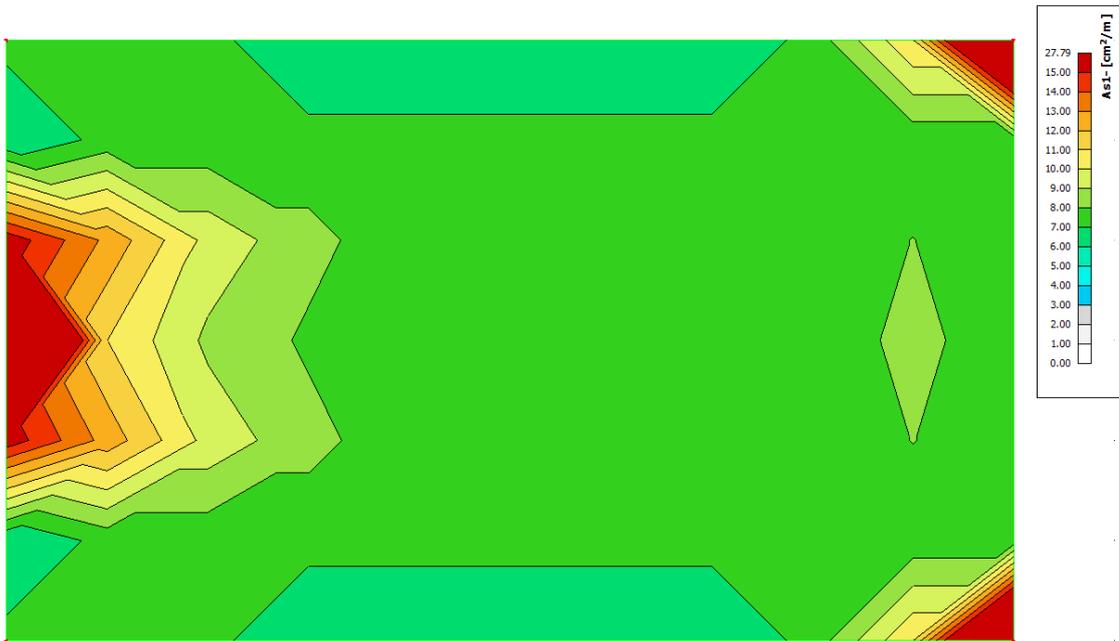


Armatura superiore in direzione 2.

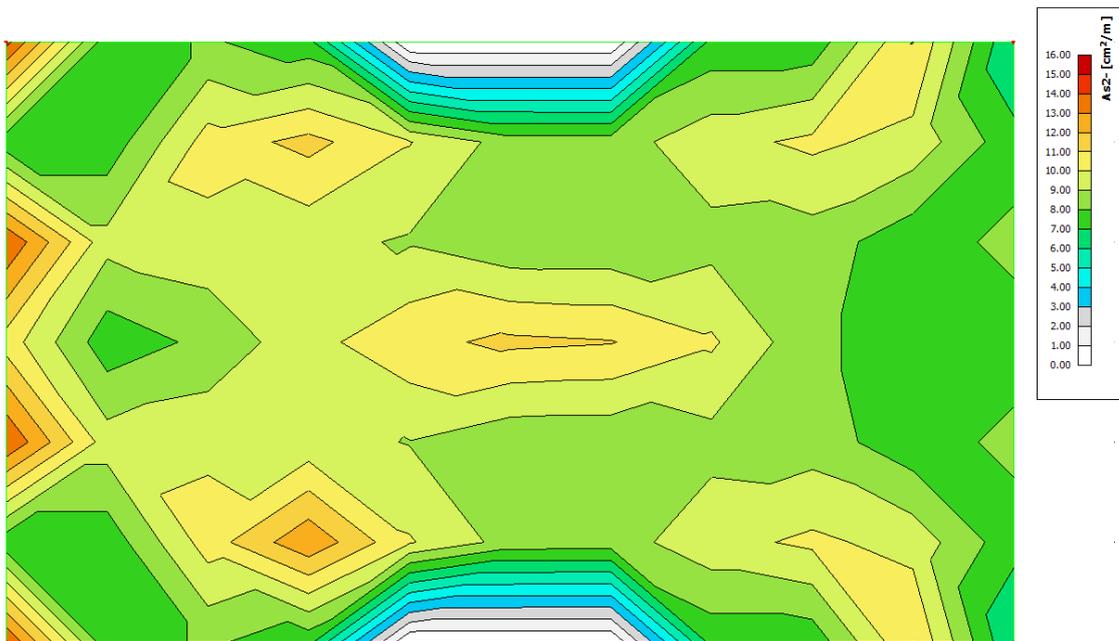
6.4.2 Strutture galleria (scatolare)

6.4.2.1 Solaio

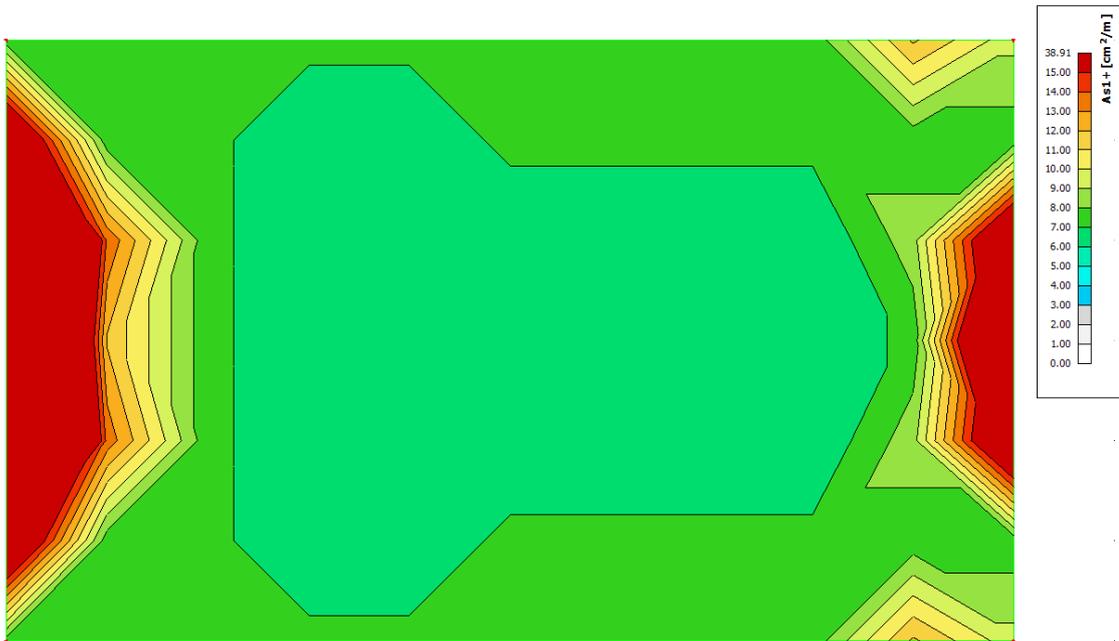
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



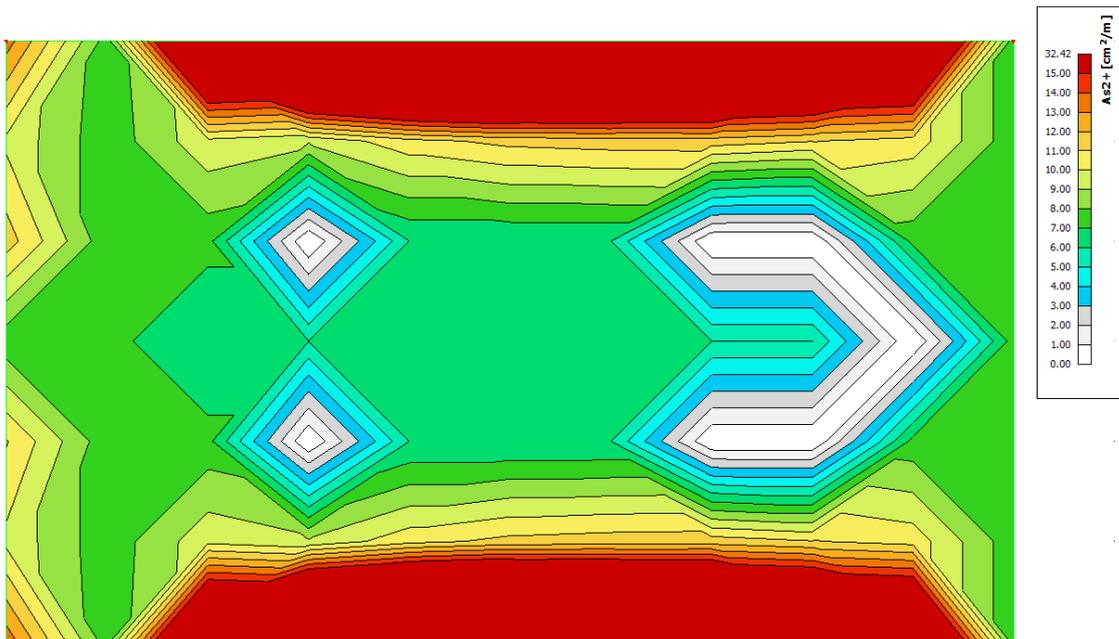
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



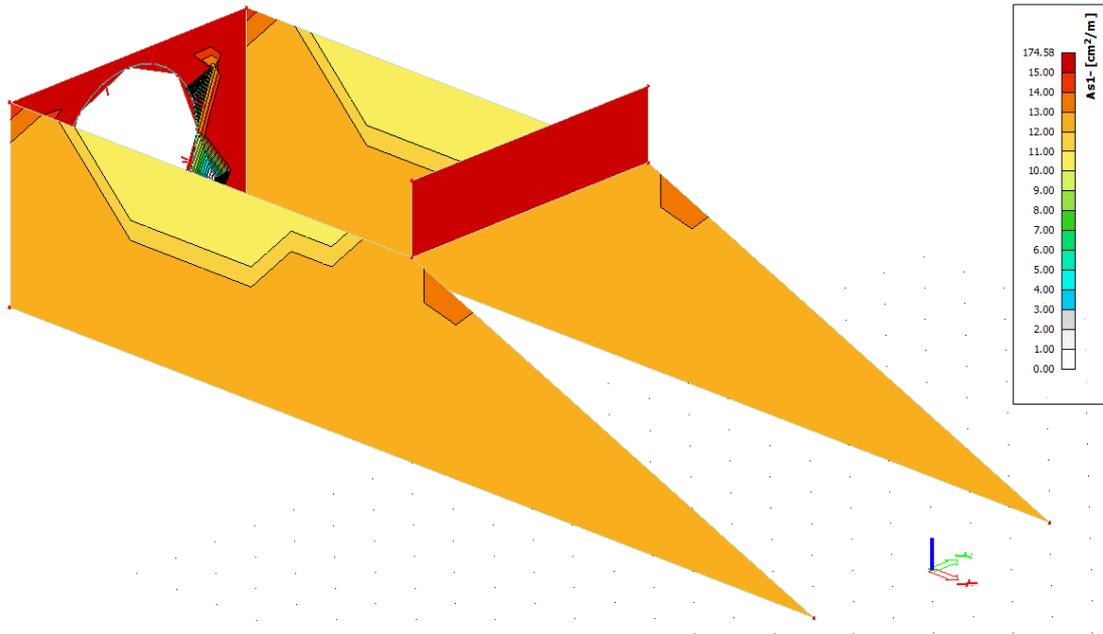
Armatura superiore in direzione 1.



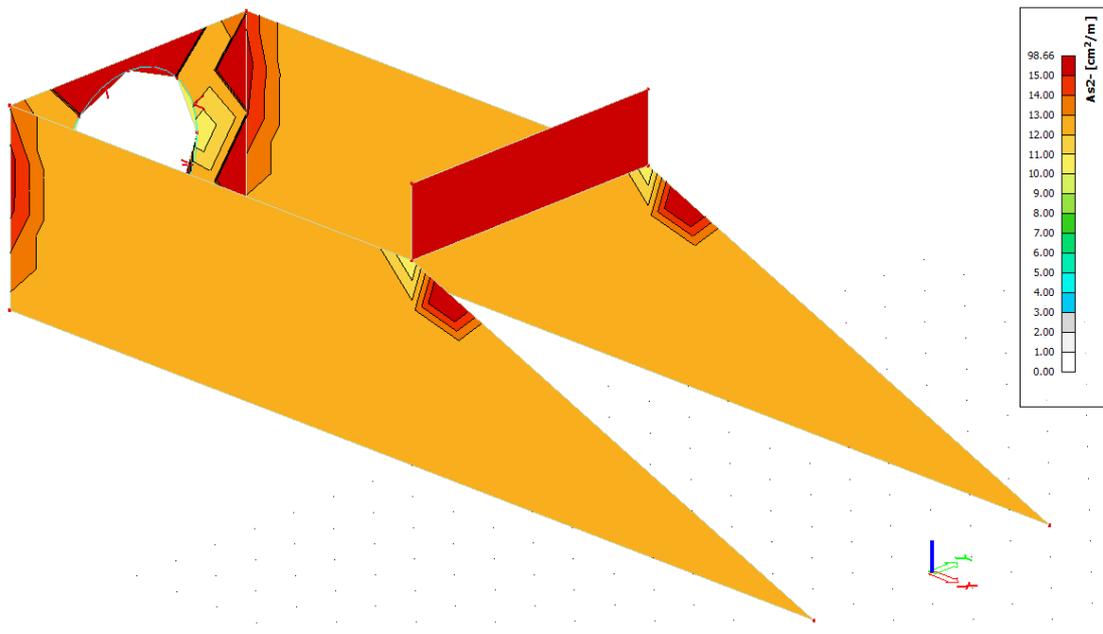
Armatura superiore in direzione 2.

6.4.2.2 Pareti

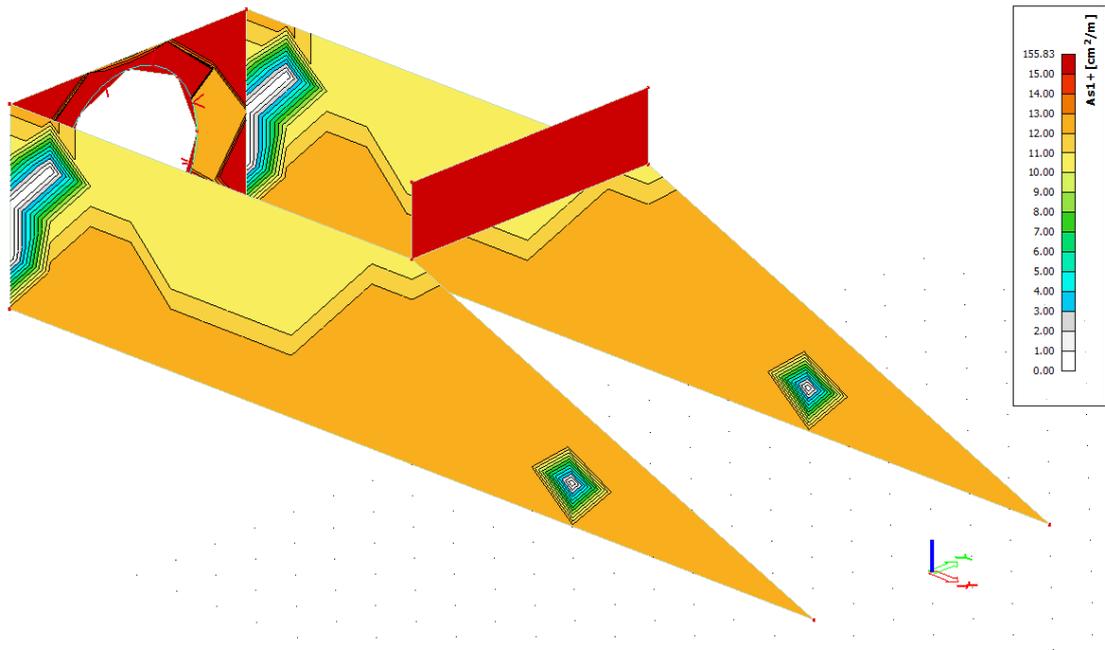
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



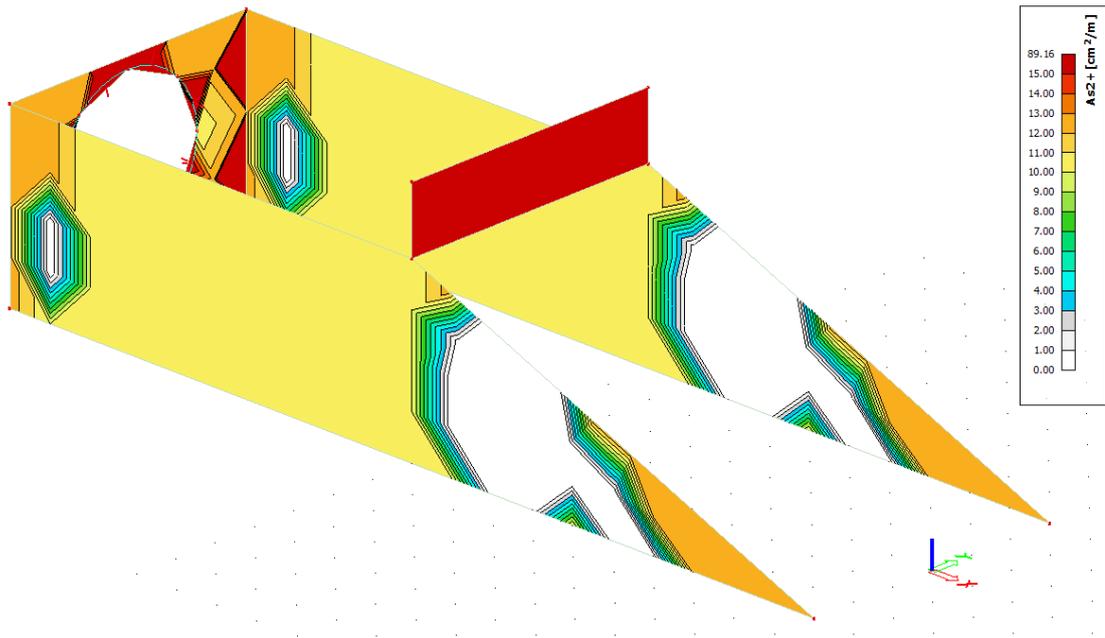
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



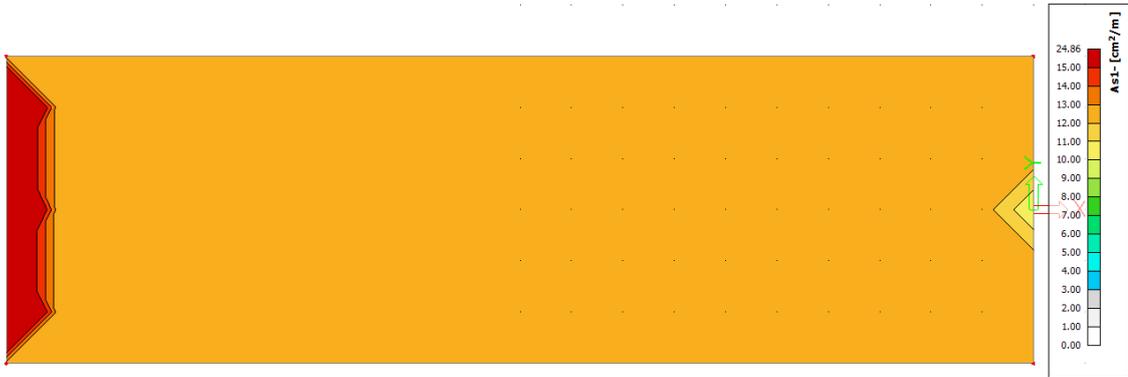
Armatura lato aria in direzione orizzontale.



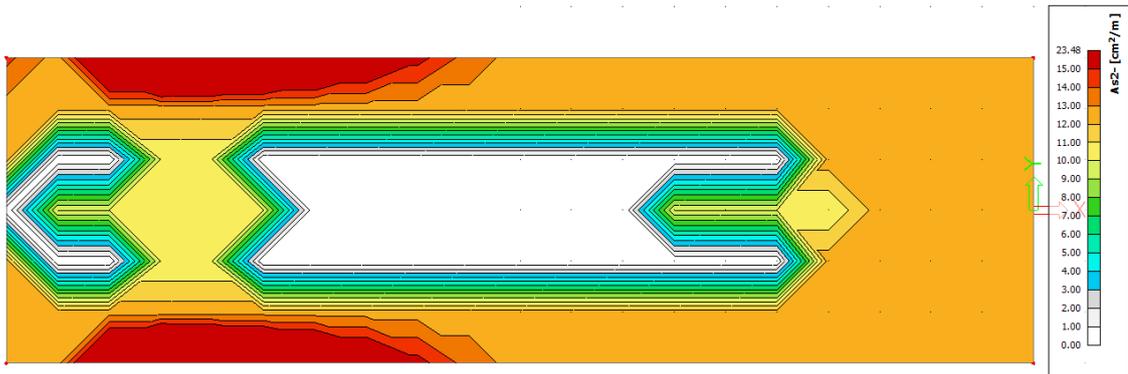
Armatura lato aria in direzione orizzontale.

6.4.2.3 Fondazione

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



Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

7. Invaso di monte - Edificio di servizio

7.1 Premessa

L'edificio dei servizio è costituito da una struttura in cemento armato a pianta rettangolare di dimensioni 14,0 m x 10,0 m e altezza 6,00 m fuori terra, e 7,50 m sotto il piano campagna. Le fondazioni sono del tipo a platea con spessore $s=30$ cm. Le pareti esterne hanno spessore $s=30$ cm. Il solaio del piano terra ha spessore $s=30$ cm. Il solaio di copertura ha spessore $s=30$ cm. Al piano terra si acceda da un'apertura 5,00 m x 4,50 m che consente anche l'ingresso di automezzi. Dal piano terra si accede al piano interrato per mezzo di una scala in acciaio. Per tutti gli elementi il calcestruzzo è della classe C25/30.

7.2 Carichi

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

7.2.1 Carichi permanenti

Sovraccarico permanente sulla platea e sui solai $g_2 = 2,00 \text{ kN/m}^2$

Sovraccarico permanente terreno sul solaio di copertura $g_3 = 20 \times 0,5 = 10,00 \text{ kN/m}^2$

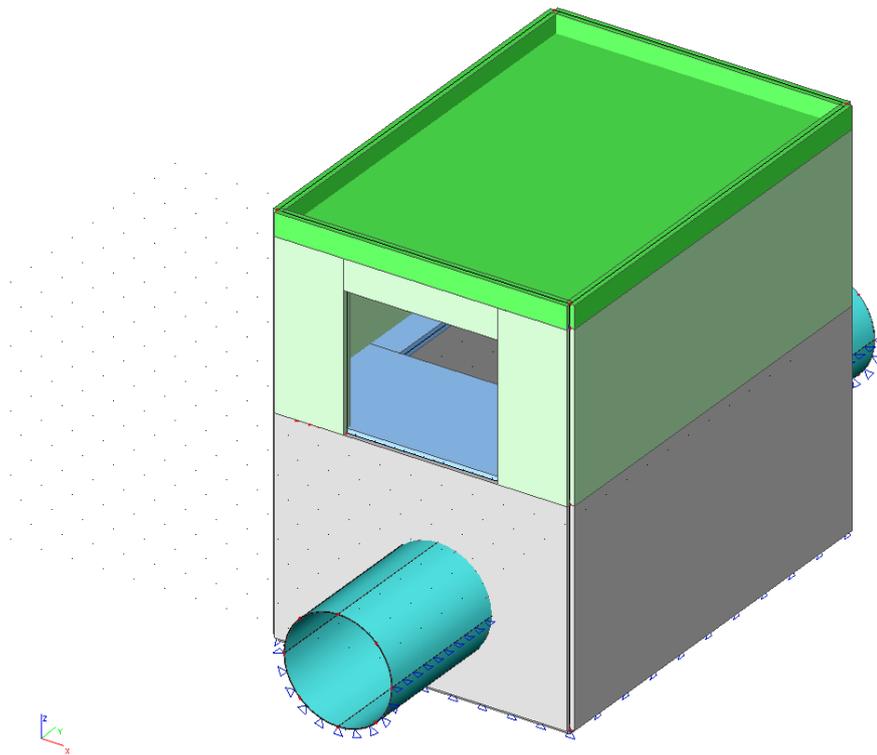
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

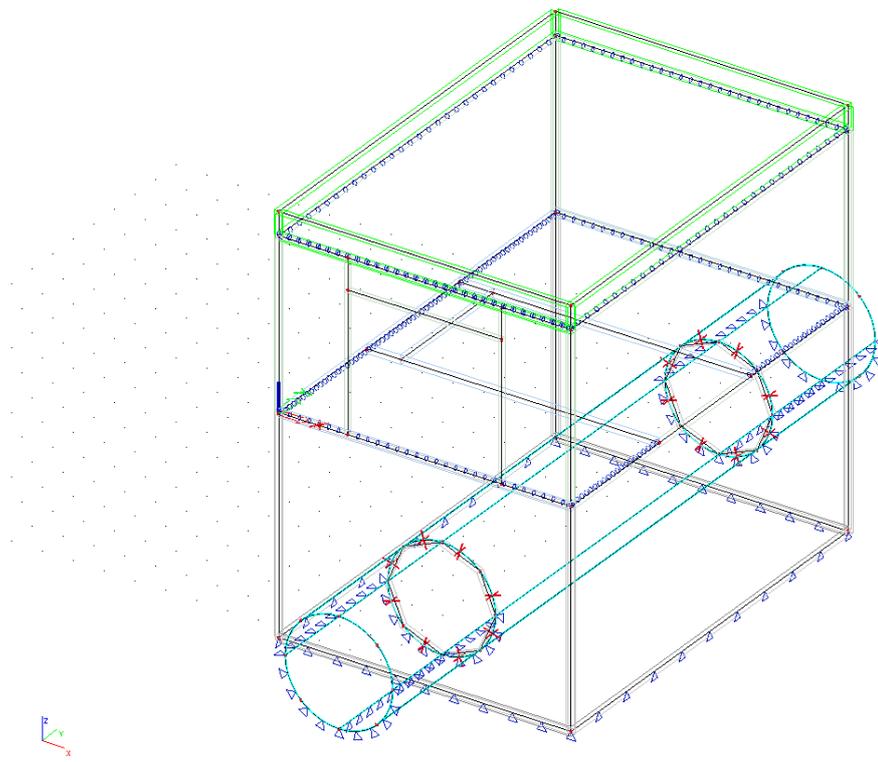
7.2.2 Carichi variabili

Sovraccarico variabile sulla platea	$q_1 =$	5,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile sul solaio del piano terra	$q_2 =$	5,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile sul solaio di copertura	$q_3 =$	1,00 kN/m ²
Sovraccarico variabile neve	$q_4 =$	3,08 kN/m ²
Sovraccarico variabile acqua nella condotta	$q_5 =$	30,0 kN/m ²

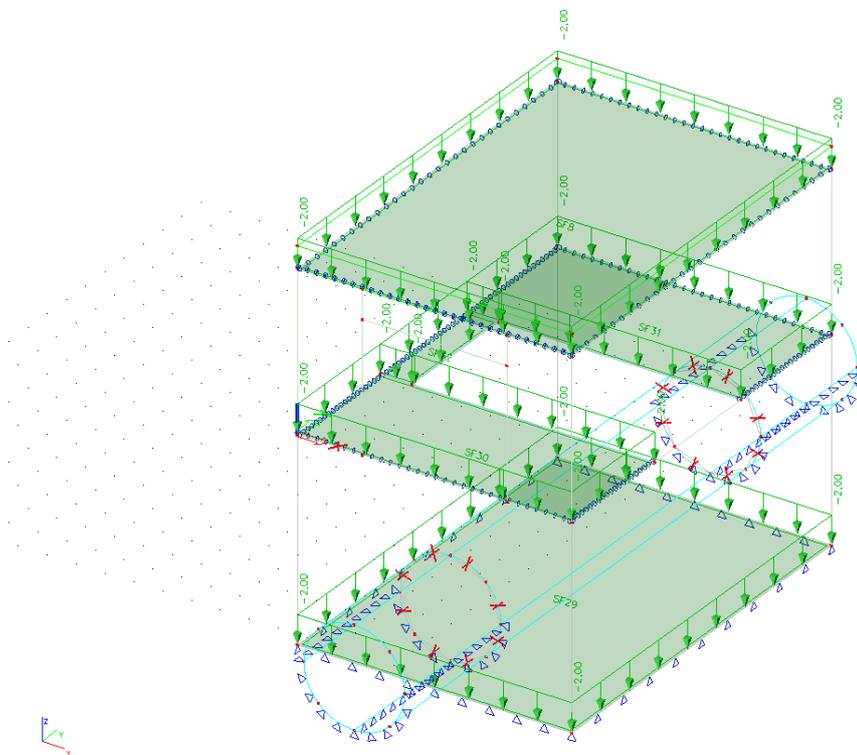
7.3 Modello di calcolo e carichi applicati

7.3.1 Modello di calcolo

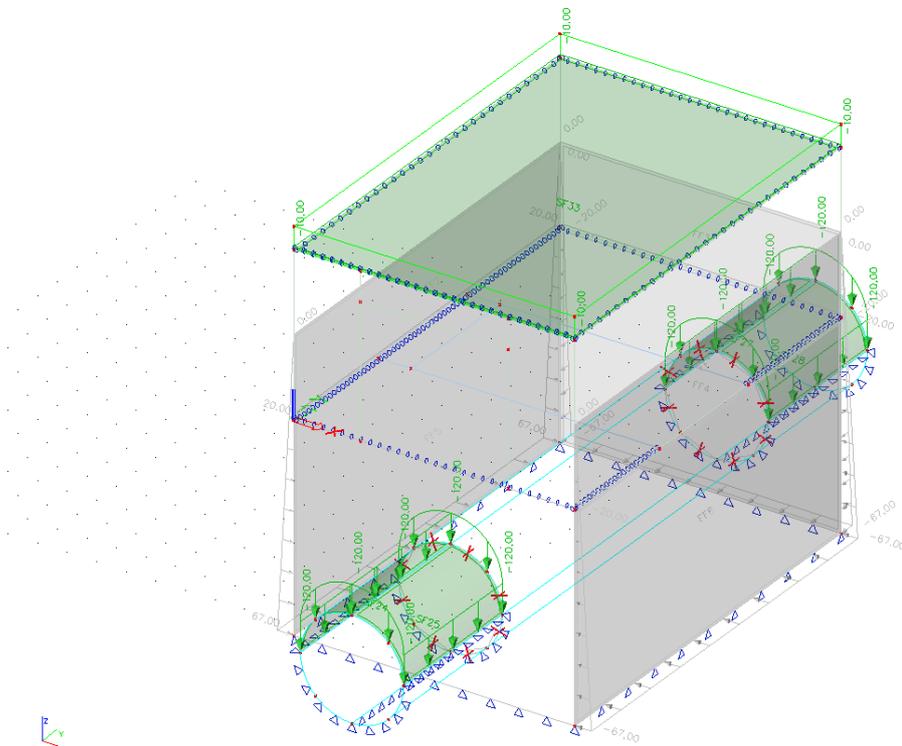




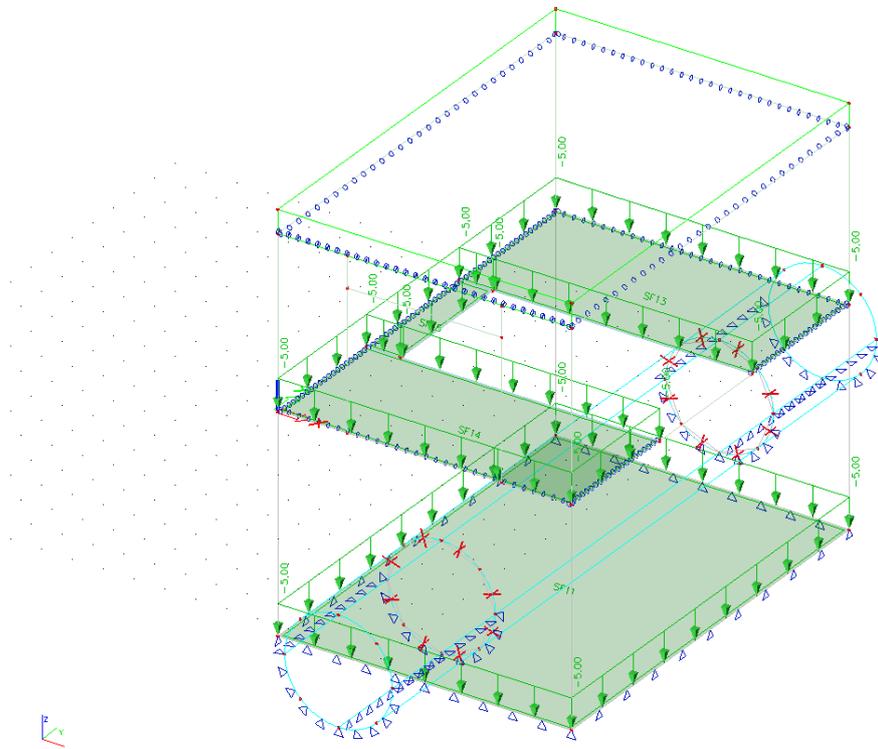
7.3.2 Carichi applicati



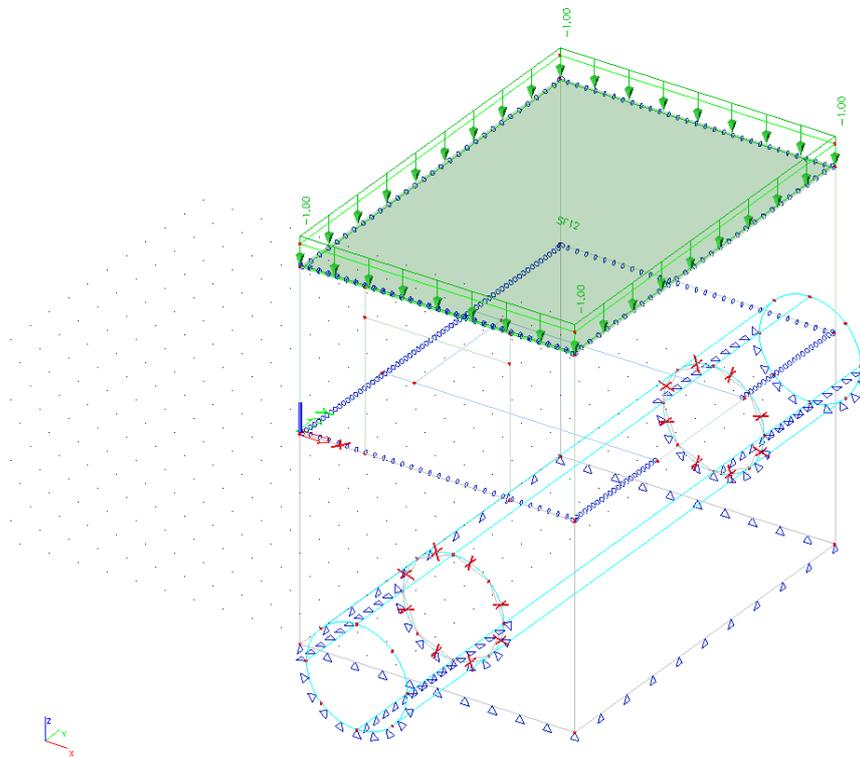
Sovraccarichi permanenti solai.



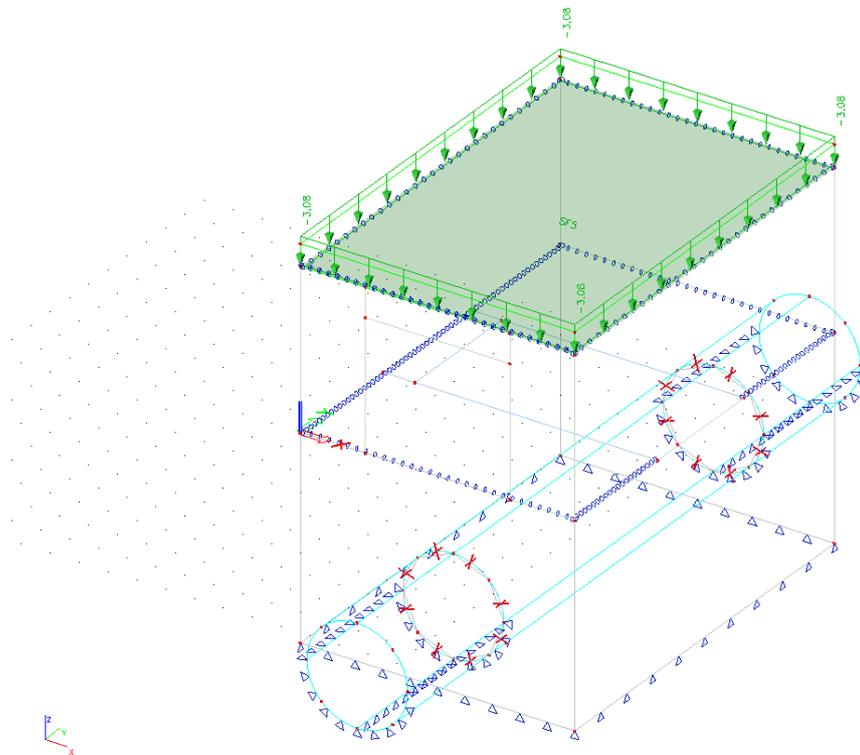
Sovraccarichi permanenti: peso e spinta del terreno.



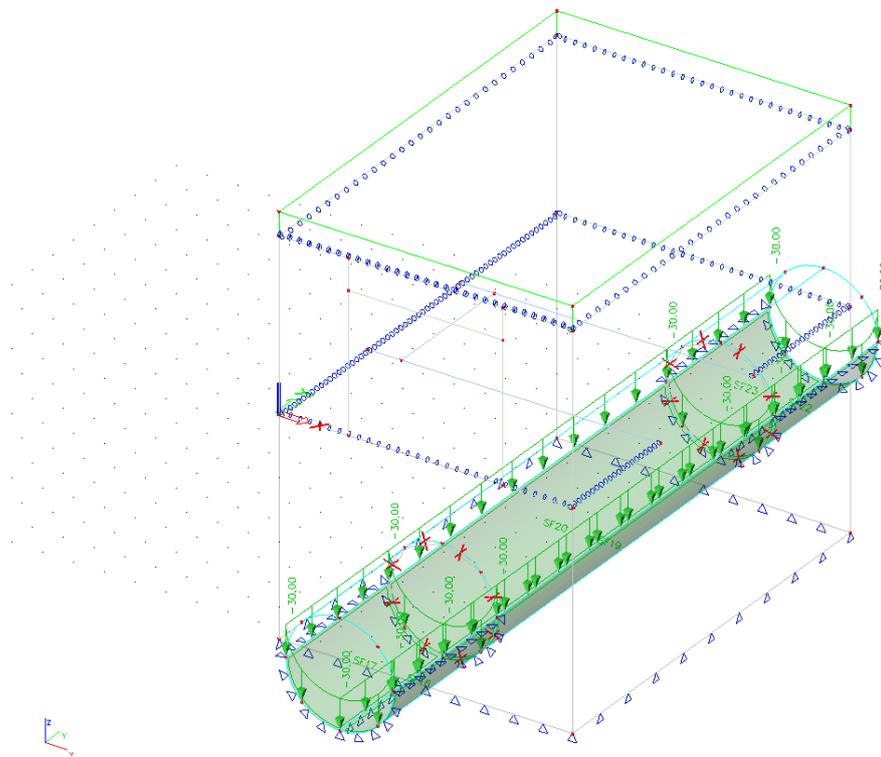
Sovraccarichi variabili di servizio.



Sovraccarichi variabile copertura.



Sovraccarico variabile neve.

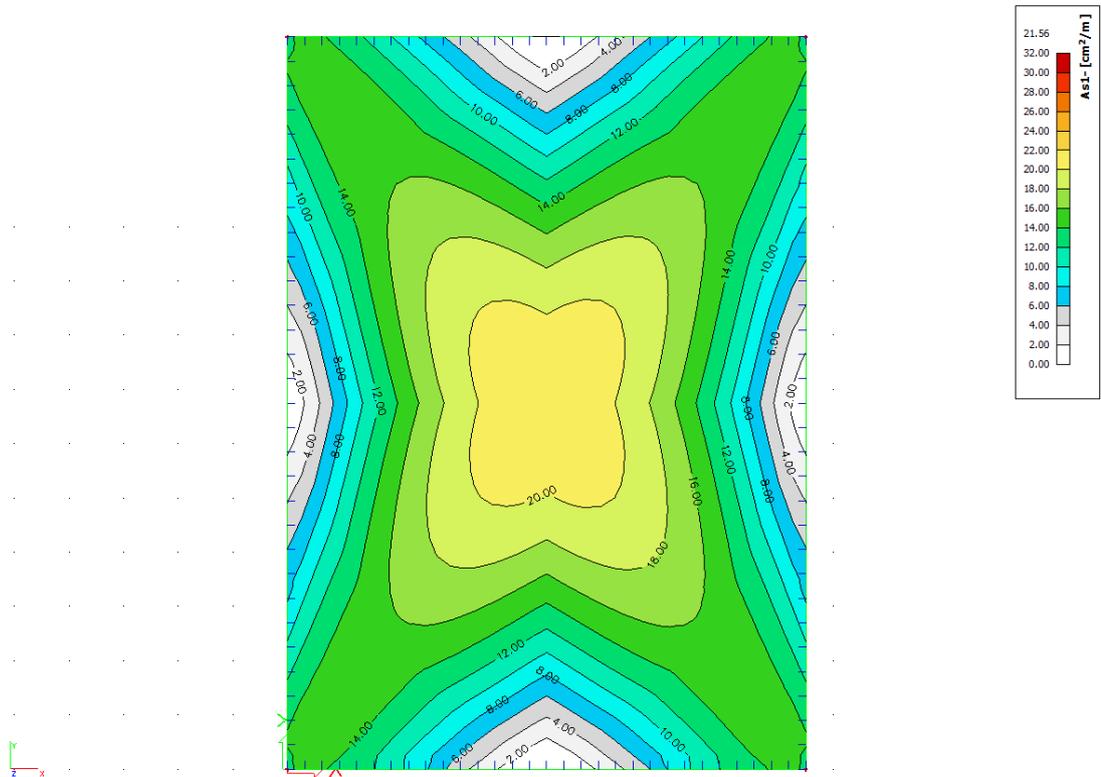


Sovraccarico variabile acqua.

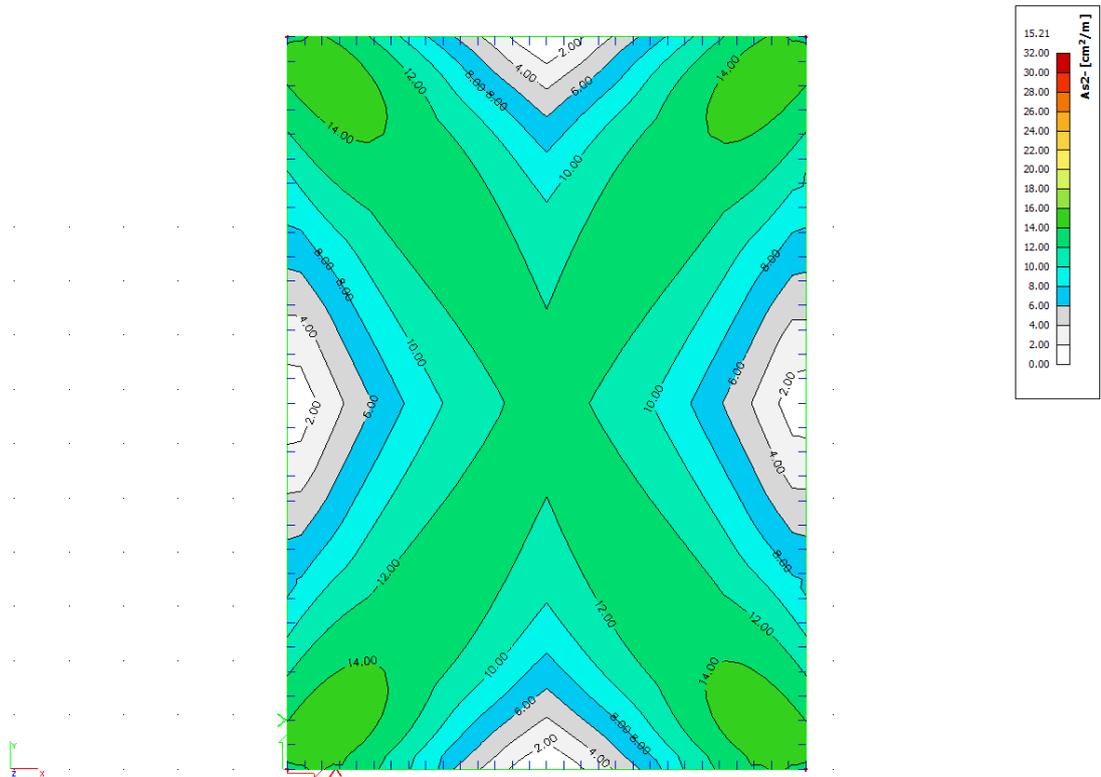
7.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

7.4.1 Solaio di copertura

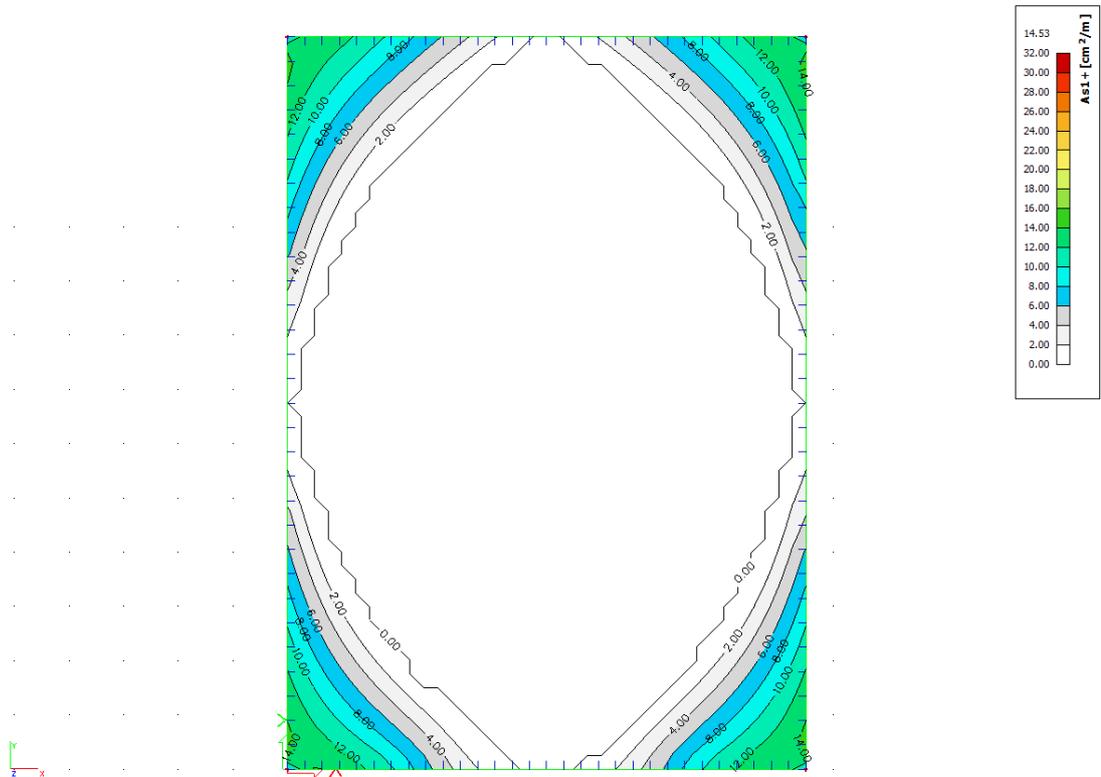
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



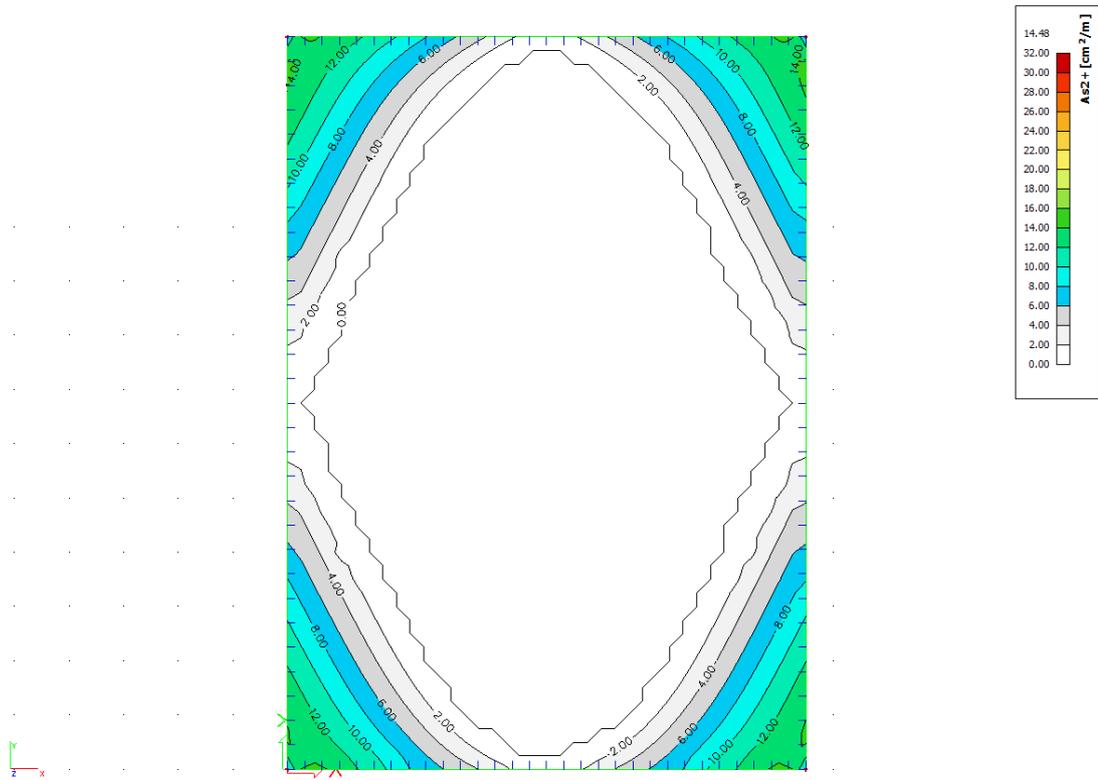
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



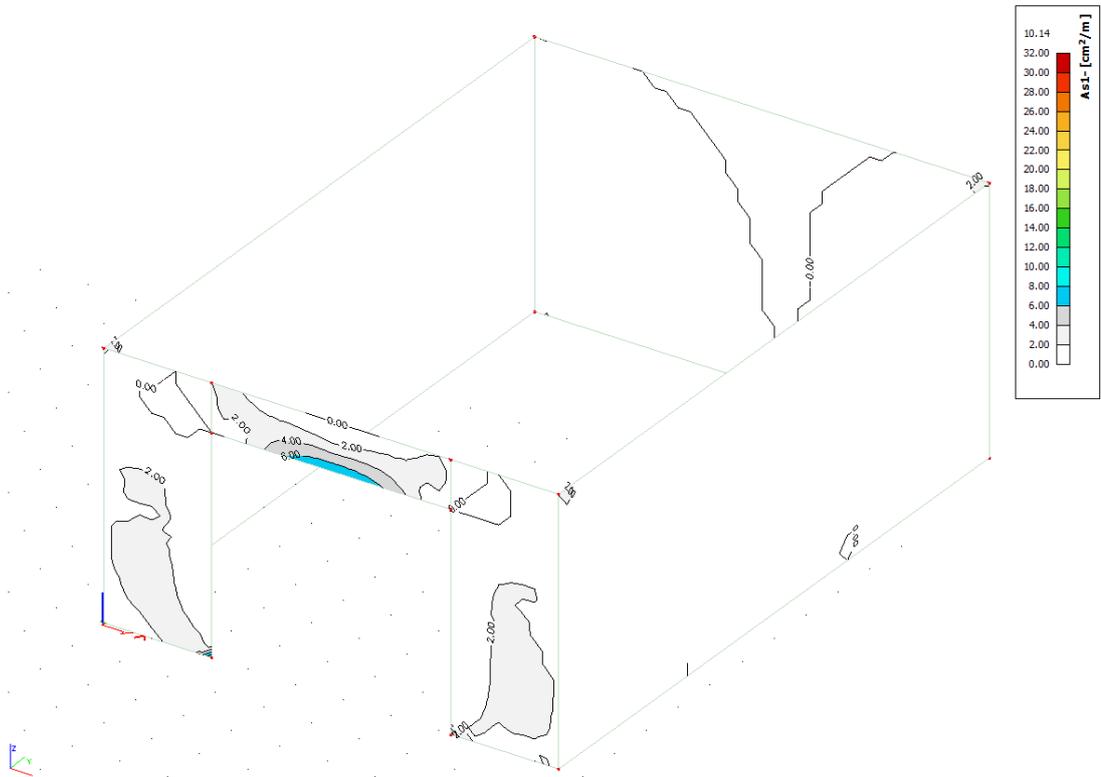
Armatura superiore in direzione 1.



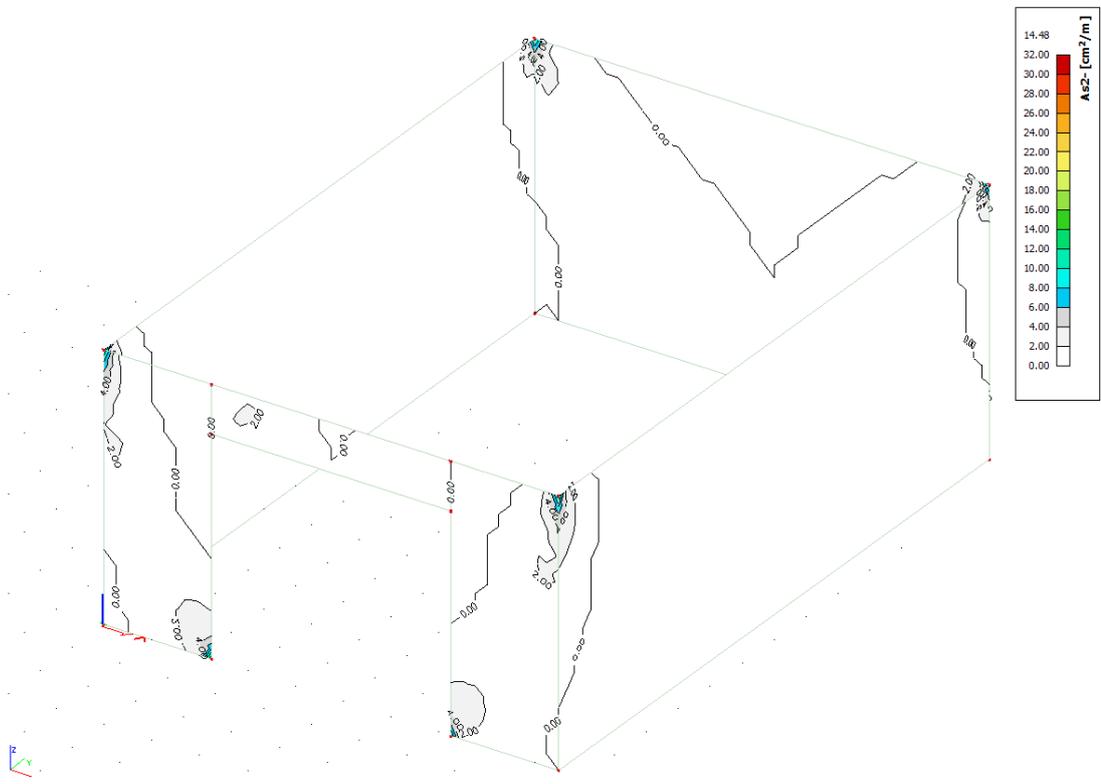
Armatura superiore in direzione 2.

7.4.2 Pareti piano terra

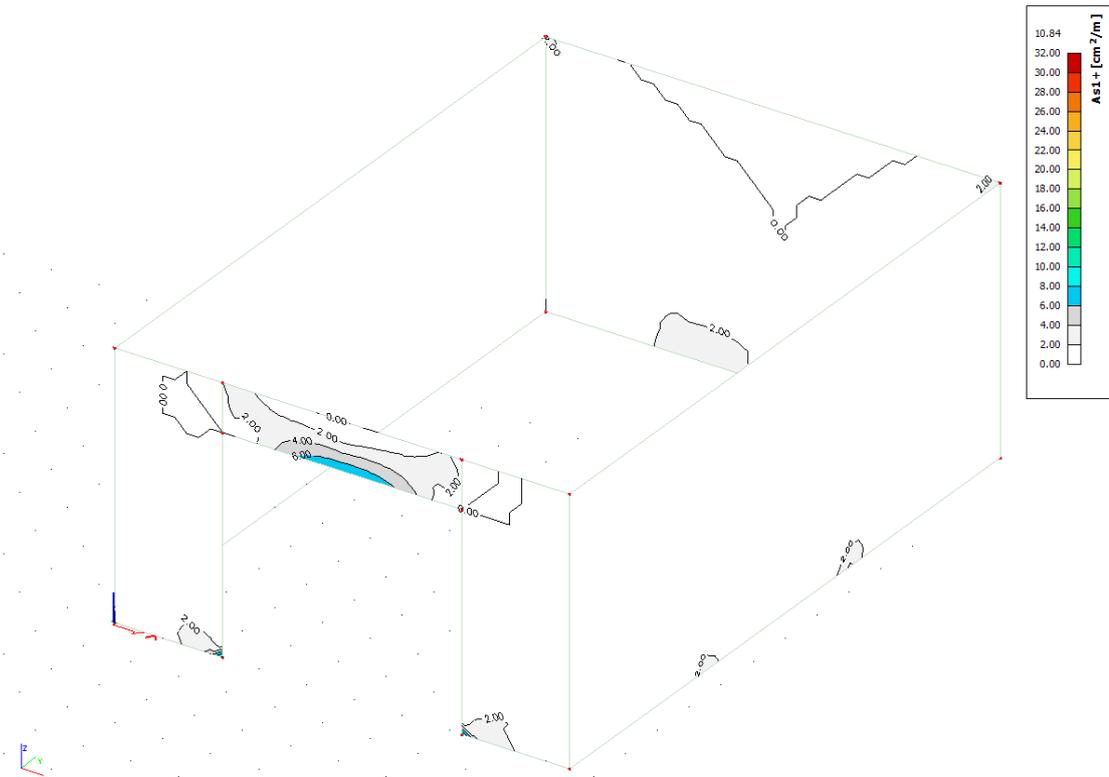
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sul lato interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



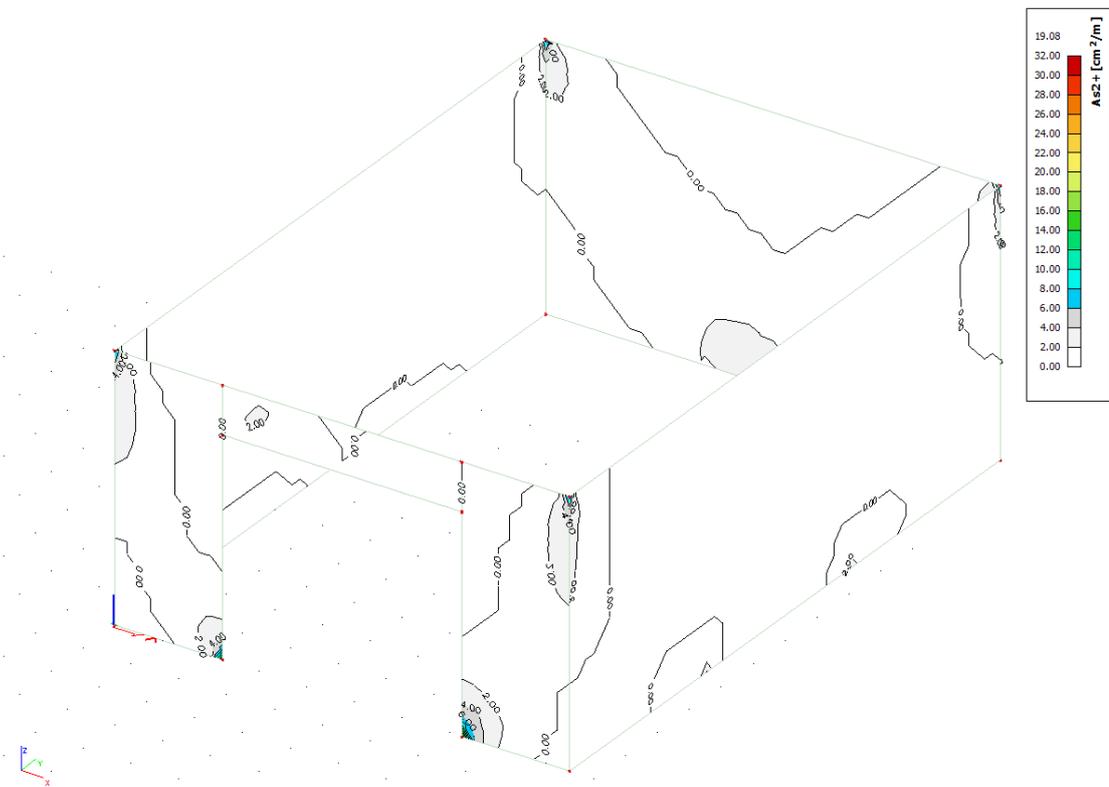
Armatura orizzontale sul lato controterra.



Armatura verticale sul lato controterra,



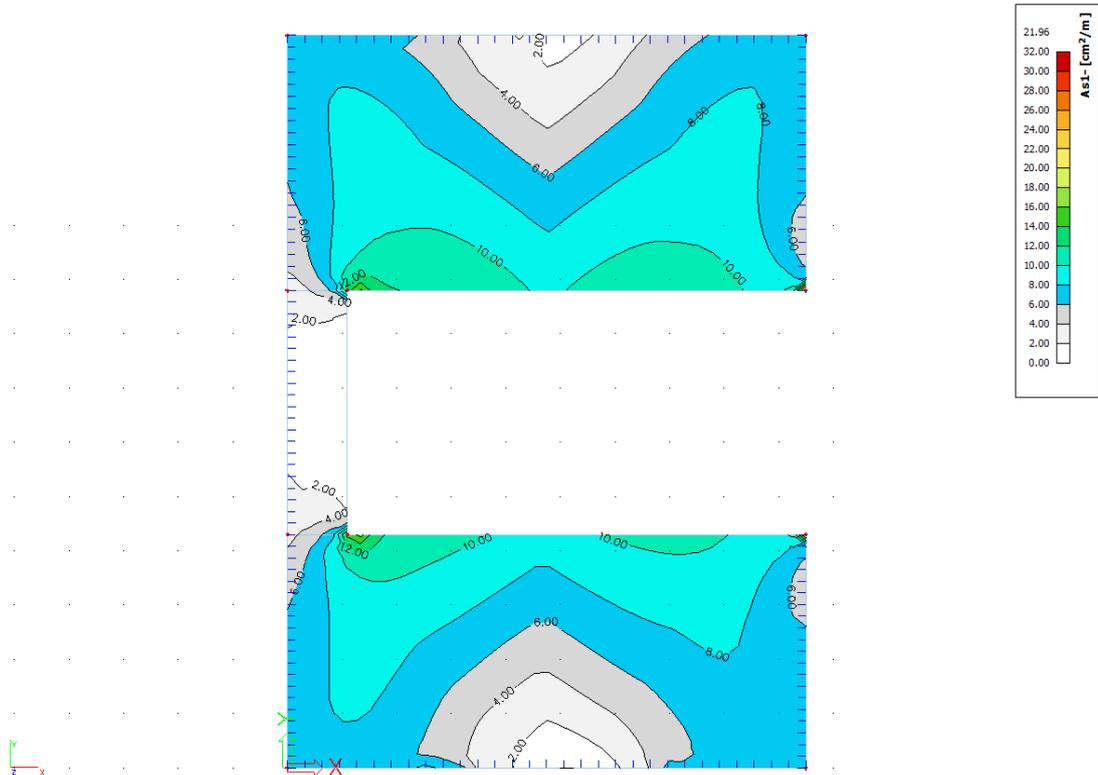
Armatura orizzontale sul lato aria.



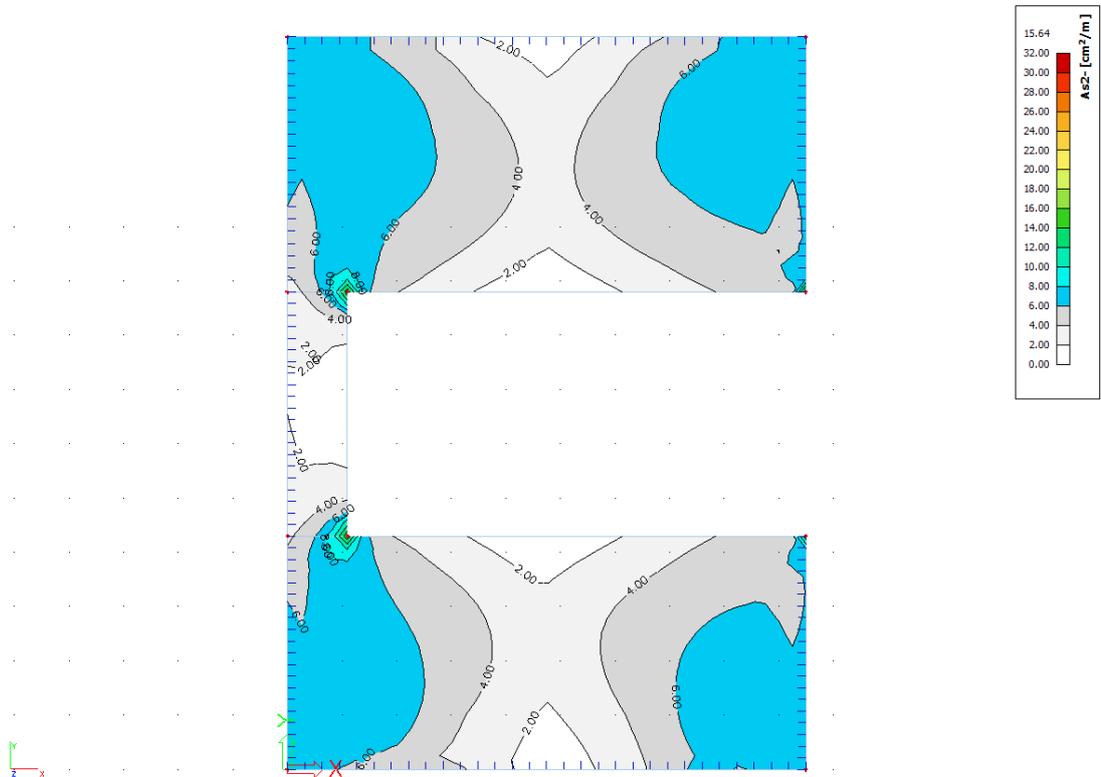
Armatura verticale sul lato aria.

7.4.3 Solai piano terra

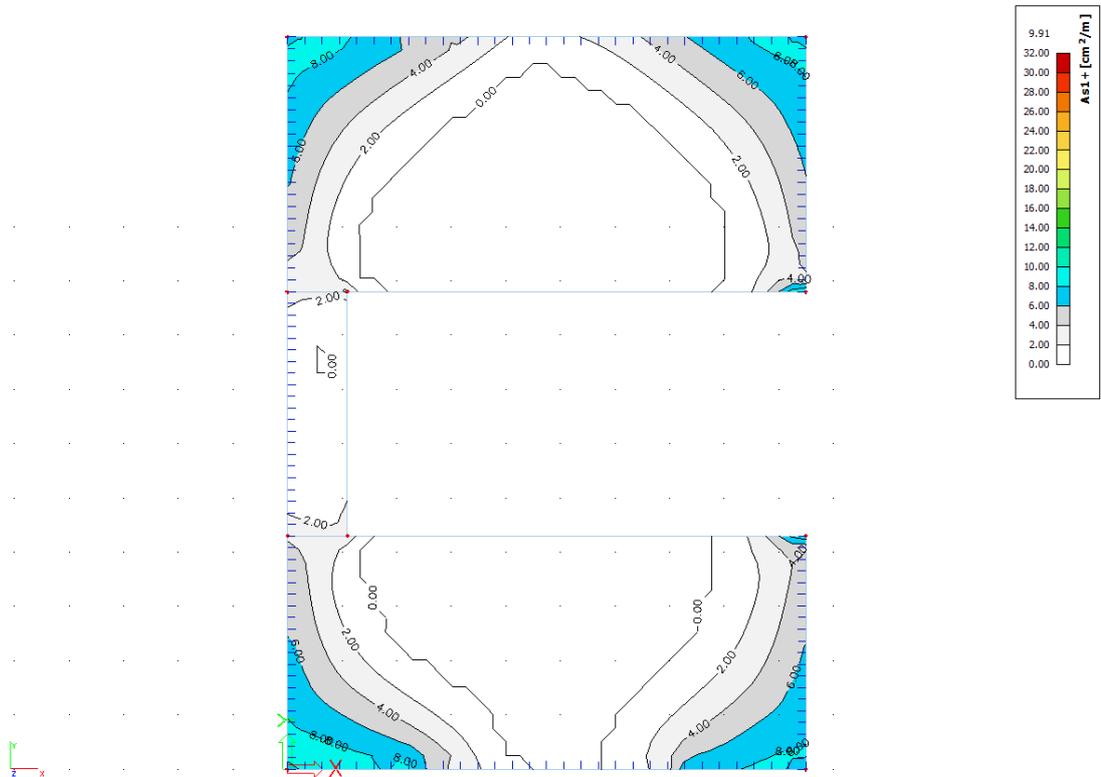
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



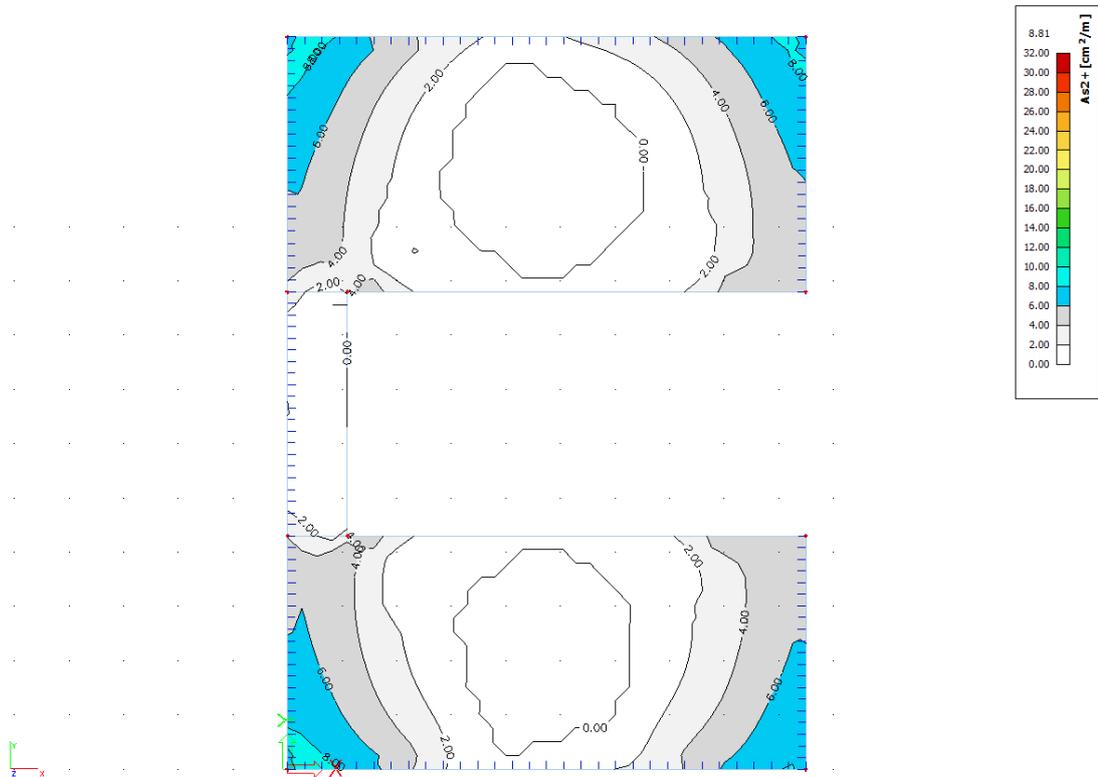
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



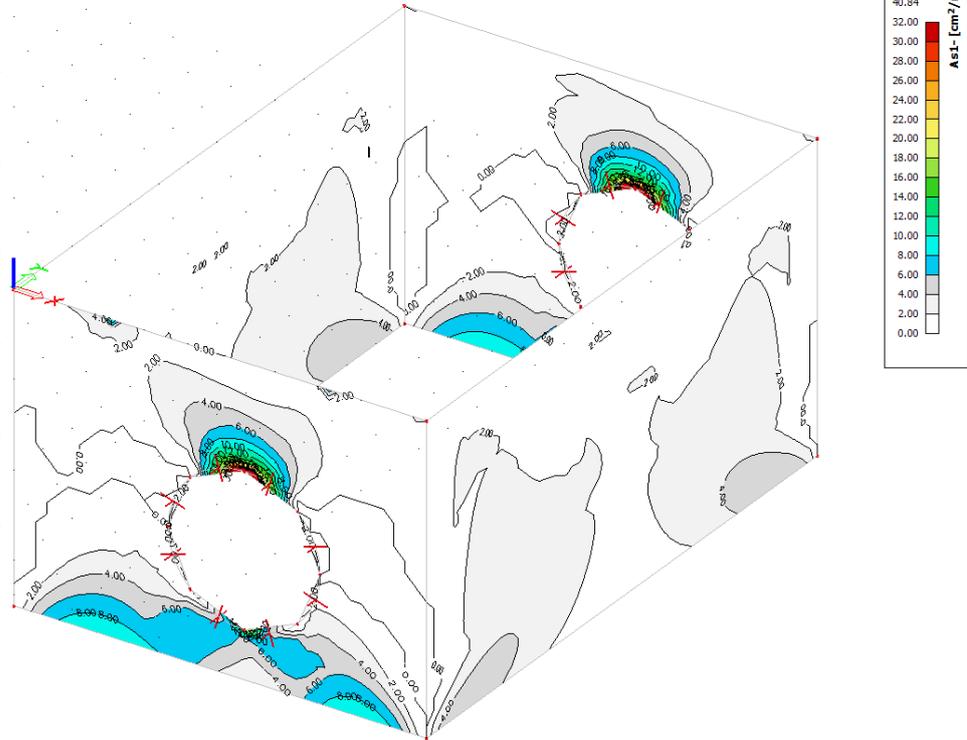
Armatura superiore in direzione 1.



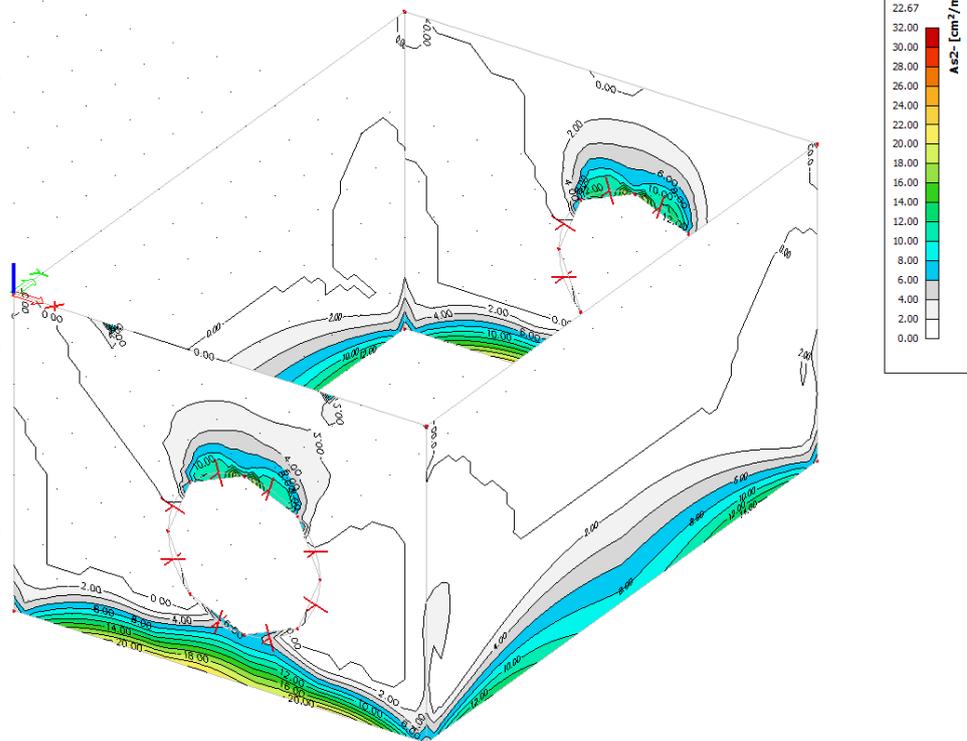
Armatura superiore in direzione 2.

7.4.4 Pareti piano interrato

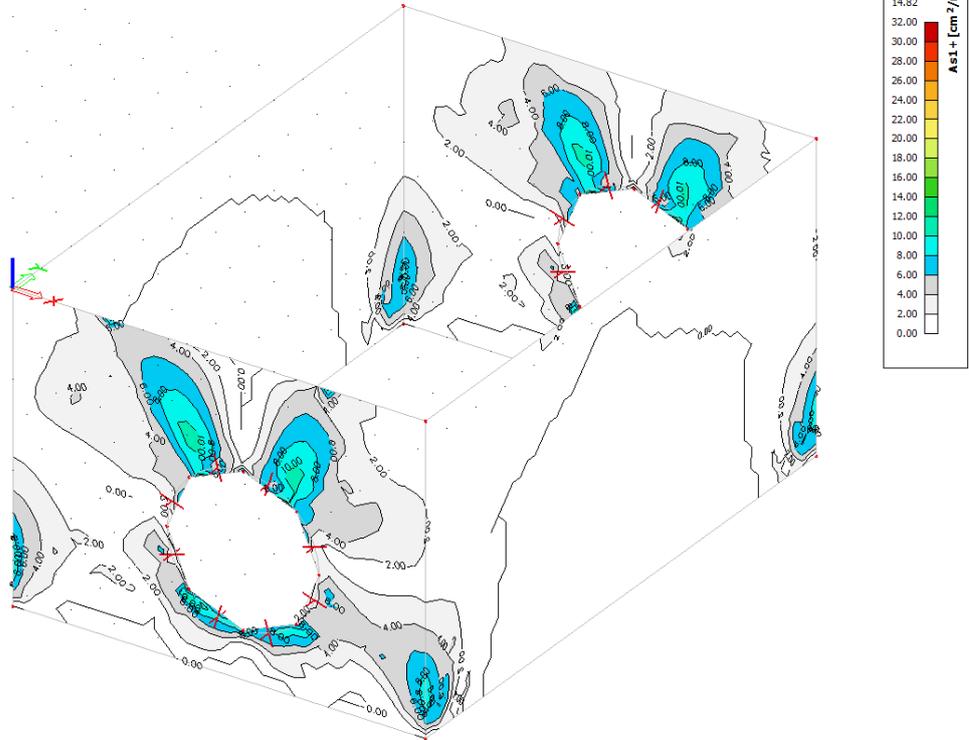
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sul lato interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



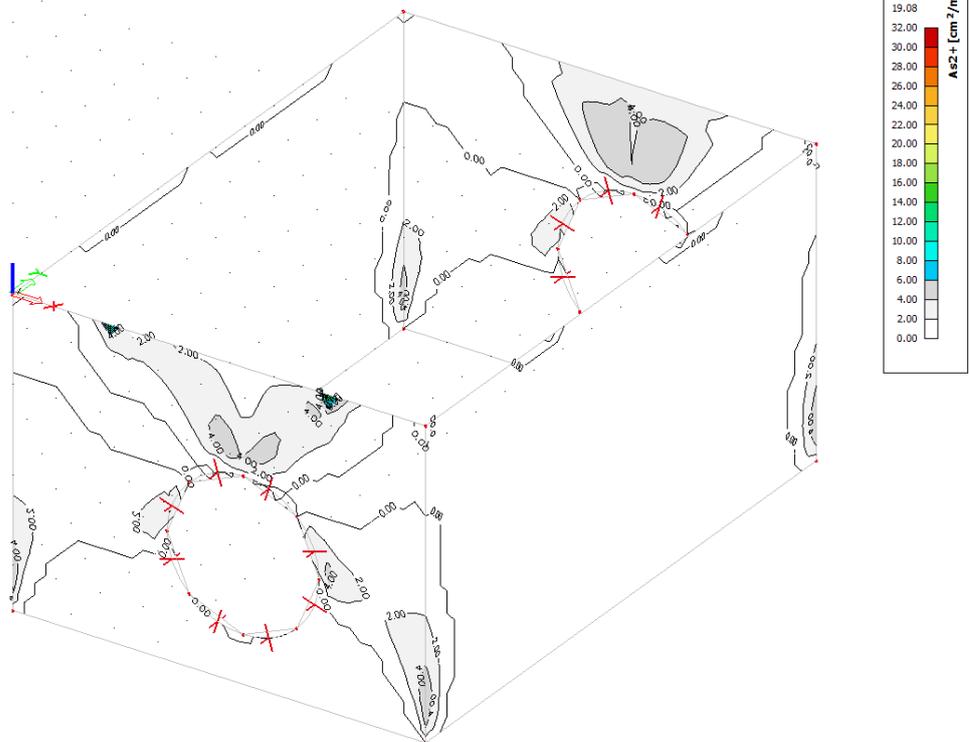
Armatura orizzontale sul lato controterra,



Armatura verticale sul lato controterra,



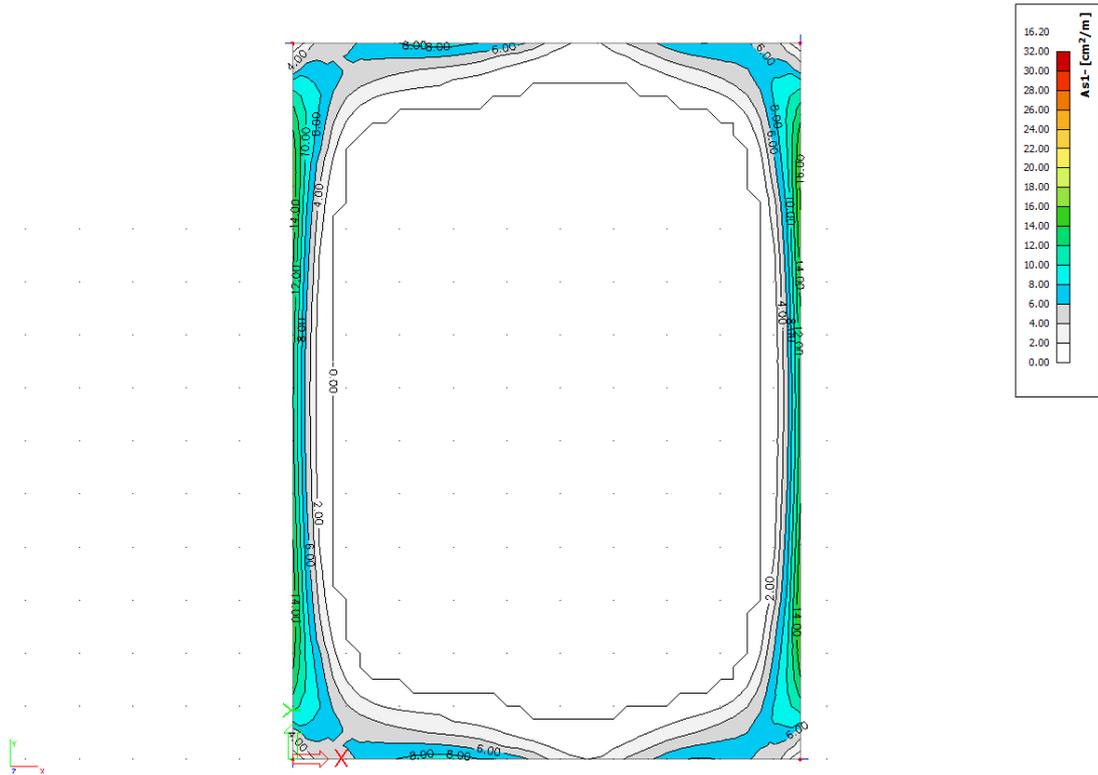
Armatura orizzontale sul lato aria.



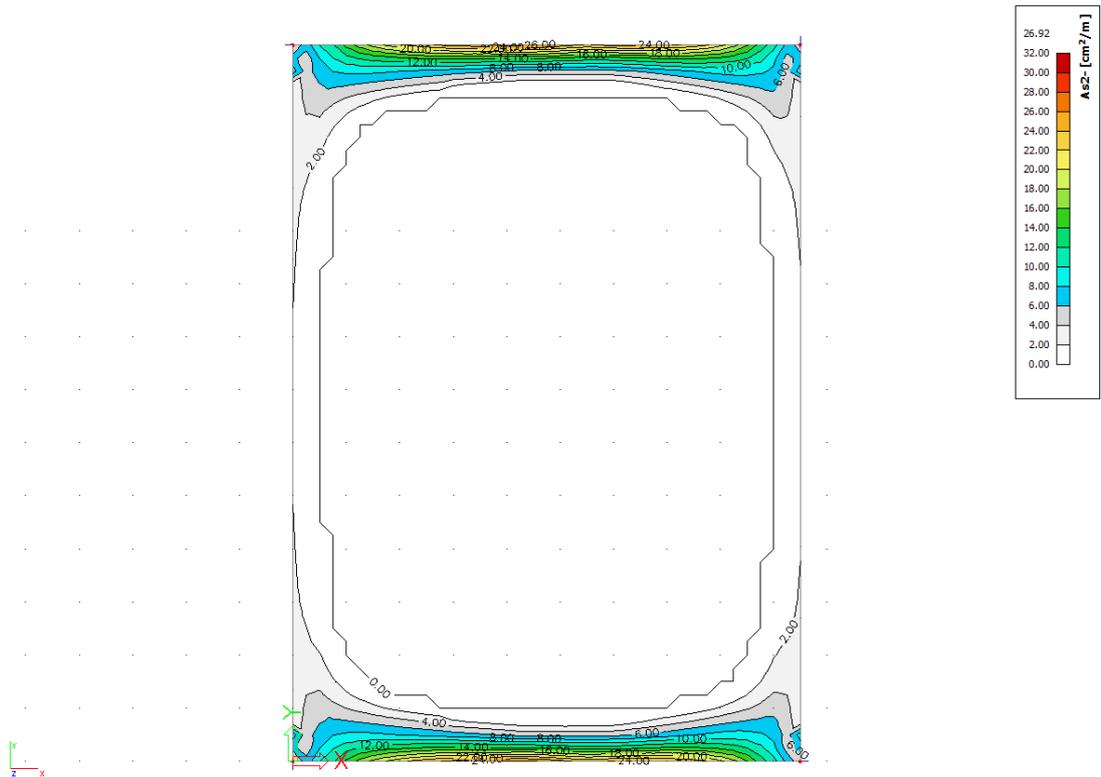
Armatura verticale sul lato aria.

7.4.5 Fondazioni

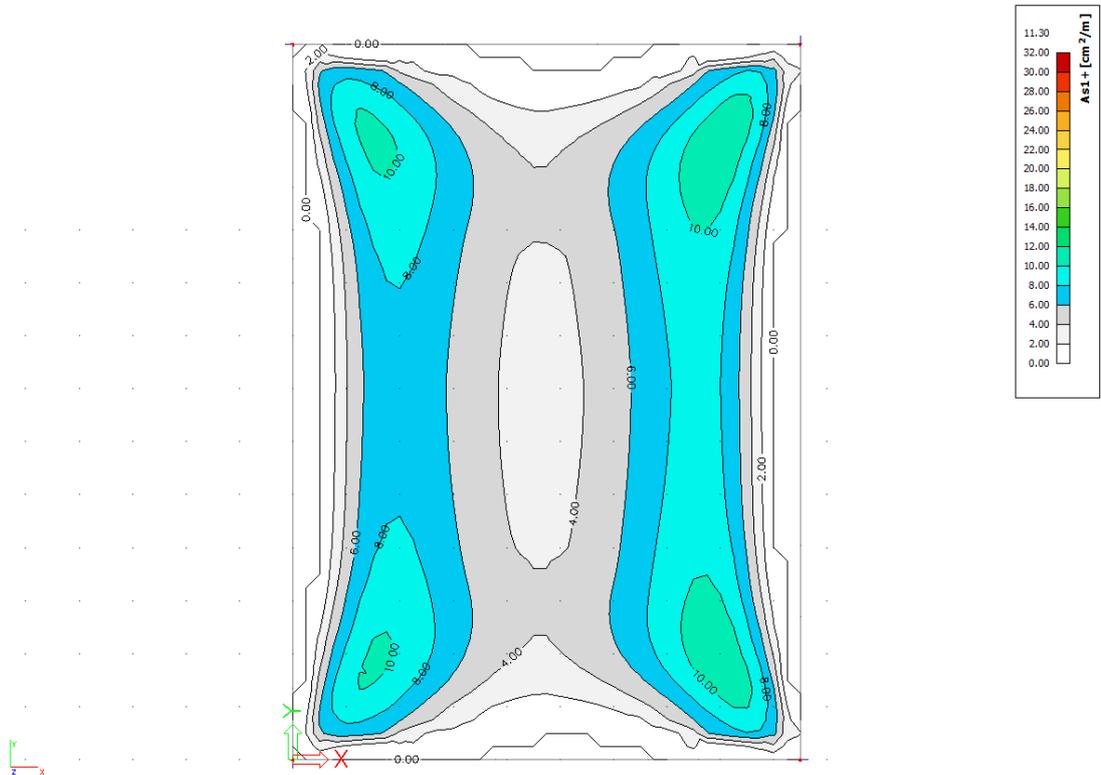
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



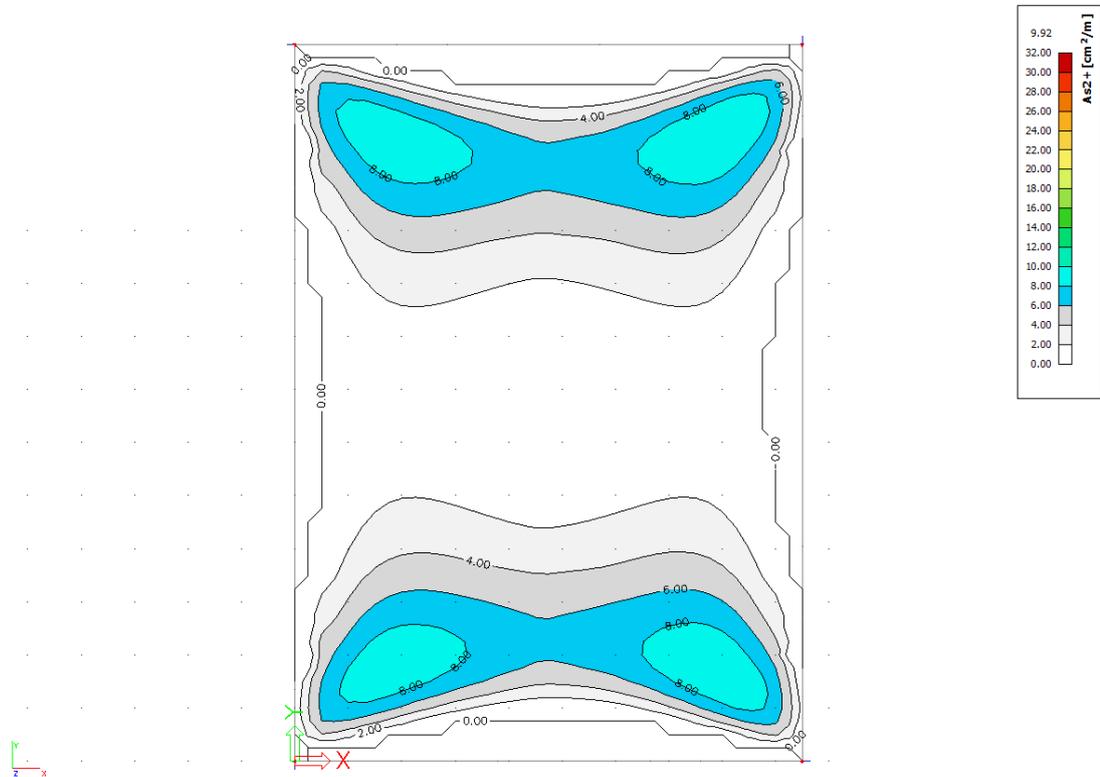
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.

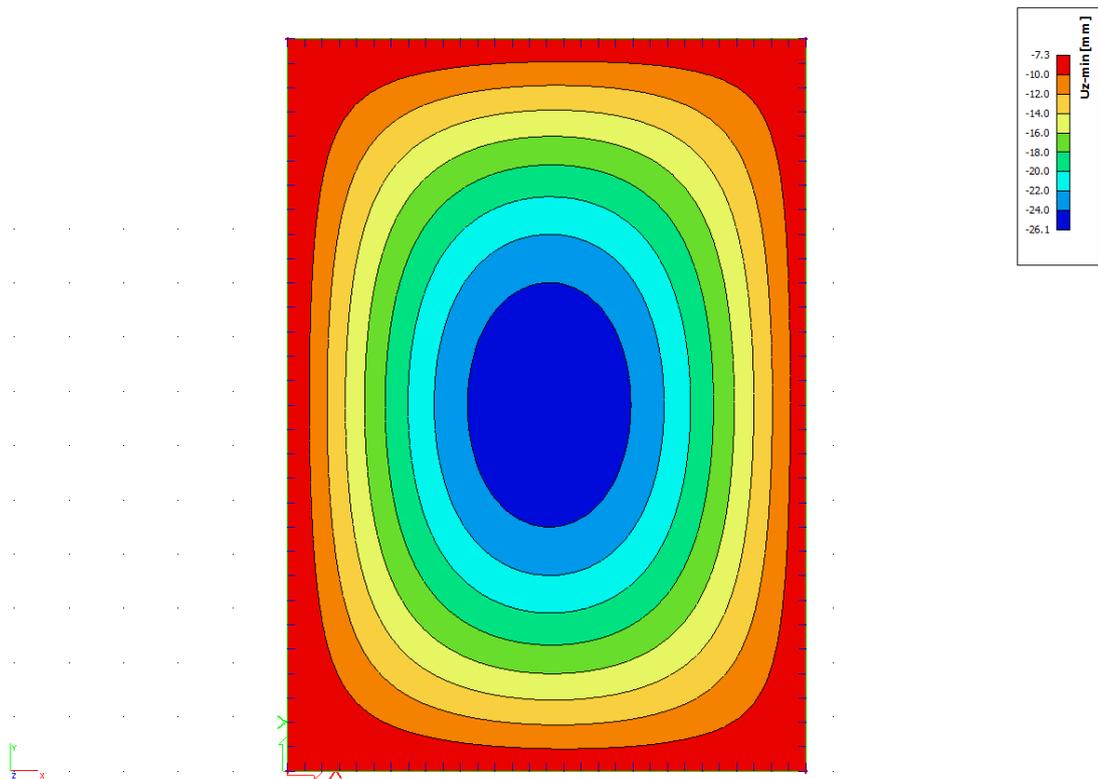


Armatura superiore in direzione 2.

7.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

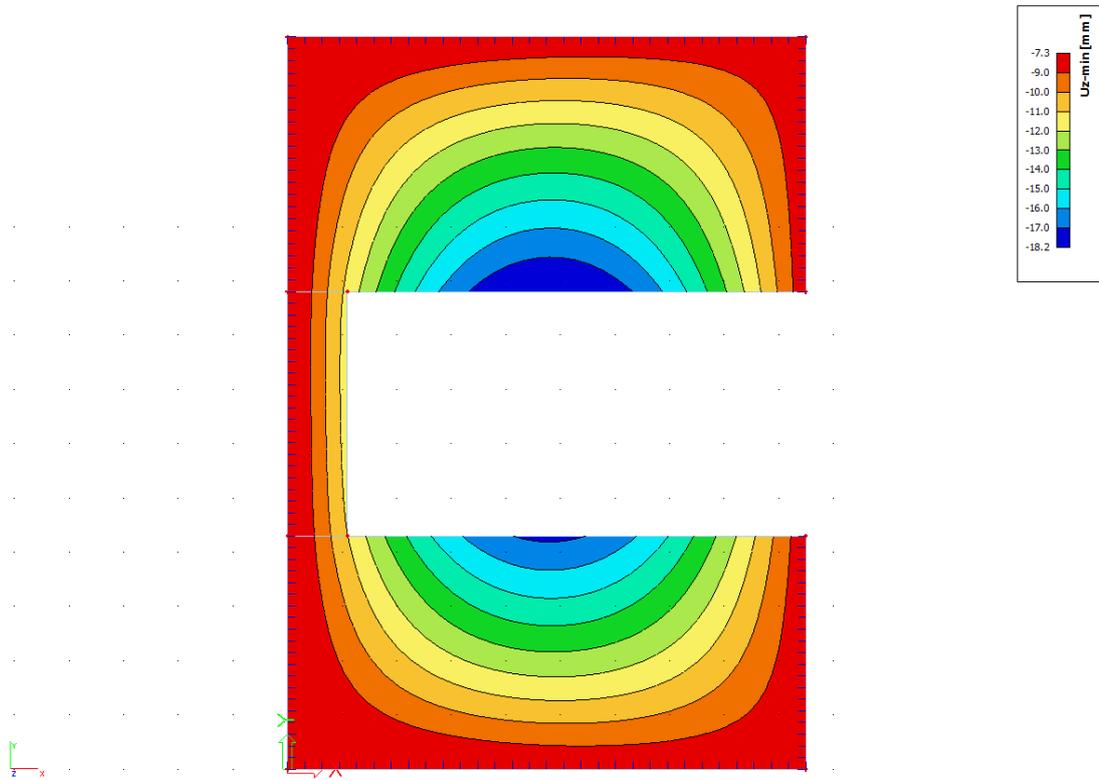
7.5.1 Solaio di copertura

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali del solaio di copertura, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) è circa $u_z=19$ mm. Lo spostamento a lungo termine è circa 3 volte quello istantaneo e risulta circa 57 mm. Si prevede una controfreccia pari a 25 mm.



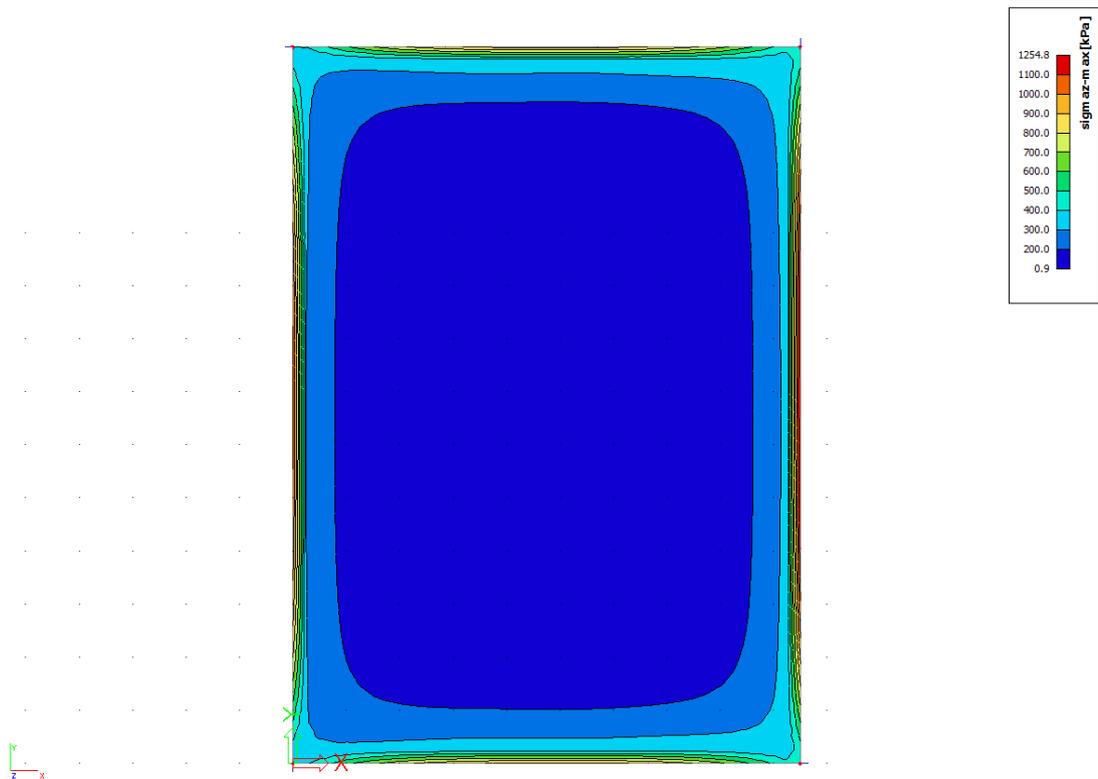
7.5.2 Solaio sul piano interrato

Si riportano di seguito, in forma grafica, gli spostamenti verticali del solaio sul piano interrato, per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto è circa $u_z=11$ mm. Lo spostamento a lungo termine è circa 3 volte quello istantaneo e risulta circa 33 mm, valore che si ritiene accettabile.



7.6 Pressioni sul terreno

Si riportano di seguito le pressioni sul terreno (in kN/m²) allo Sato Limite Ultimo.



8. Invaso di valle – Opera di aspirazione/scarico

8.1 Premessa

A valle della centrale di produzione, lo scarico dell'acqua avviene per mezzo di due condotte che terminano ciascuna con una struttura ad imbuto verticale. Le stesse strutture sono utilizzate per captare l'acqua dell'invaso di valle e trasferita all'invaso di monte, quando l'impianto funziona come stazione di pompaggio. Di seguito i dettagli del dimensionamento della struttura in calcestruzzo armato a sviluppo verticale. Per tutti gli elementi la qualità del calcestruzzo è C30/37.

8.2 Carichi

8.2.1 Carichi permanenti

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

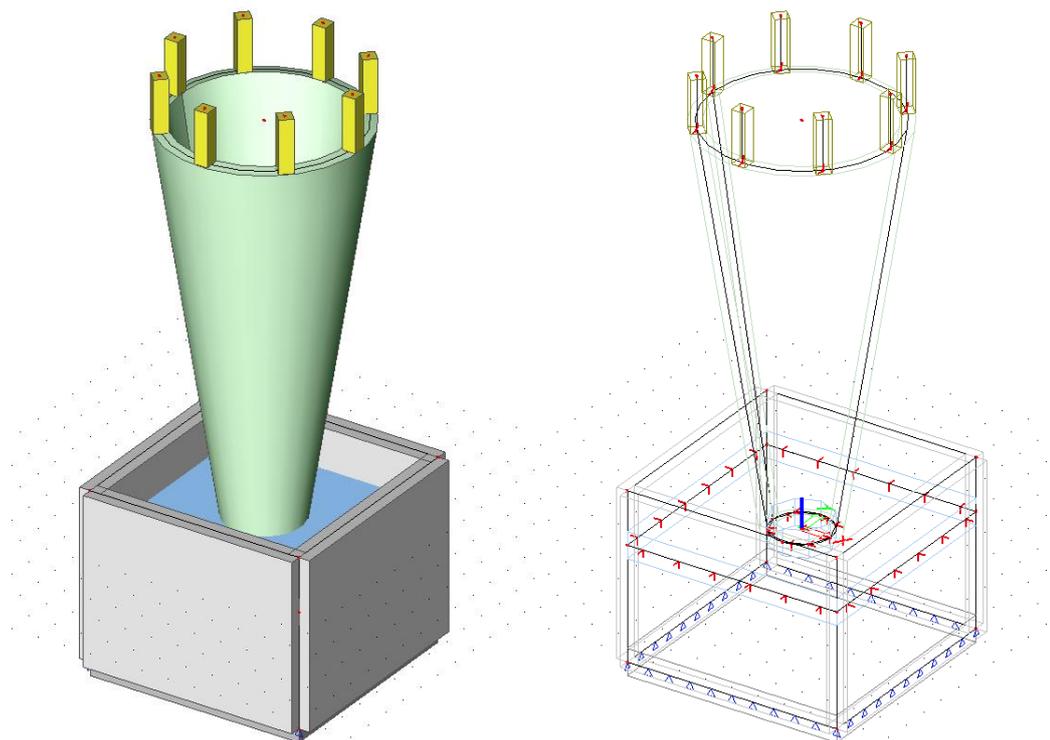
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

8.2.2 Carichi variabili

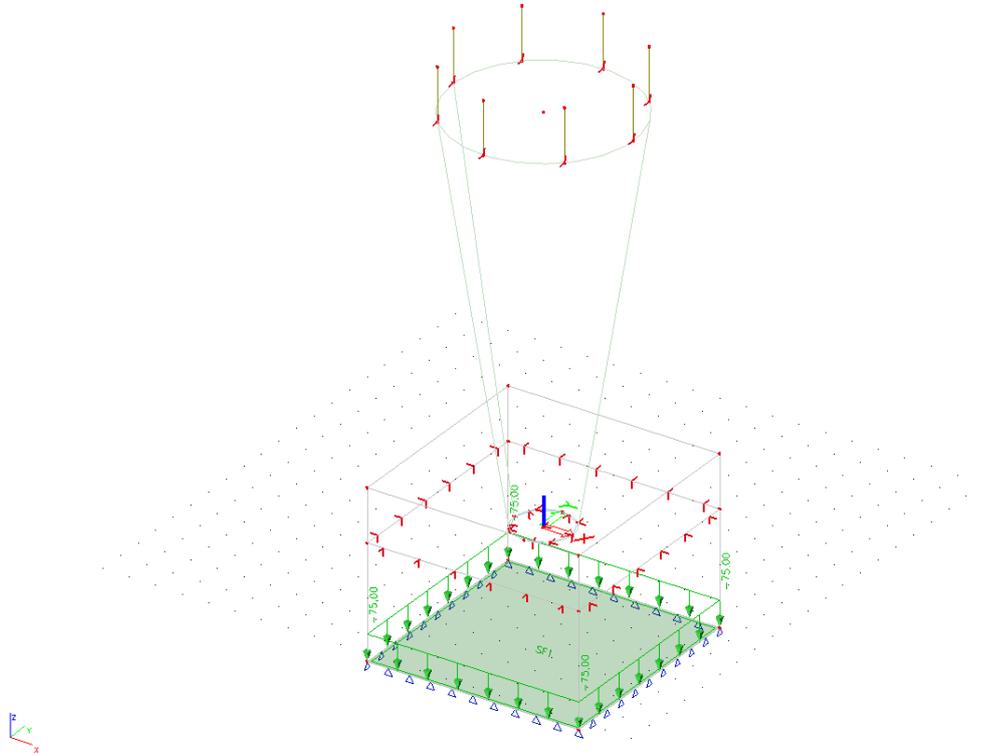
Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

8.3 Modello di calcolo e carichi applicati

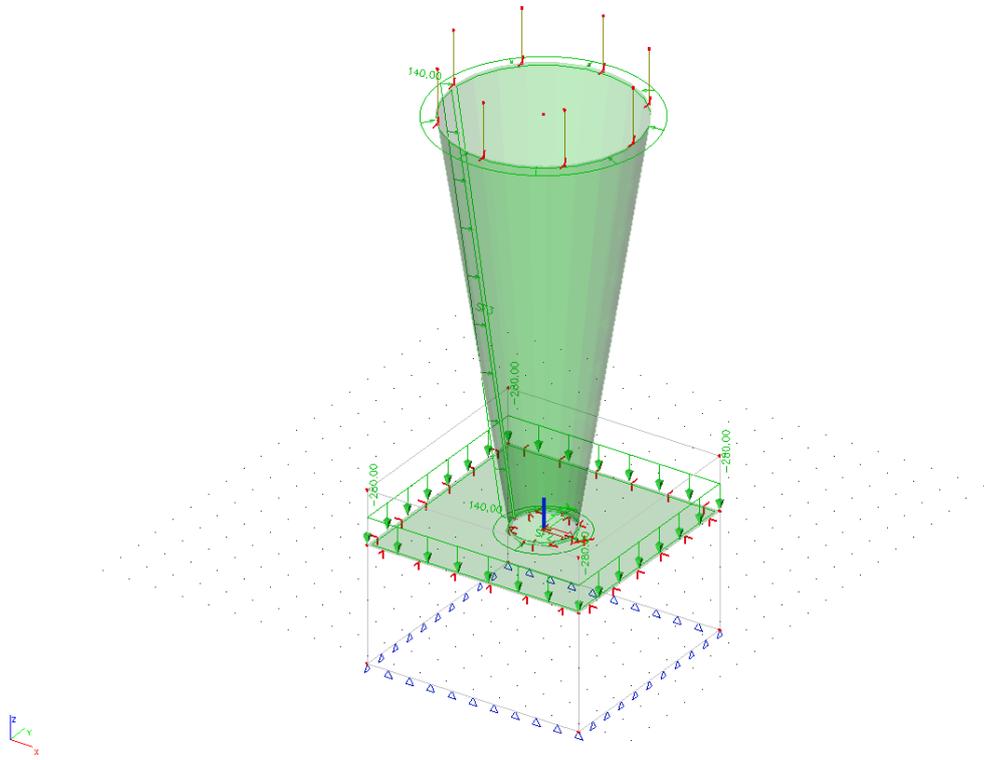
8.3.1 Modello di calcolo



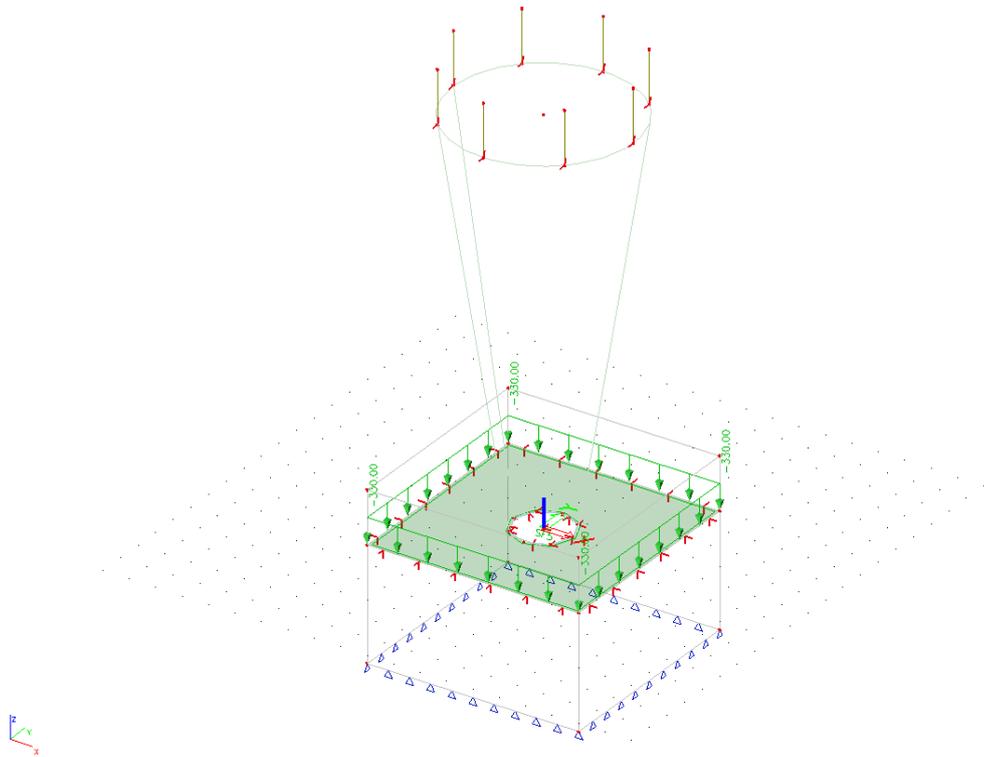
8.3.2 Carichi applicati



Sovraccarico permanente su fondazione.



Sovraccarico permanente peso/spinta terreno.

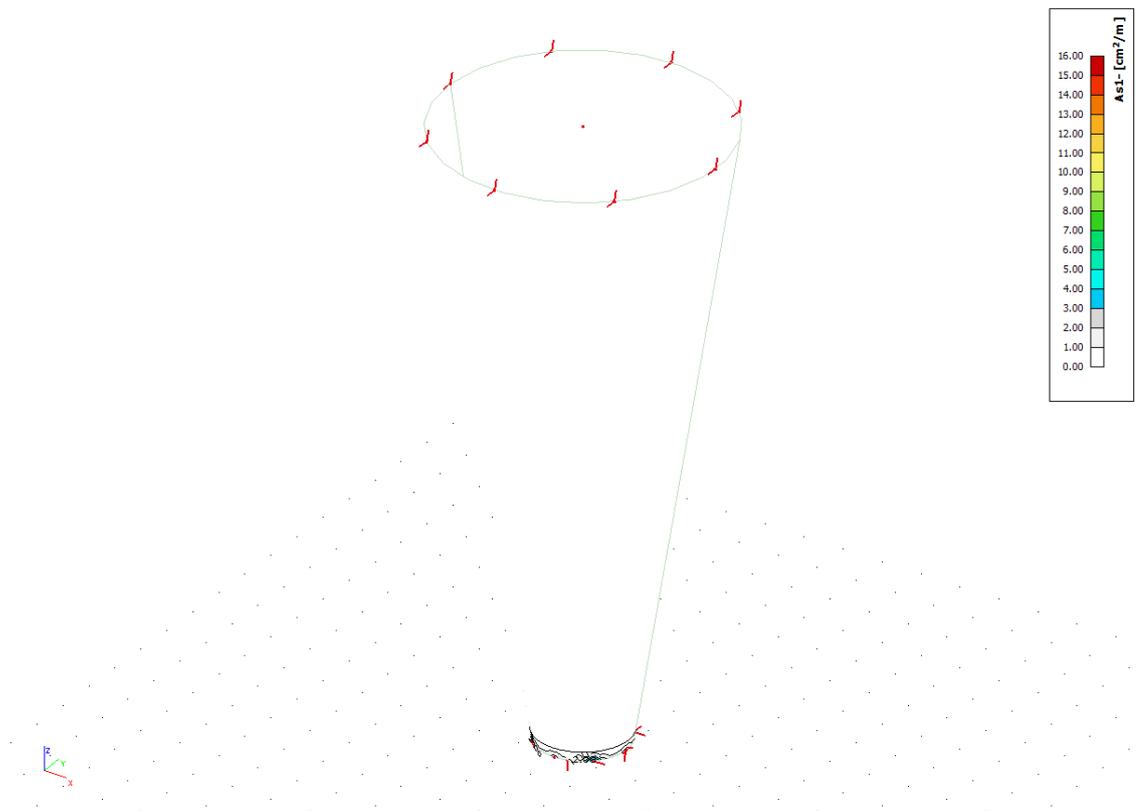


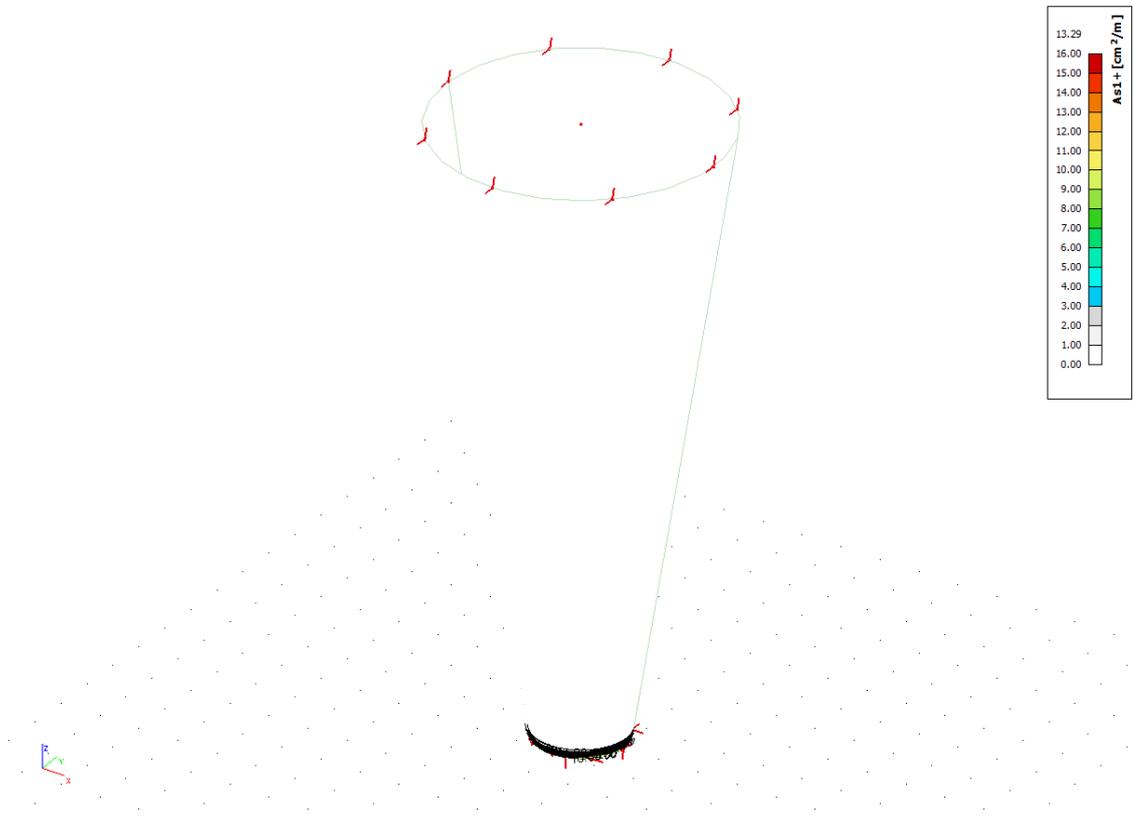
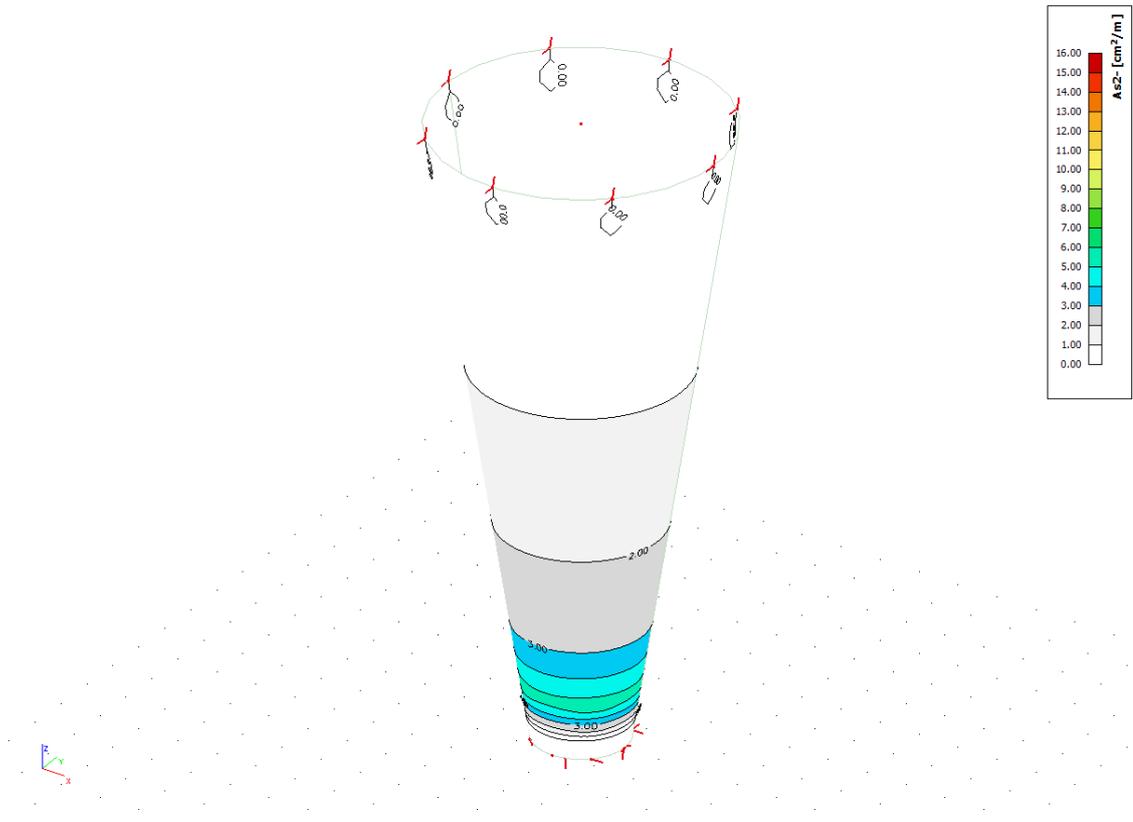
Sovraccarico variabile idrostatico.

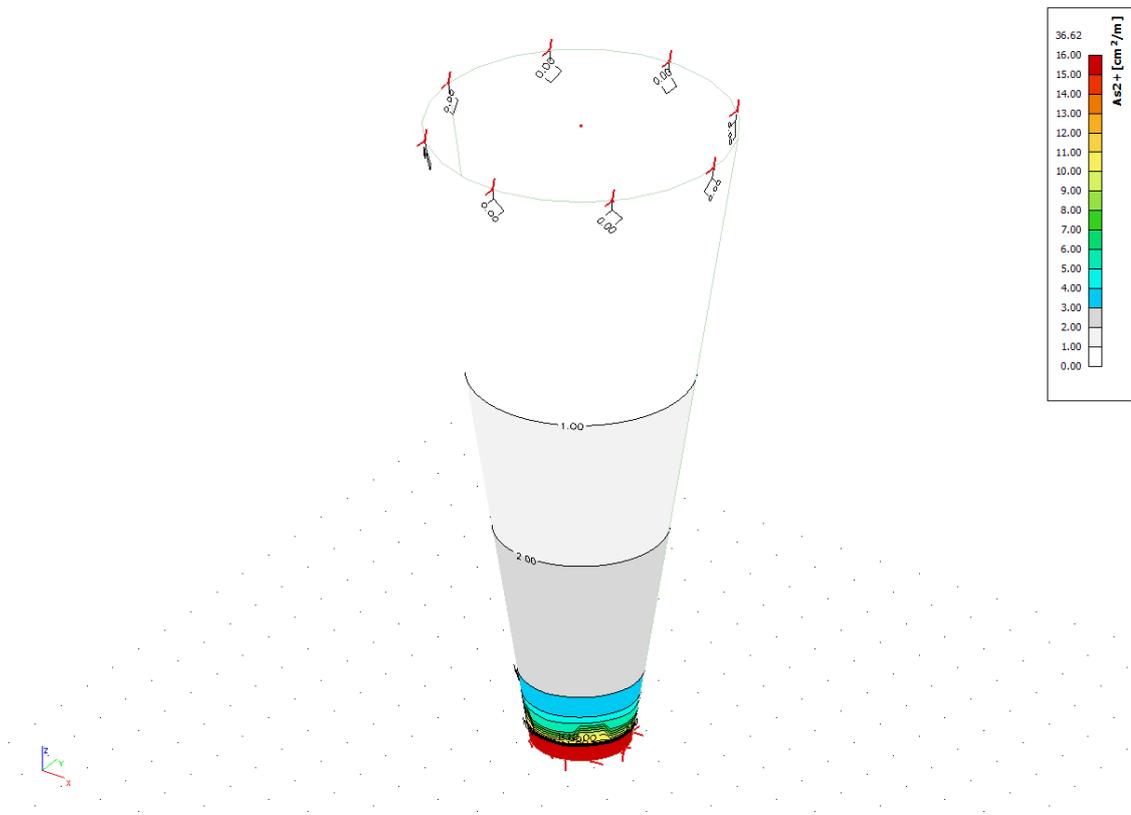
8.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

8.4.1 Struttura ad imbuto verticale

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







9. Invaso di valle – Scarico di fondo

9.1 Premessa

La parte terminale dello scarico di fondo è una struttura scatolare a sezione rettangolare in calcestruzzo armato, a valle della quale termina con una platea inclinata. Le dimensioni principali degli elementi sono le seguenti.

- larghezza interna galleria: $b = 4,00$ m,
- altezza interna galleria: $h = 2,00$ m,
- spessore platea galleria: $s = 50$ cm,
- spessore muri galleria: $s = 50$ cm,
- spessore solaio galleria: $s = 50$ cm,
- spessore platea: $s = 50$ cm.

Tutti gli elementi sono in calcestruzzo C30/37.

9.2 Carichi

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

9.2.1 Carichi permanenti

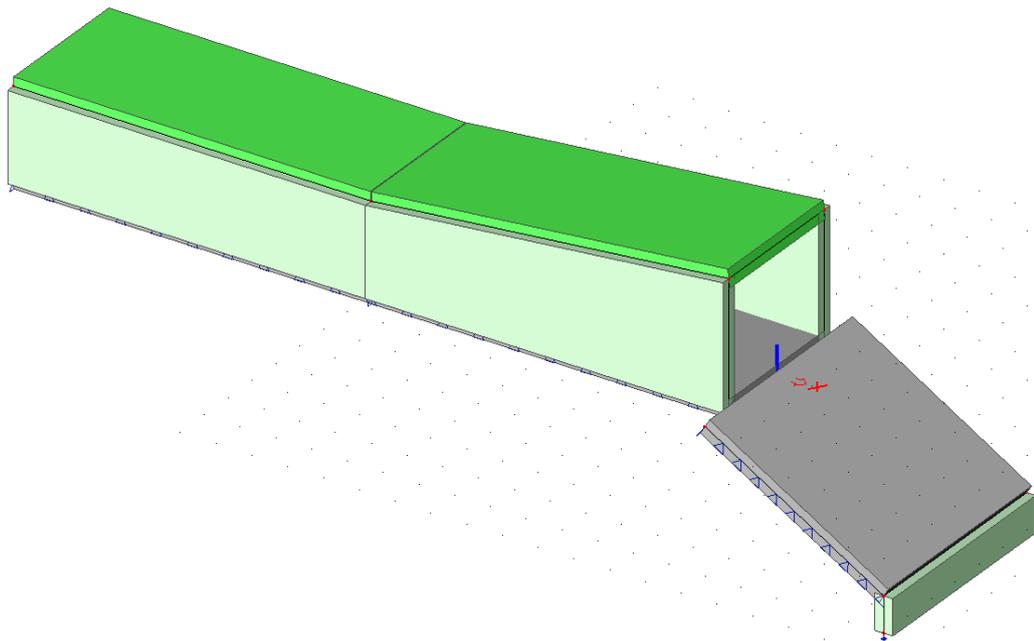
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

9.2.2 Carichi variabili

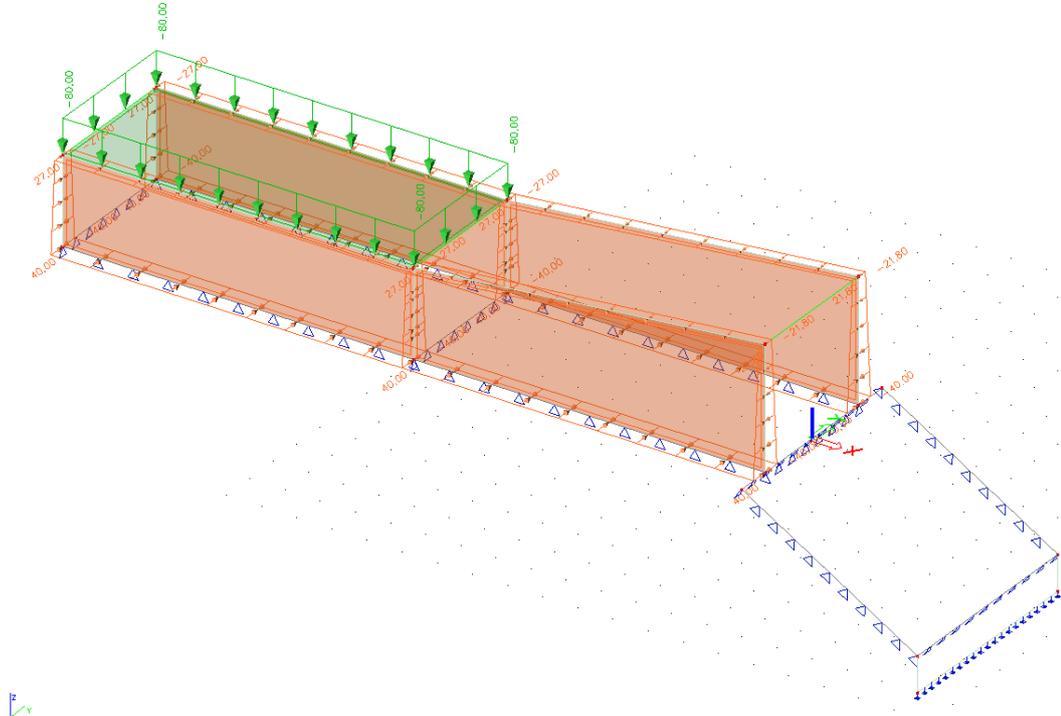
Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

9.3 Modello di calcolo e carichi applicati

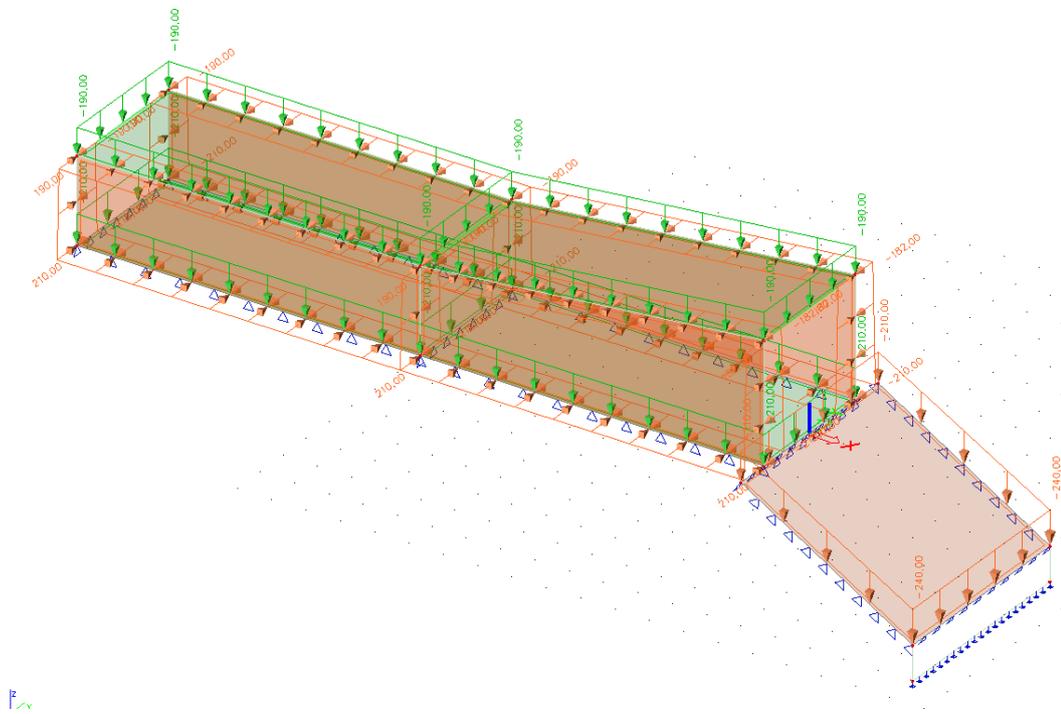
9.3.1 Modello di calcolo



9.3.2 Carichi applicati



Sovraccarico permanente: peso, spinta del terreno.

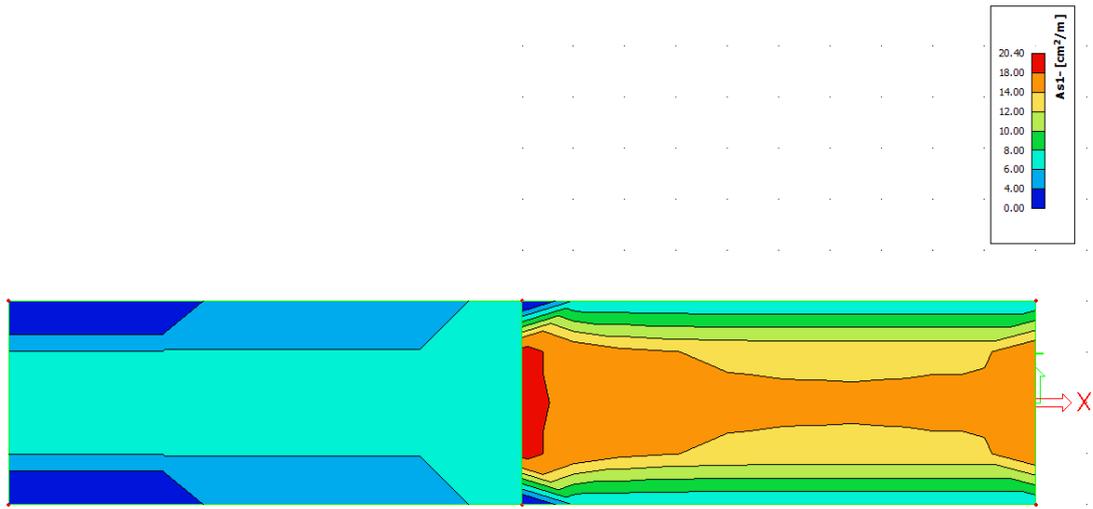


Sovraccarico variabile: peso, spinta dell'acqua.

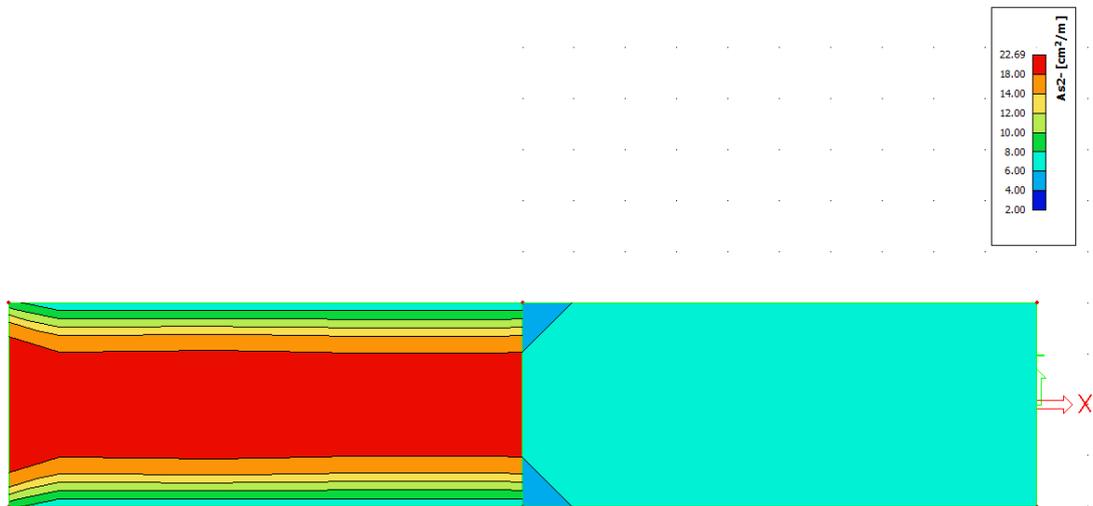
9.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

9.4.1 Solaio

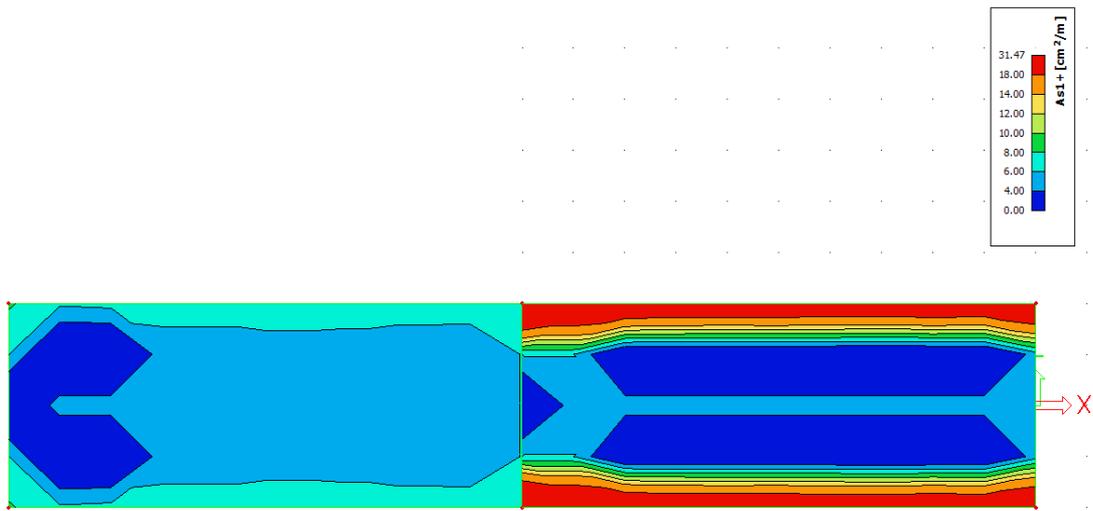
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



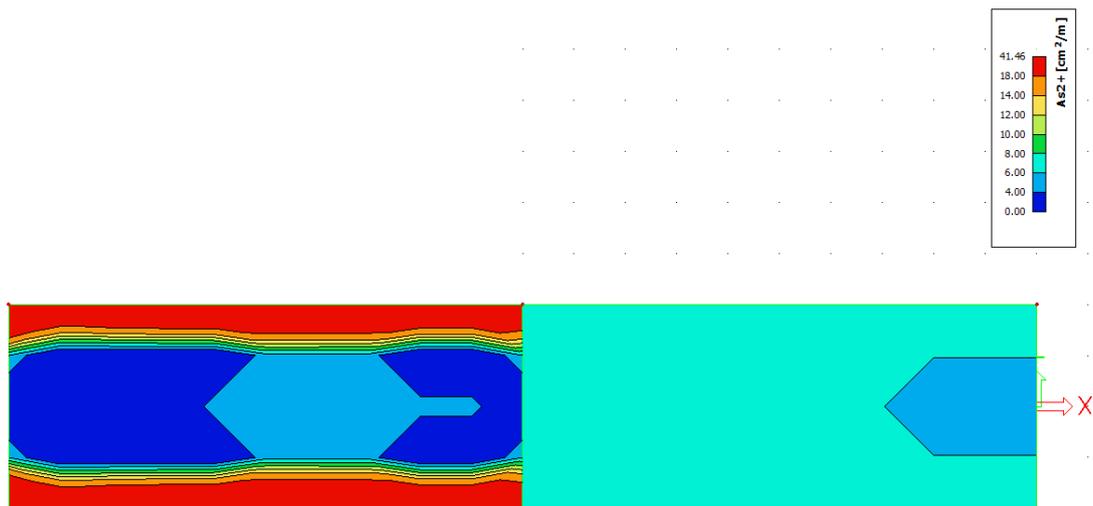
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



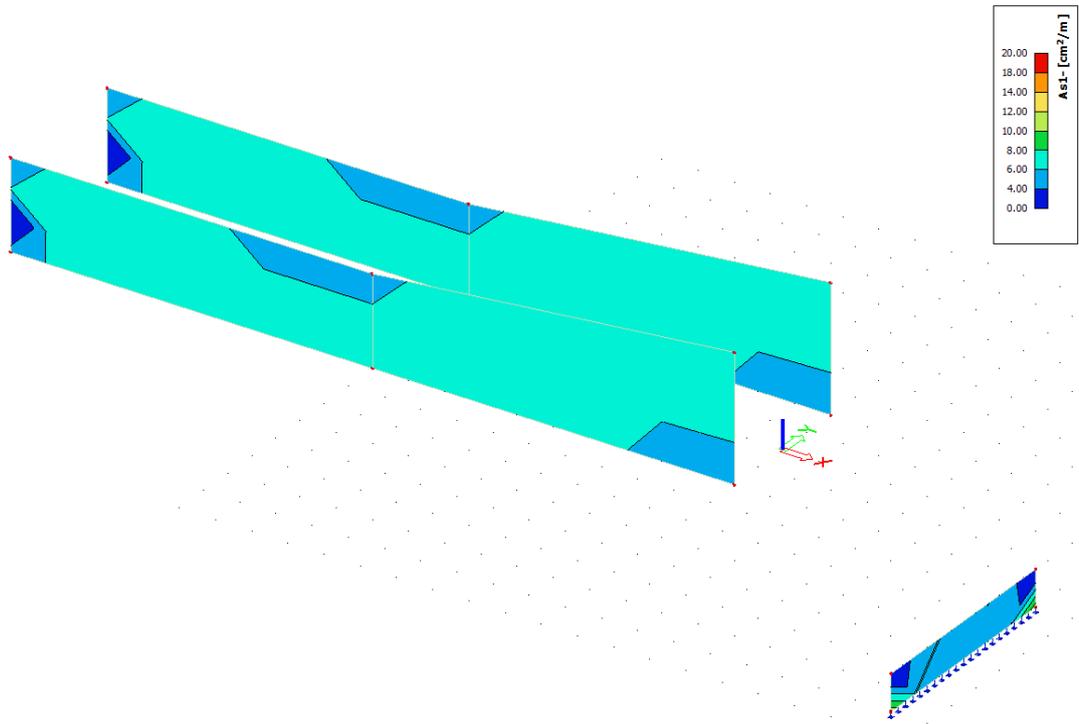
Armatura superiore in direzione 1.



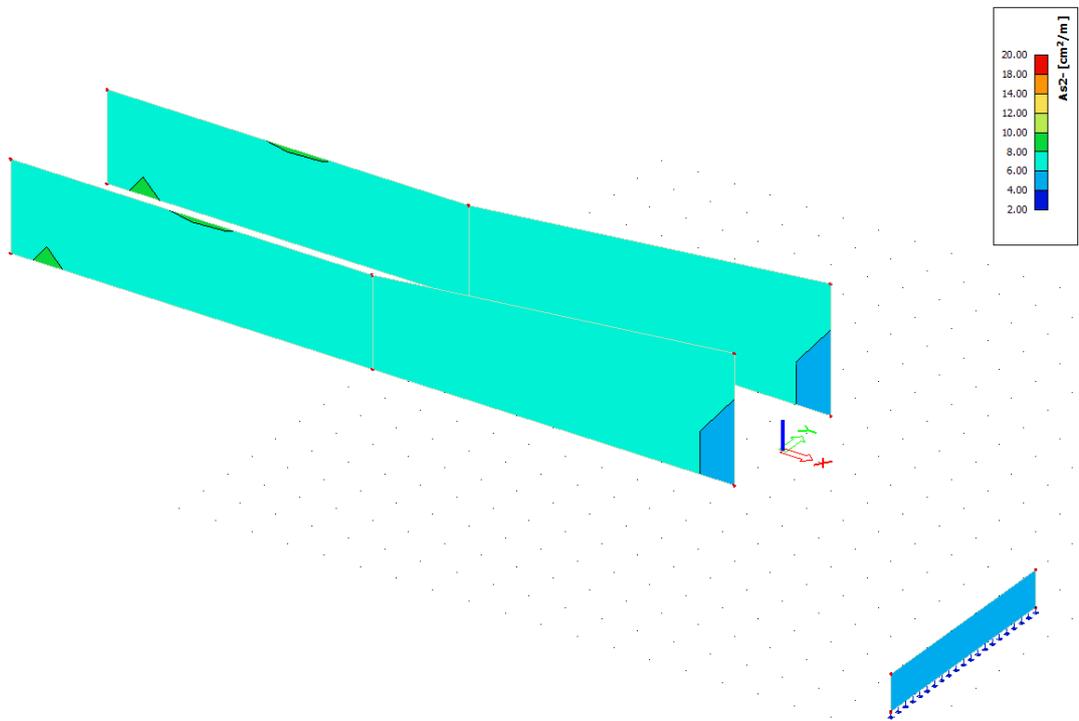
Armatura superiore in direzione 2.

9.4.2 Pareti

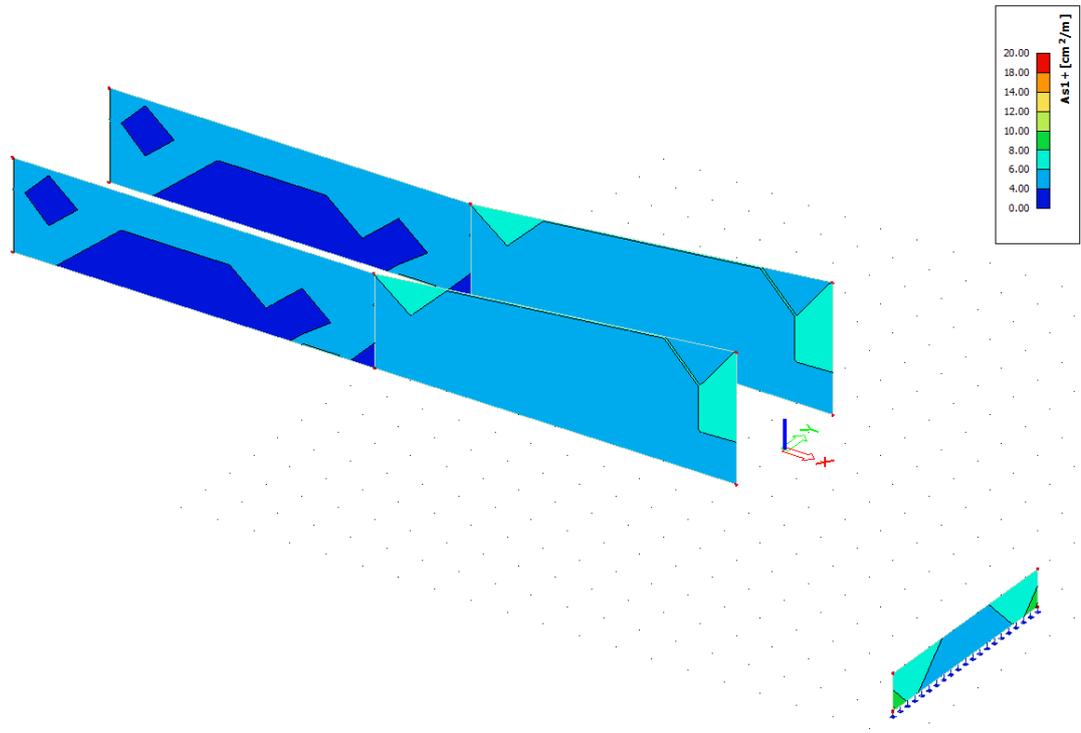
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



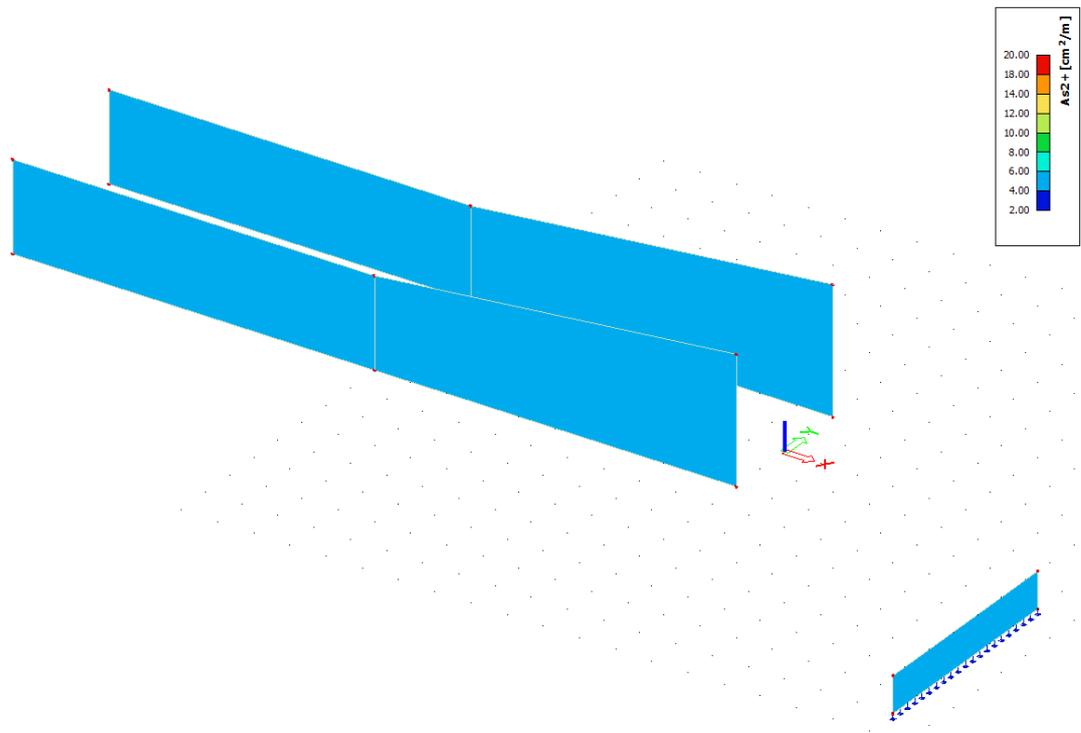
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno a in direzione verticale.



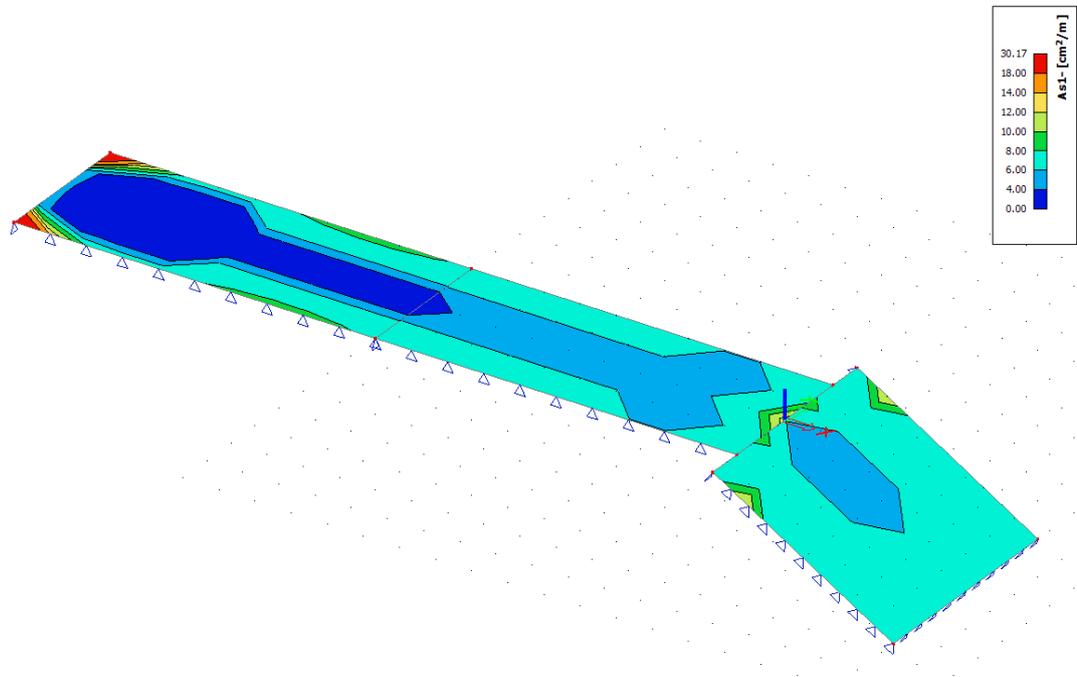
Armatura lato aria in direzione orizzontale.



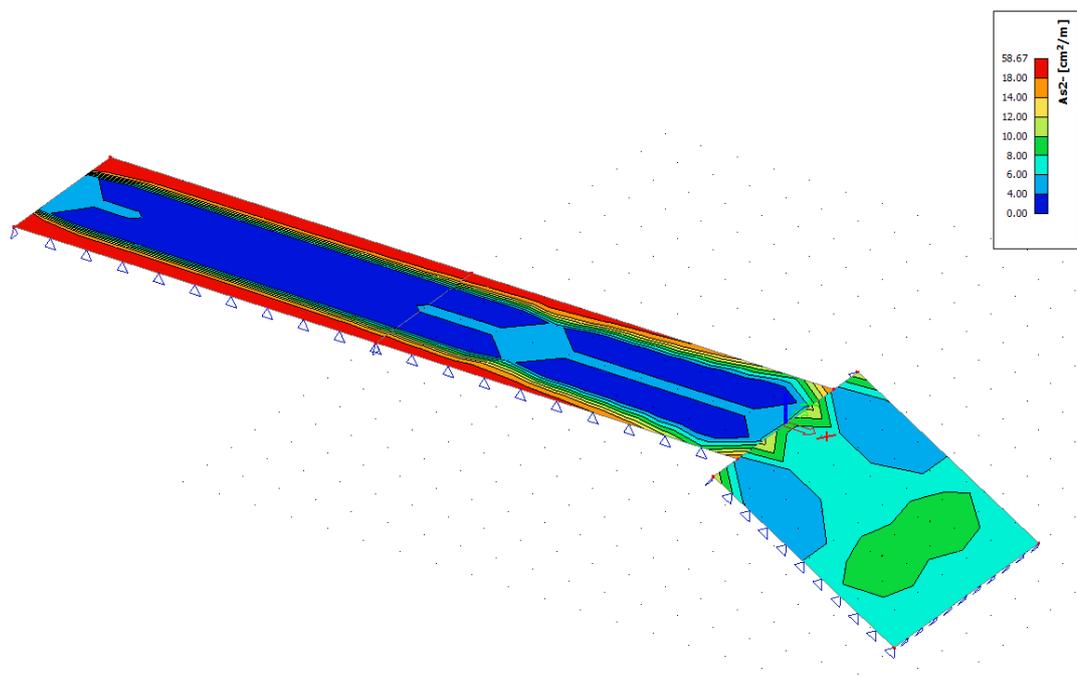
Armatura lato aria in direzione orizzontale.

9.4.3 Platea

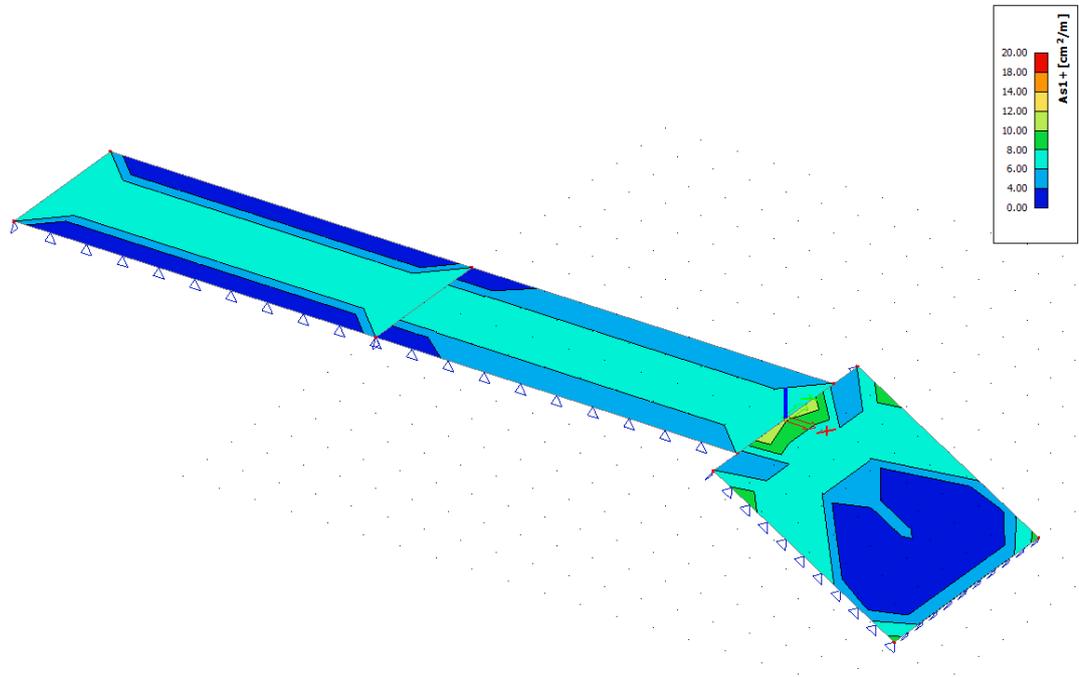
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



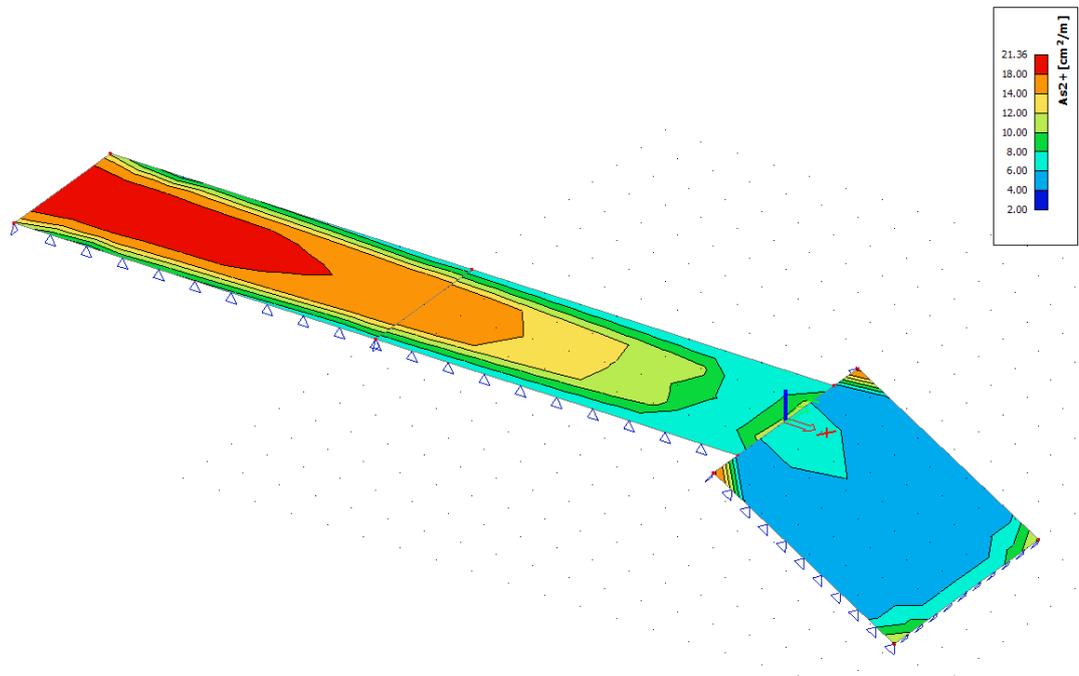
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

10. Invaso di valle – Scarico di superficie

10.1 Premessa

Per limitare il livello dell'acqua nell'invaso di valle si realizza uno sfioratore di superficie a calice. Di seguito i dettagli del dimensionamento delle strutture. Le dimensioni principali degli elementi sono le seguenti.

- larghezza interna galleria: $b=4,00$ m,
- altezza interna galleria: $h=4,00$ m,
- spessore platea galleria: $s=50$ cm,
- spessore muri galleria: $s=50$ cm,
- spessore solaio galleria: $s=50$ cm,
- spessore pareti imbuto: $s=50$ cm.

Tutti gli elementi sono in calcestruzzo C30/37.

10.2 Carichi

10.2.1 Carichi permanenti

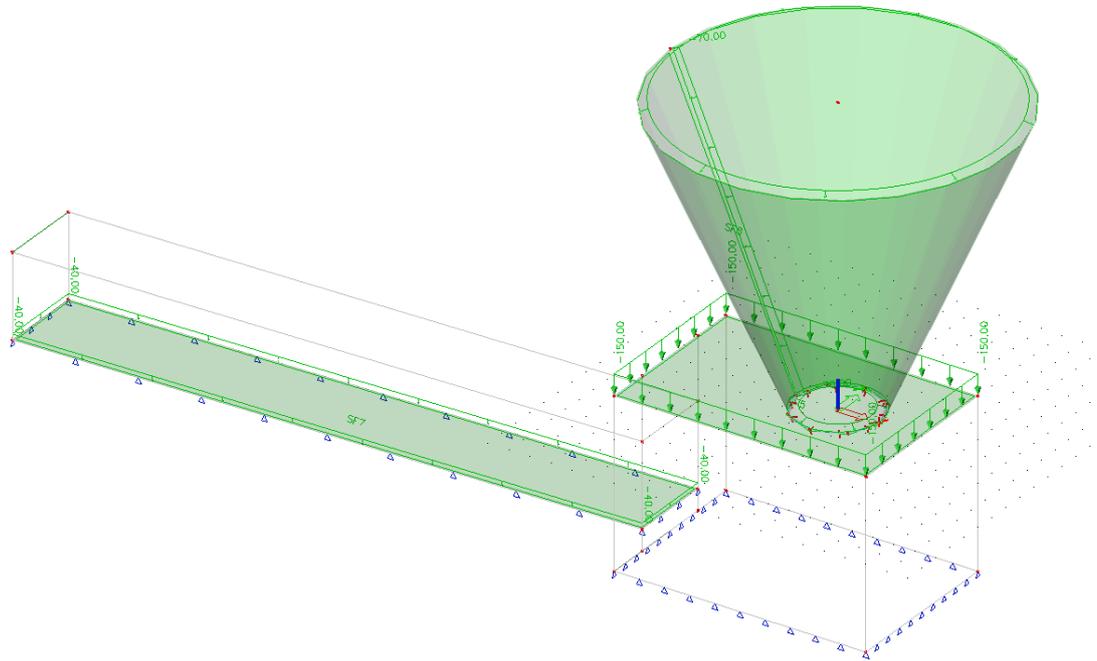
Oltre al peso proprio delle strutture portanti si considerano i carichi di seguito riportati.

Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=20$ kN/m³ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

10.2.2 Carichi variabili

Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0$ kN/m³.

10.3 Modello di calcolo e carichi applicati



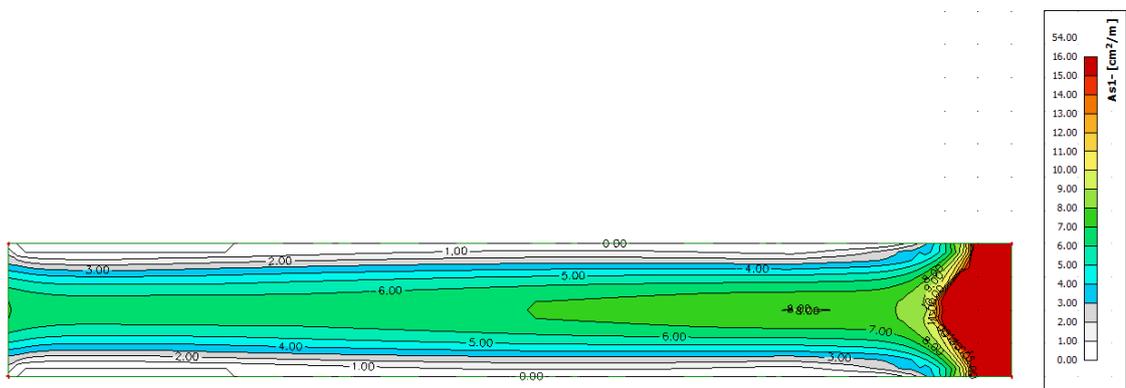
P.

Sovraccarico variabile idrostatico.

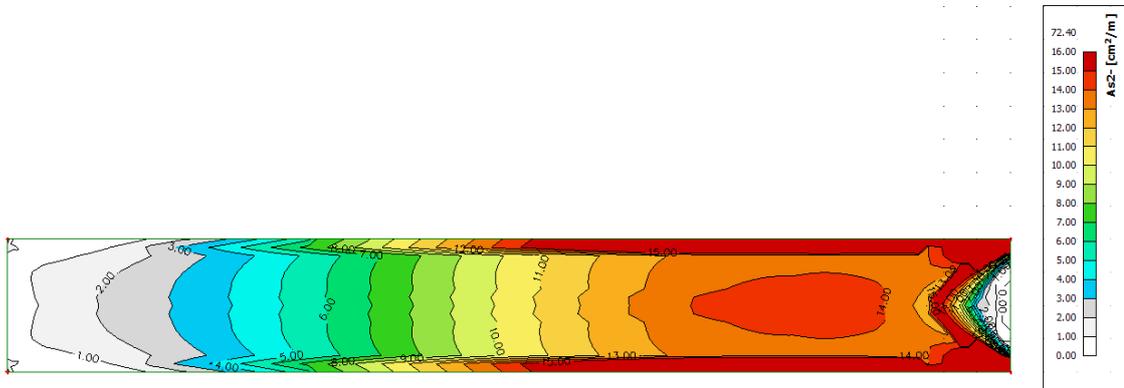
10.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

10.4.1 Solai galleria

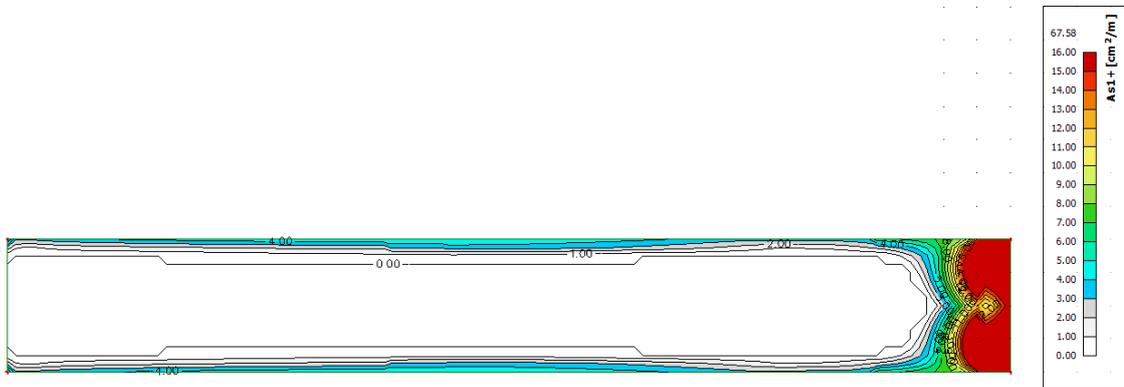
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



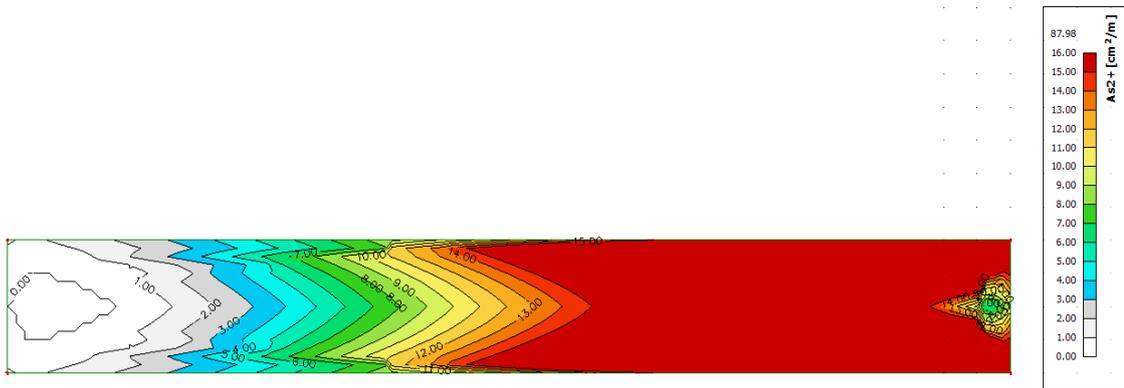
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



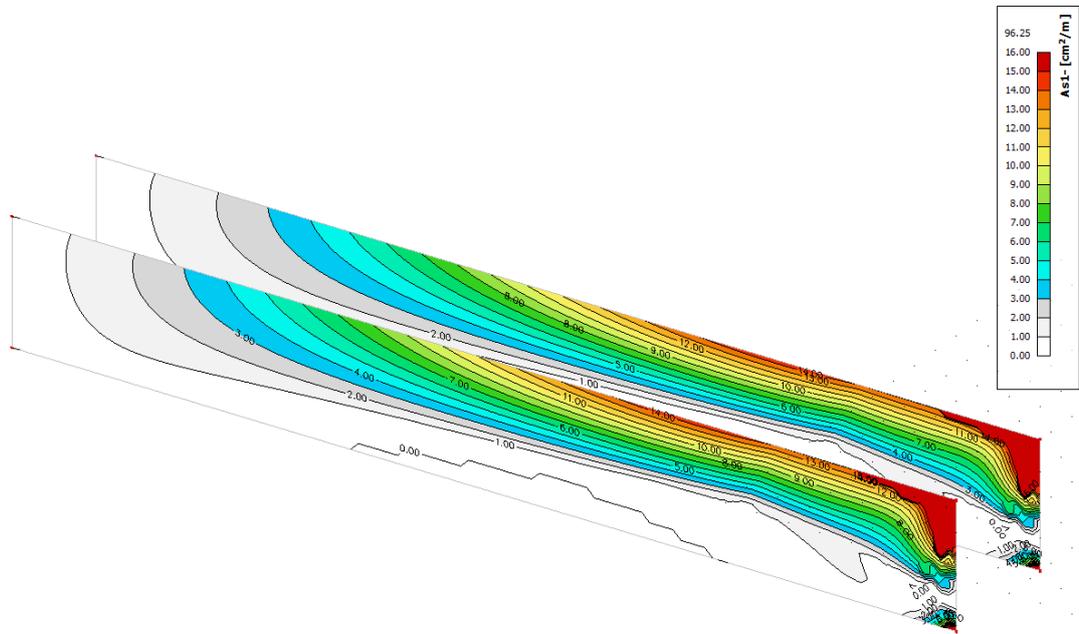
Armatura superiore in direzione 1.



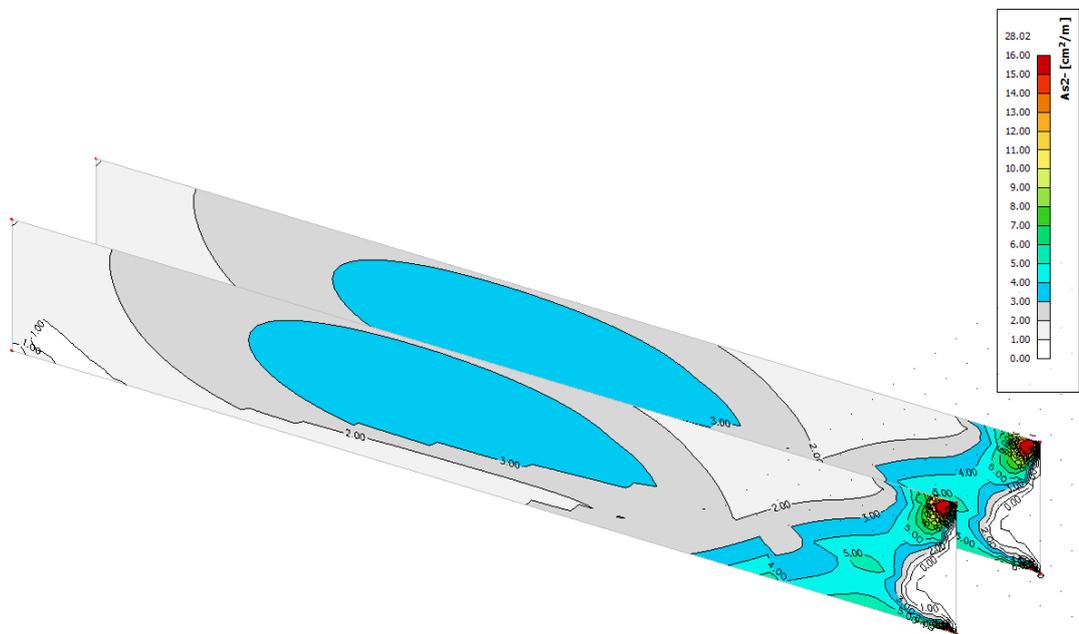
Armatura superiore in direzione 2.

10.4.2 Pareti galleria

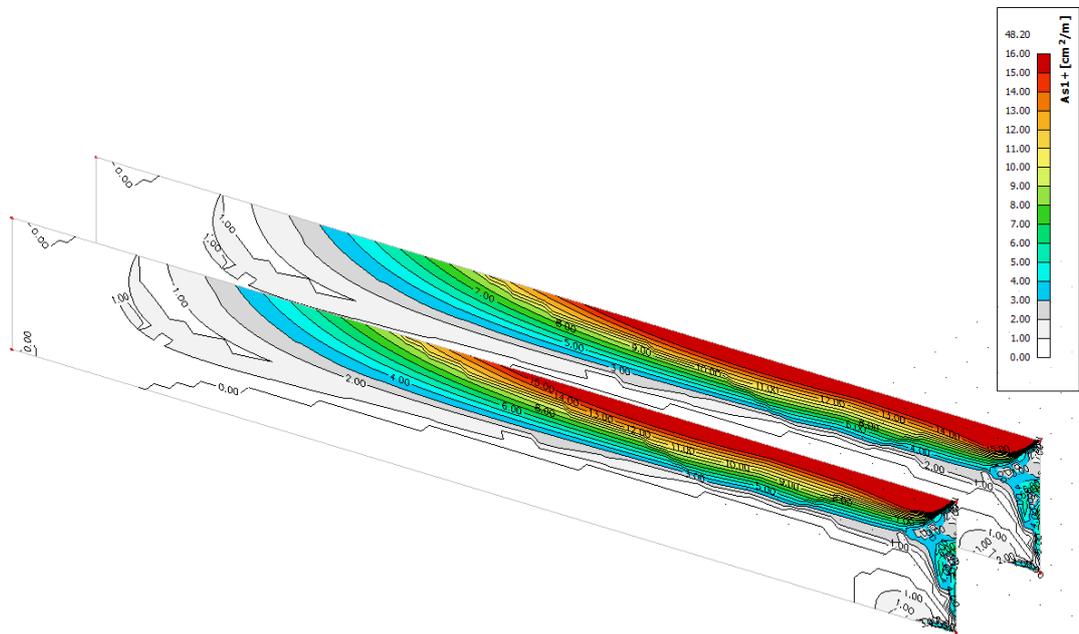
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



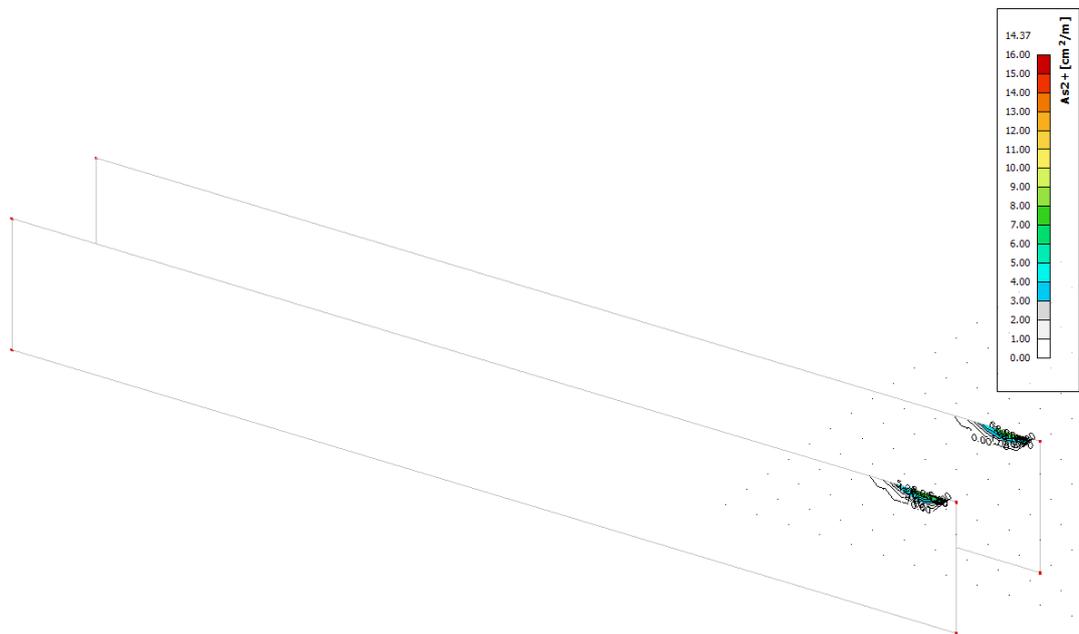
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



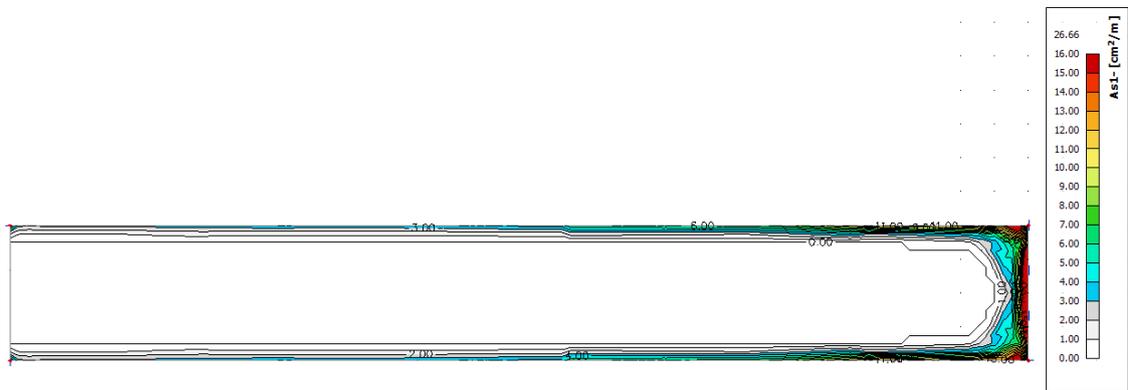
Armatura lato aria in direzione orizzontale.



Armatura lato aria in direzione verticale.

10.4.3 Platea galleria

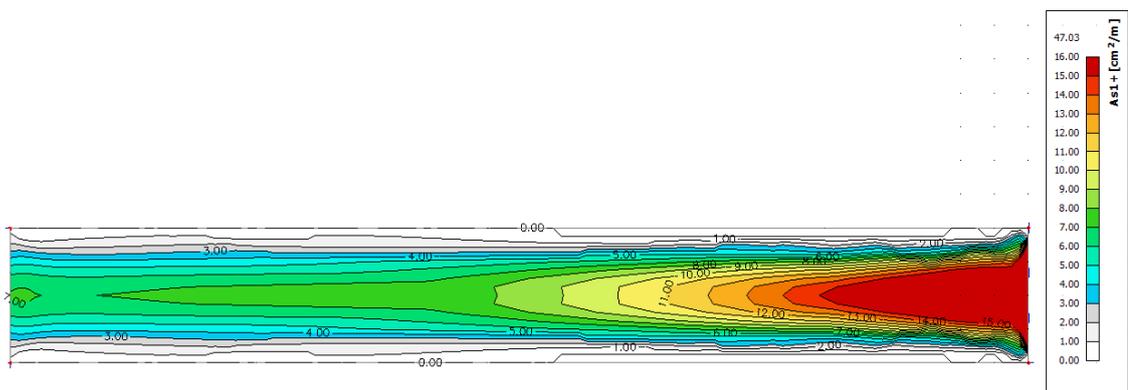
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



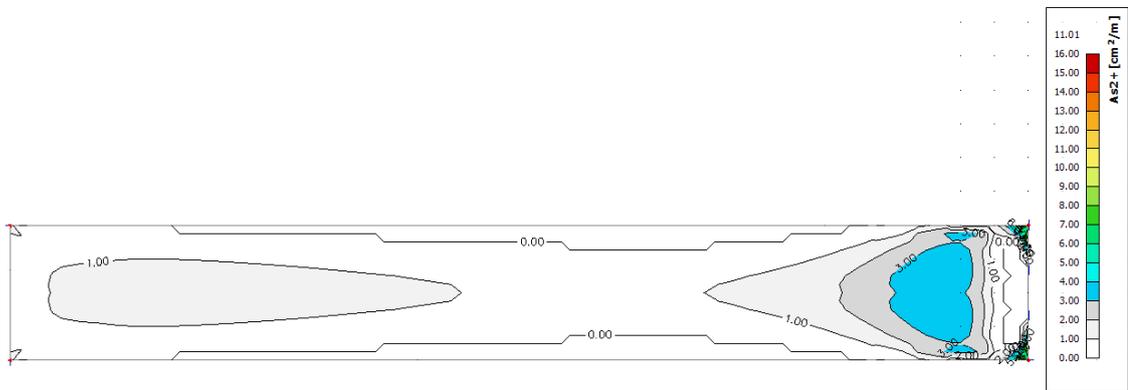
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



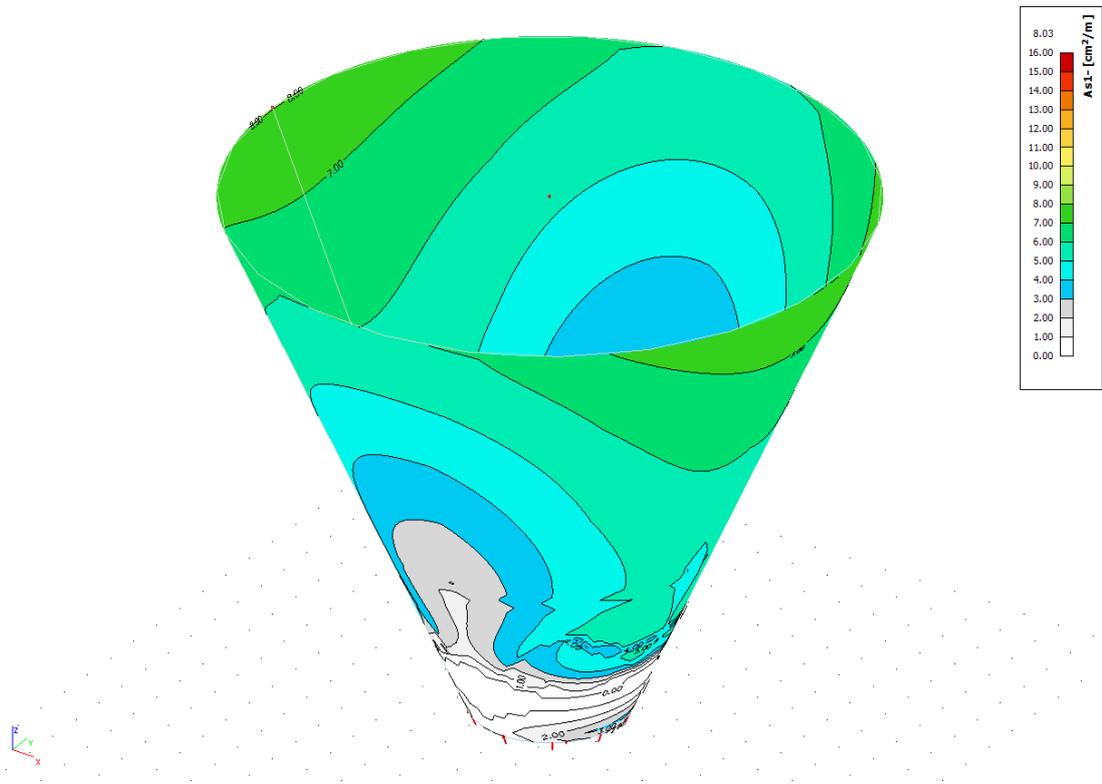
Armatura superiore in direzione 1.

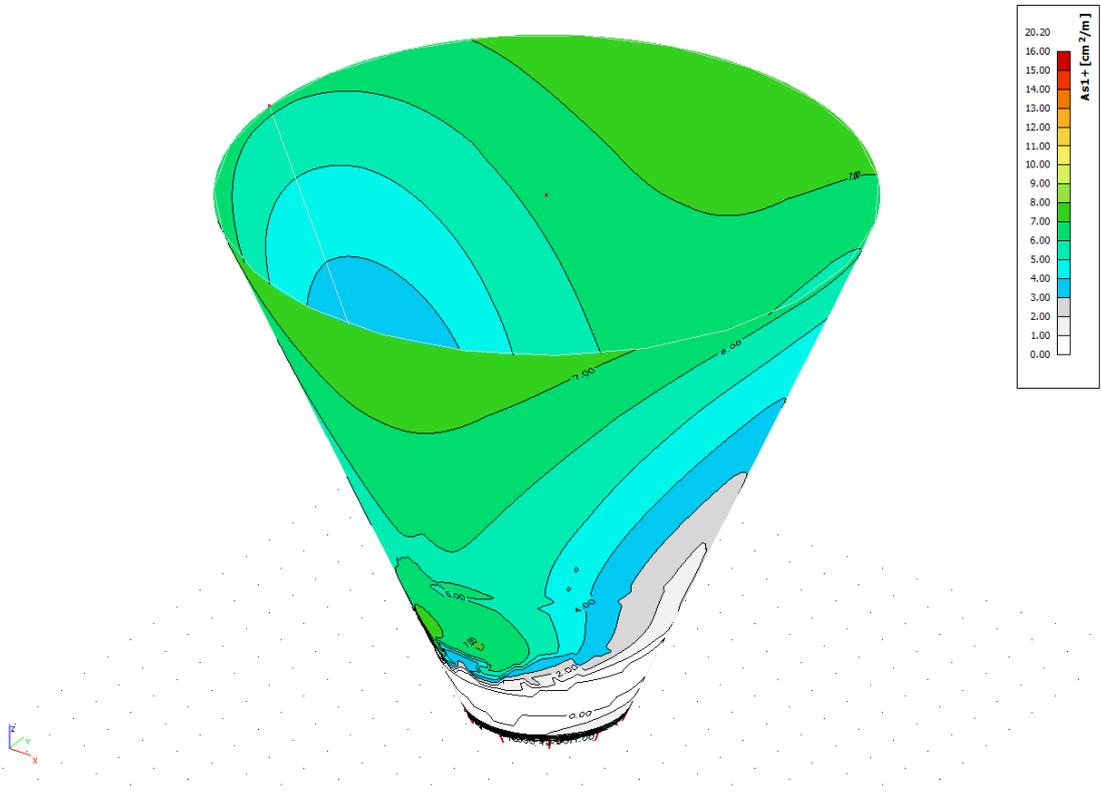
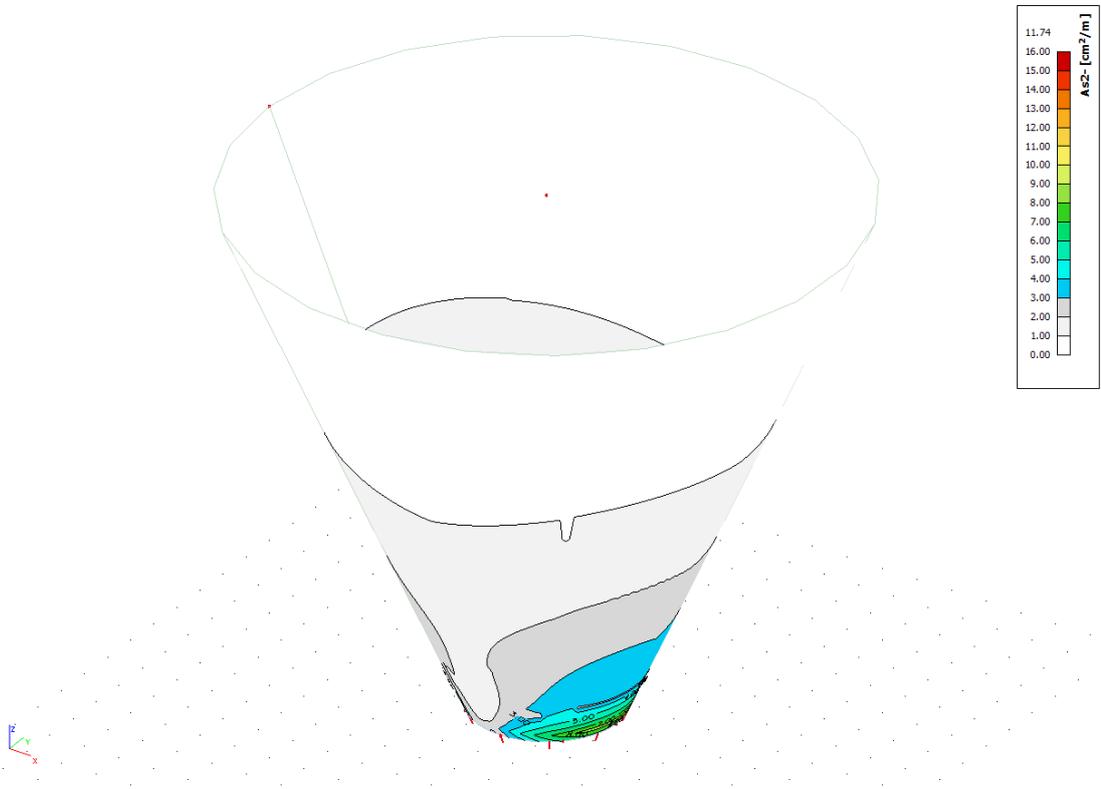


Armatura superiore in direzione 2.

10.4.4 Struttura ad imbuto verticale

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







11. Invaso di valle - Bacino di dissipazione

11.1 Premessa

L'opera restituzione termina con una galleria avente la funzione di dissipare l'energia prima dell'immissione nella rete fluviale a valle della diga. La struttura ha forma scatolare ed è composta da platea di fondazione, pareti e solaio di copertura. All'esterno della galleria le pareti proseguono come muri di sostegno. Le dimensioni principali degli elementi sono le seguenti.

- Lunghezza totale: $L=92,0$ m,
- larghezza interna: $b=4,00-8,20$ m,
- altezza interna: $h=4,00-9,20$ m,
- spessore platea: $s=50$ cm,
- spessore muri: $s=50$ cm,
- spessore solaio: $s=50$ cm,
- spessore travi rovesce $s=60-80$ cm.

Tutti gli elementi sono in calcestruzzo C30/37.

11.2 Carichi

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

11.2.1 Carichi permanenti

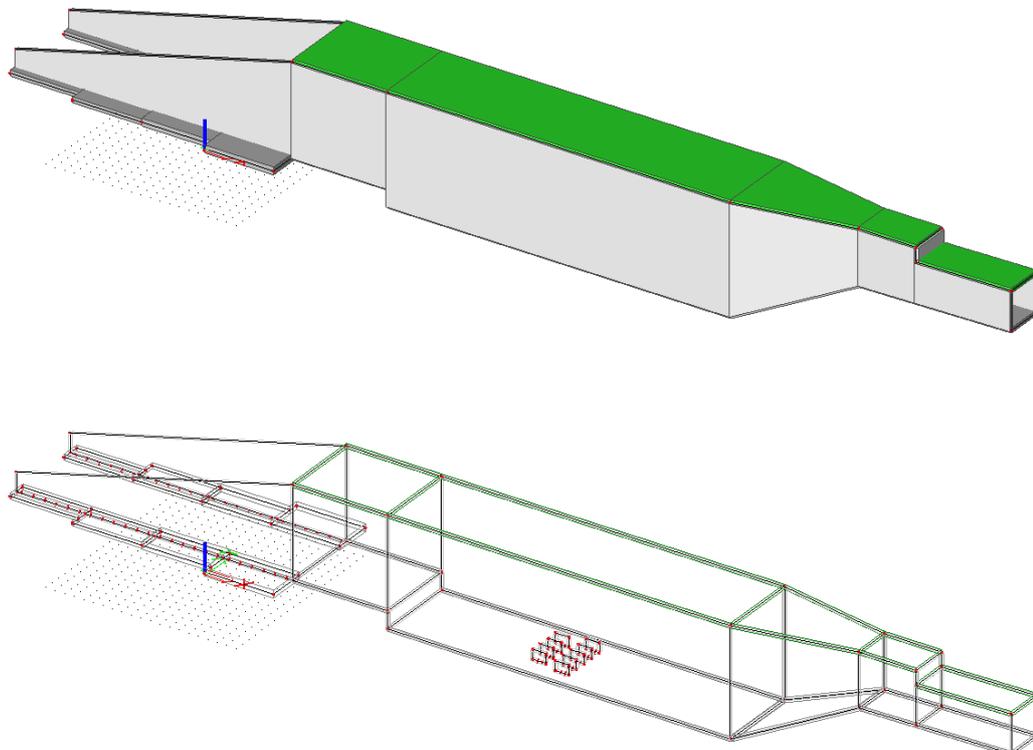
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

11.2.2 Carichi variabili

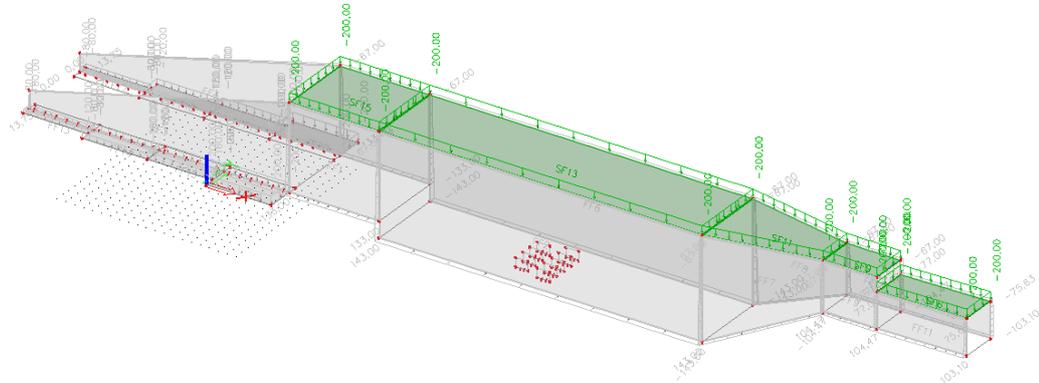
Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

11.3 Modello di calcolo e carichi applicati

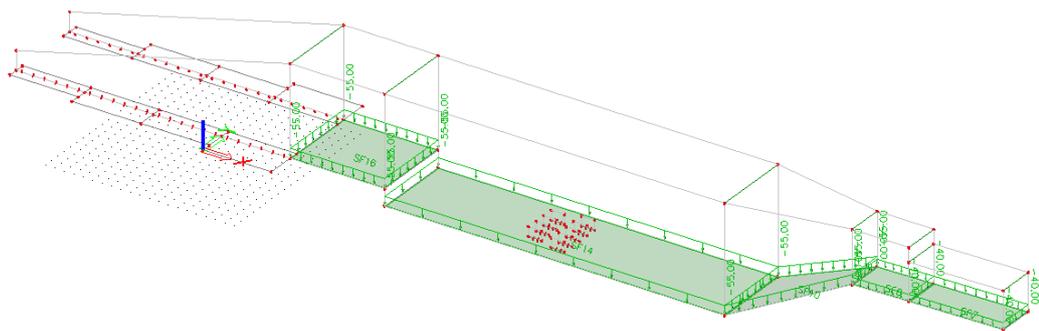
11.3.1 Modello di calcolo



11.3.2 Carichi applicati



Sovraccarico permanente: peso, spinta del terreno.

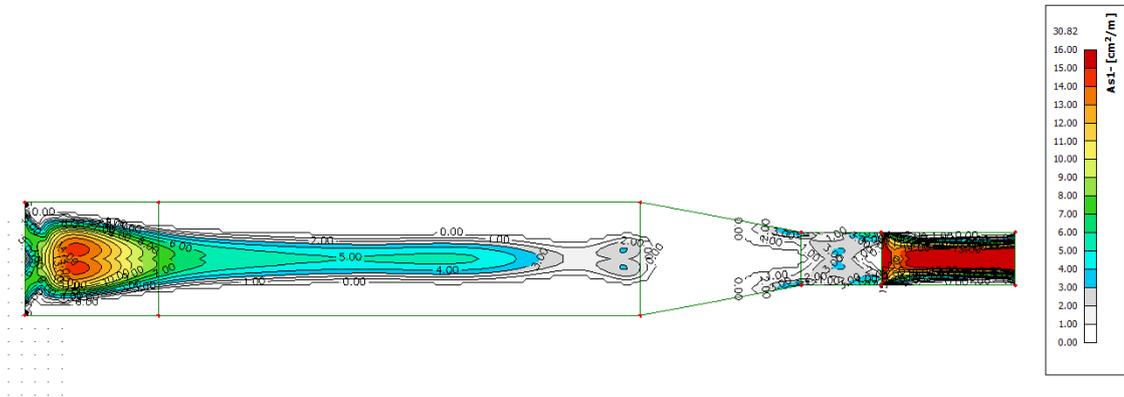


Sovraccarico variabile: peso, spinta dell'acqua.

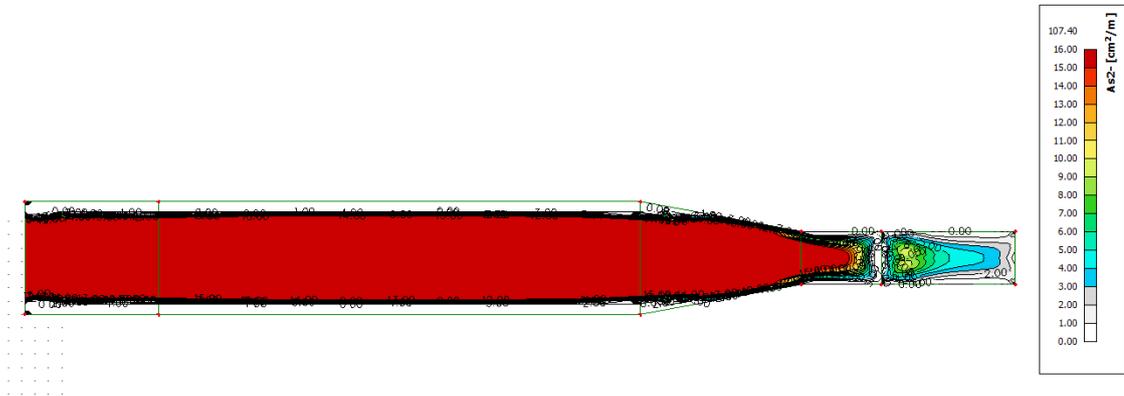
11.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

11.4.1 Solai

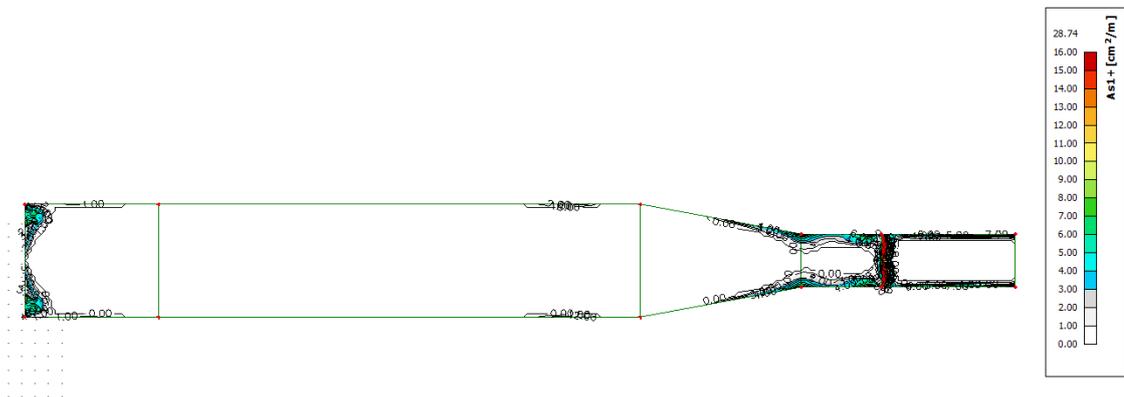
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



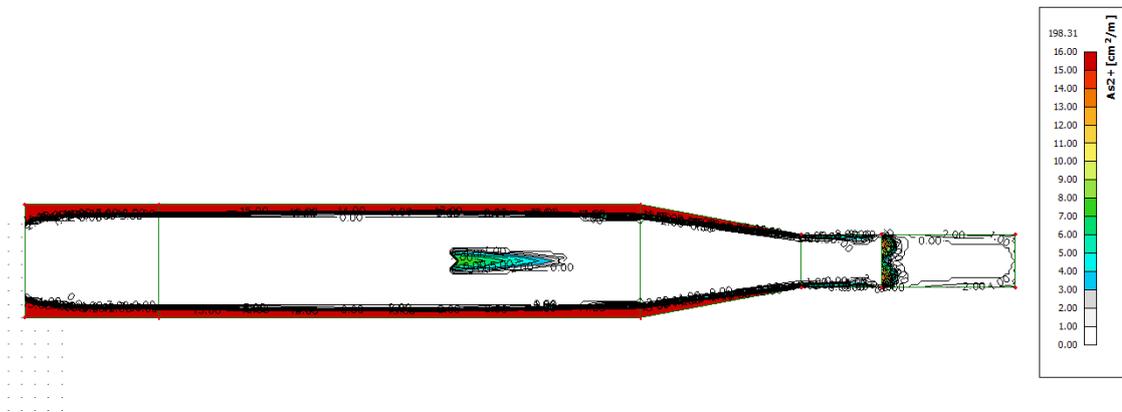
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



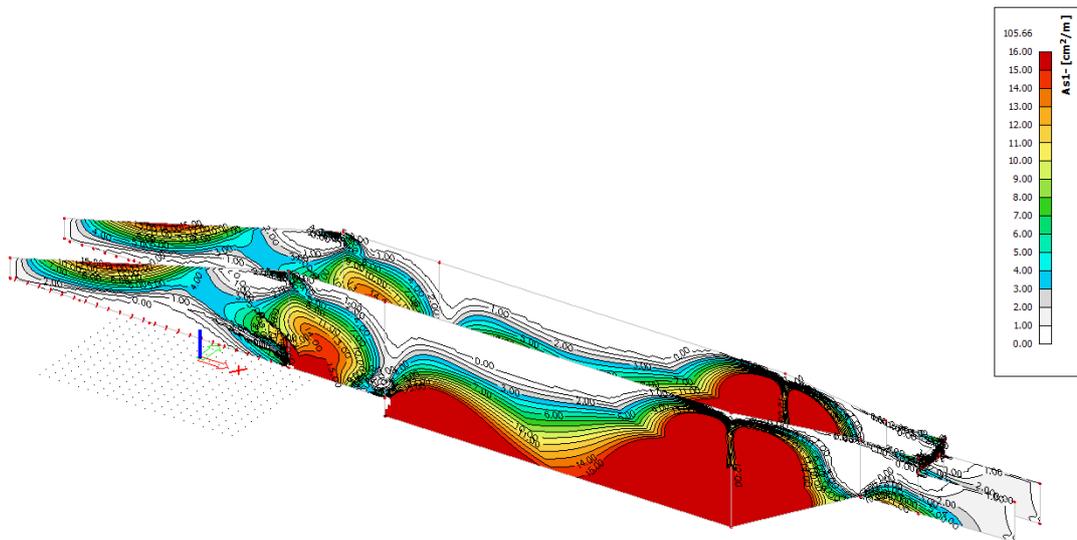
Armatura superiore in direzione 1.



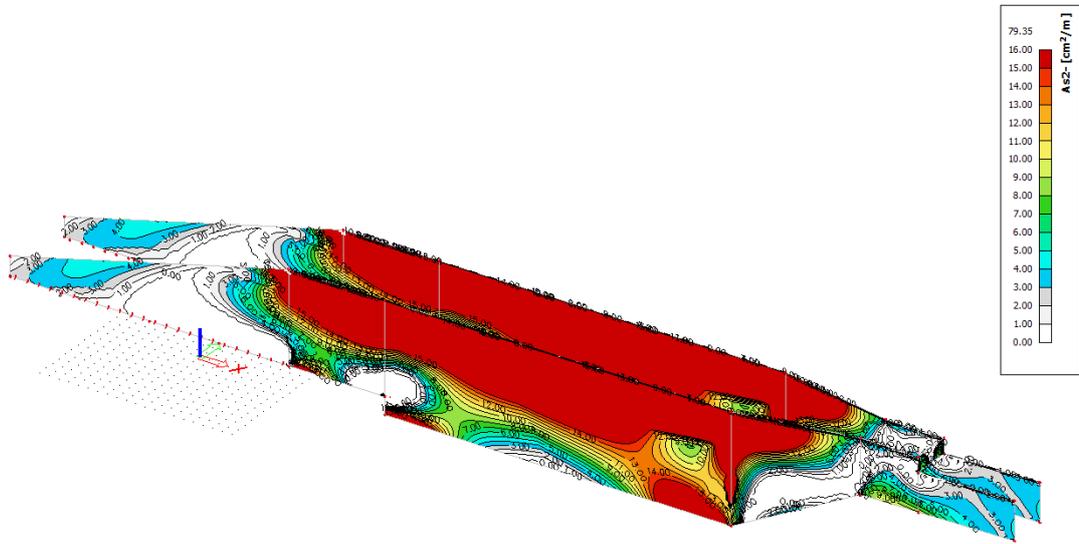
Armatura superiore in direzione 2.

11.4.2 Pareti

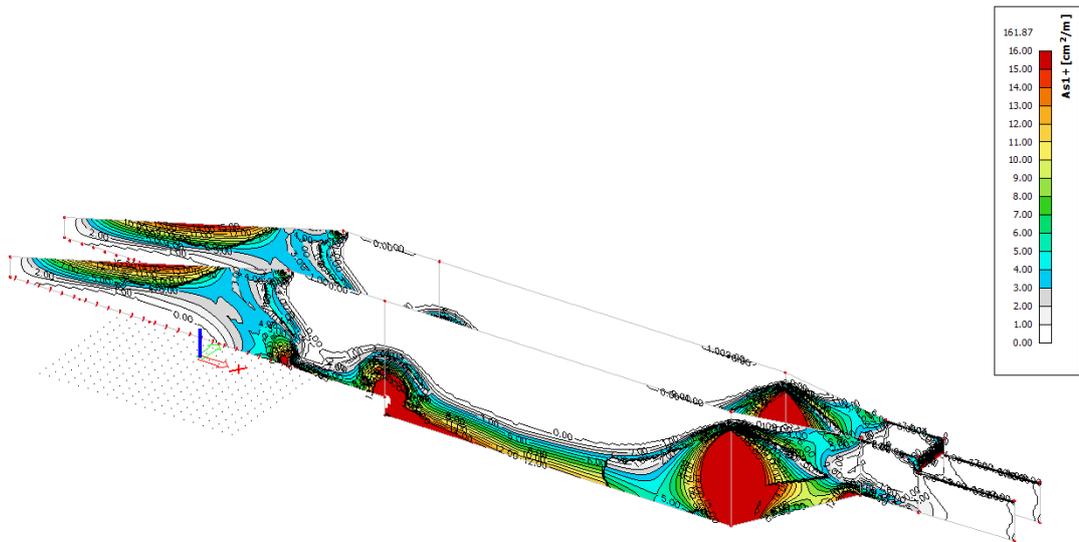
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



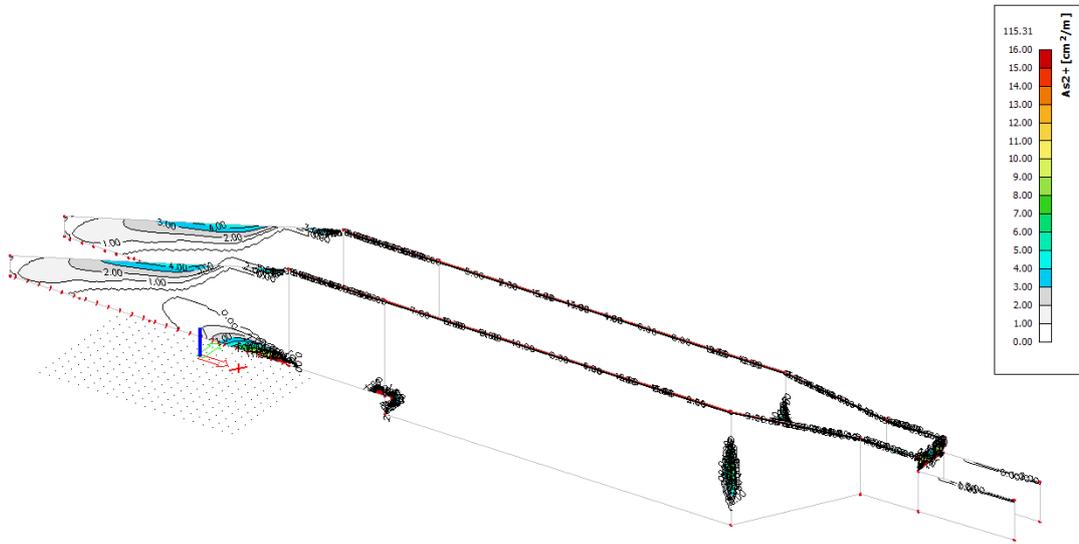
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



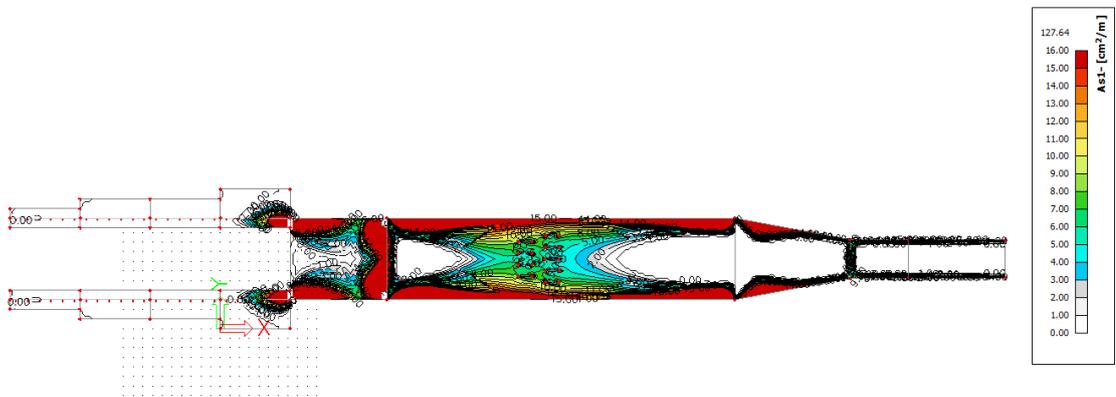
Armatura lato aria in direzione orizzontale.



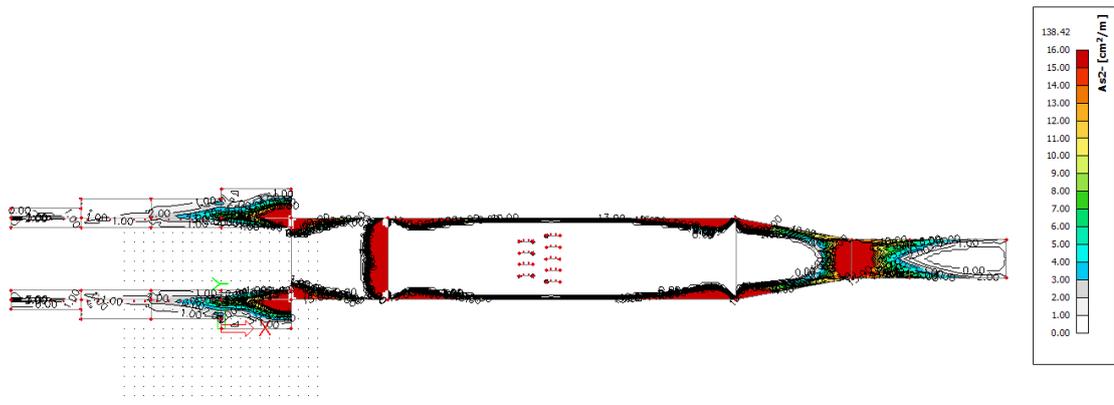
Armatura lato aria in direzione orizzontale.

11.4.3 Fondazioni (platee, travi rovesce)

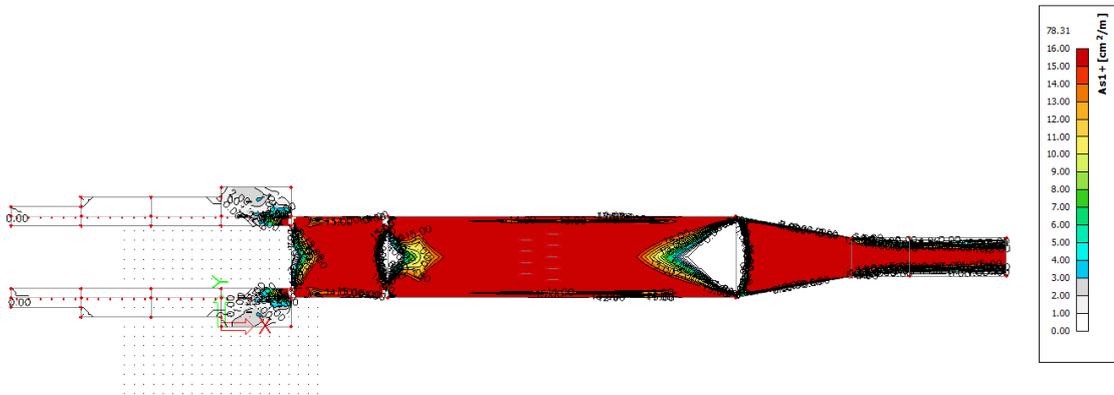
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



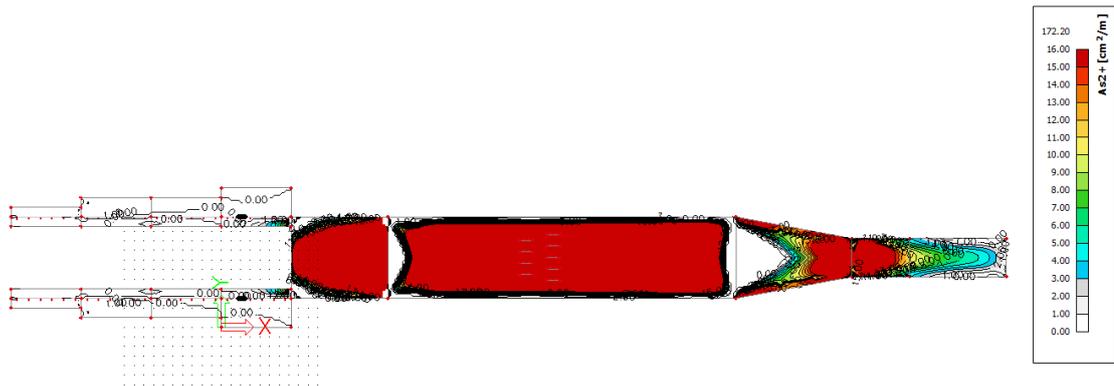
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

12. Invaso di valle - Centrale di produzione energia

12.1 Premessa

La struttura, quasi completamente interrata, e costruita in calcestruzzo armato normale ha pianta rettangolare di dimensioni massime 20 m x 50 m e altezza totale 83 m. I solai, su diversi livelli sostengono i carichi verticali e hanno la funzione aggiuntiva di “puntellare” le pareti contro la spinta del terreno. Tutte le strutture sono realizzate in calcestruzzo armato normale.

Gli spessori dei principali elementi strutturali sono i seguenti.

- pareti esterne interrate $s=100$ cm,
- pareti esterne sopra piano campagna $s=100$ cm,
- solai $s=100$ cm,
- fondazioni $s=100$ cm,
- pareti vano scale e vano ascensore $s=30$ cm,
- solaio vano ascensore $s=25$ cm.

Tutti gli elementi sono in calcestruzzo C30/37.

12.2 Carichi

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

12.2.1 Carichi permanenti

Sovraccarico permanente solai	$g_2 =$	3,00 kN/m ²
Carico generatore (due generatori)	$g_3 =$	3600 kN (360 t)
Carico trasformatore (due trasformatori)	$g_4 =$	1500 (150 t)
Carico girante	$g_6 =$	500 kN (50 t)

Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=20$ kN/m³ e un coefficiente di spinta attiva $k_a=0,3$.

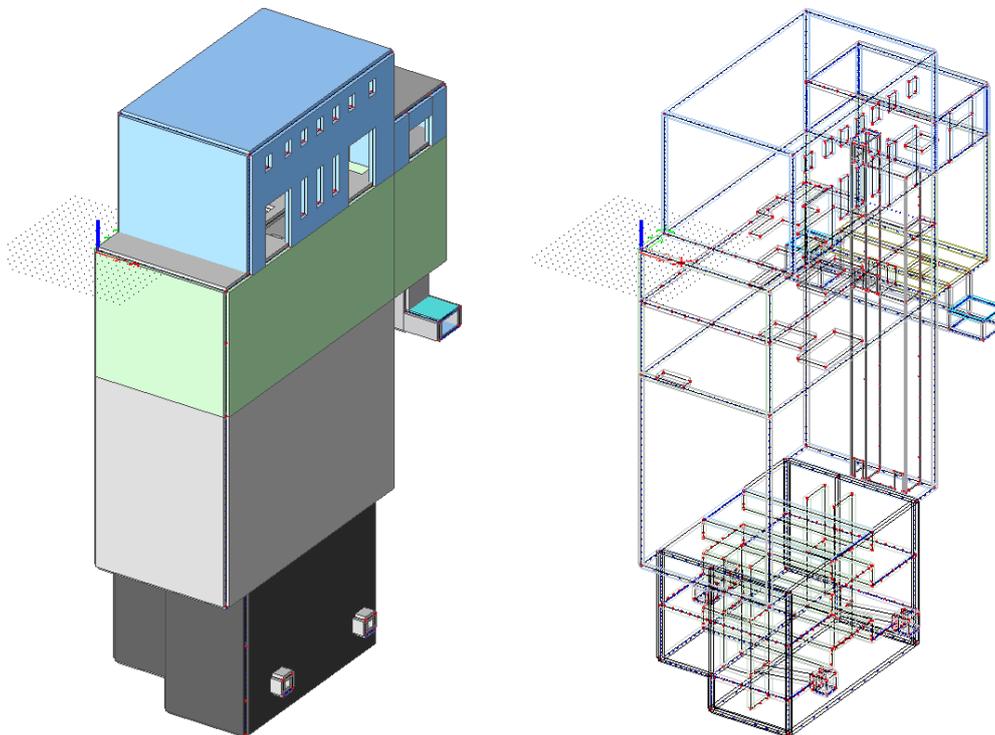
12.2.2 Carichi variabili

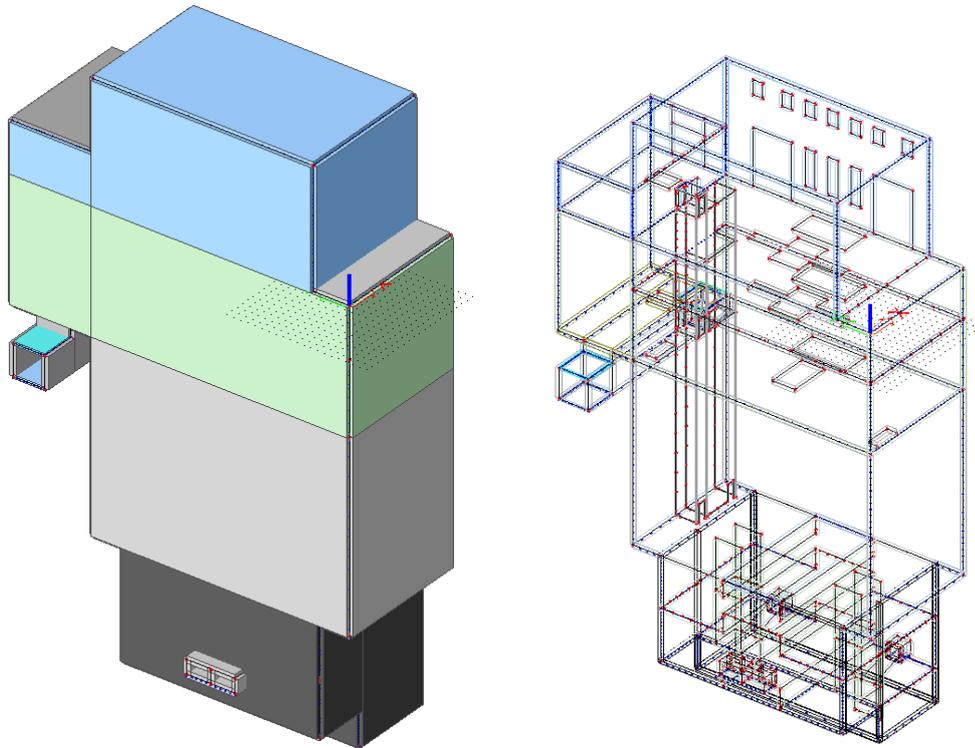
Carico di servizio sui solai	$q_1 =$	2,00/5,00/10,00 kN/m ²
Carico neve	$q_2 =$	1.06 kN/m ²

Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$.

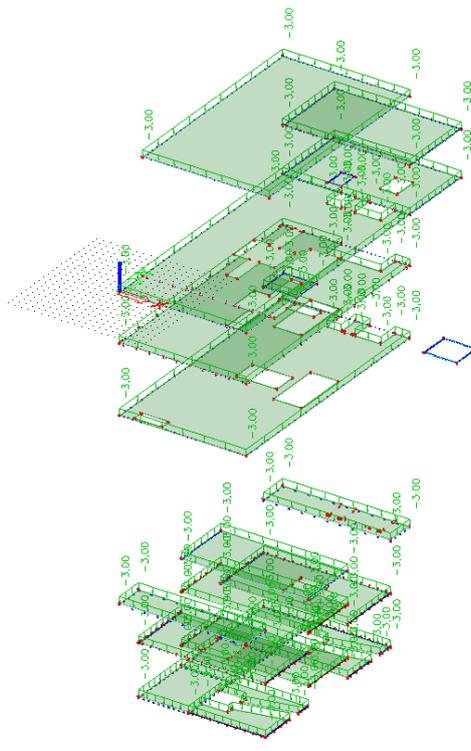
12.3 Modello di calcolo e carichi applicati

12.3.1 Modello di calcolo

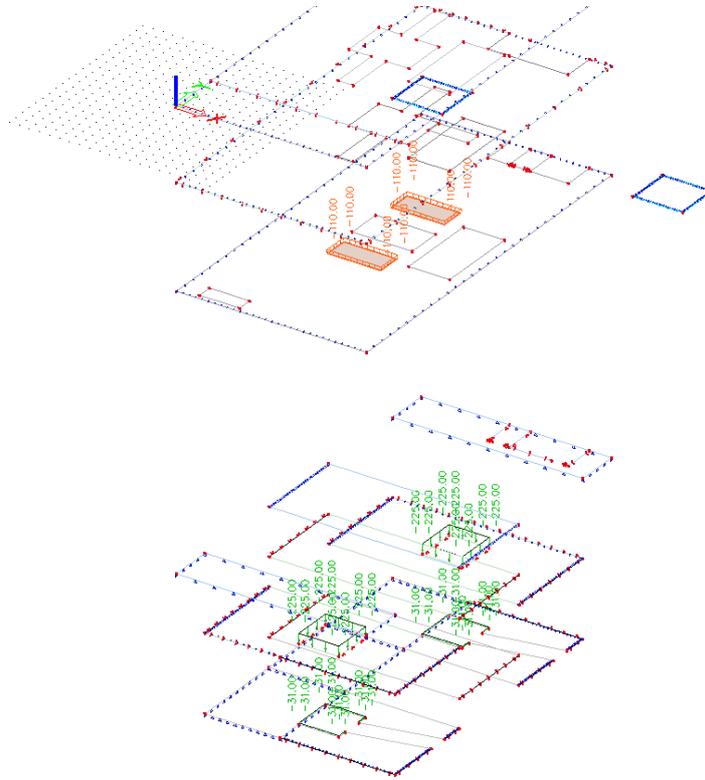




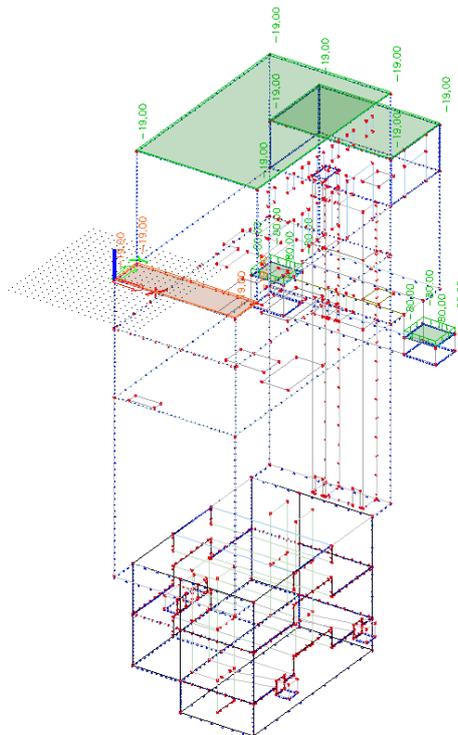
12.3.2 Carichi applicati



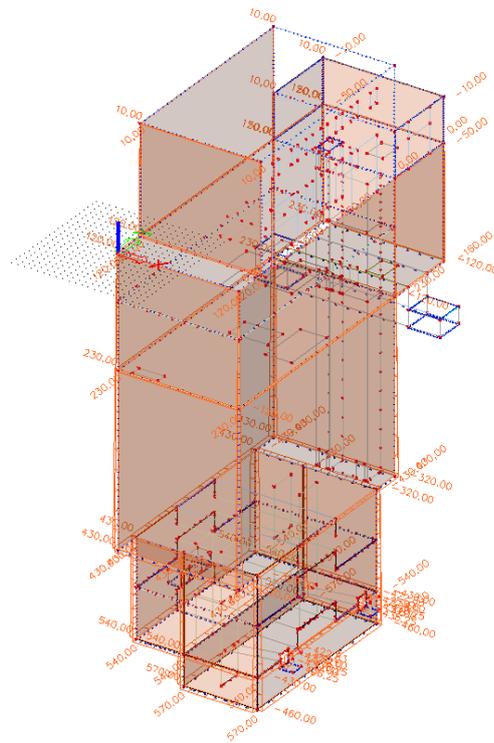
Sovraccarico permanente solai.



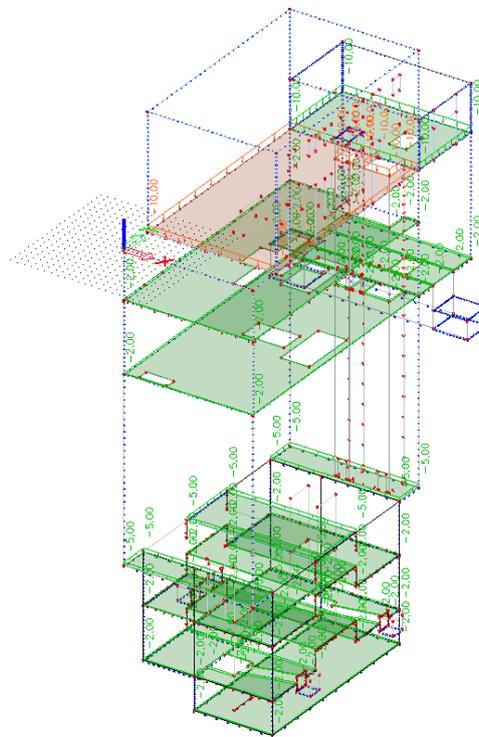
Sovraccarico permanente macchinari.



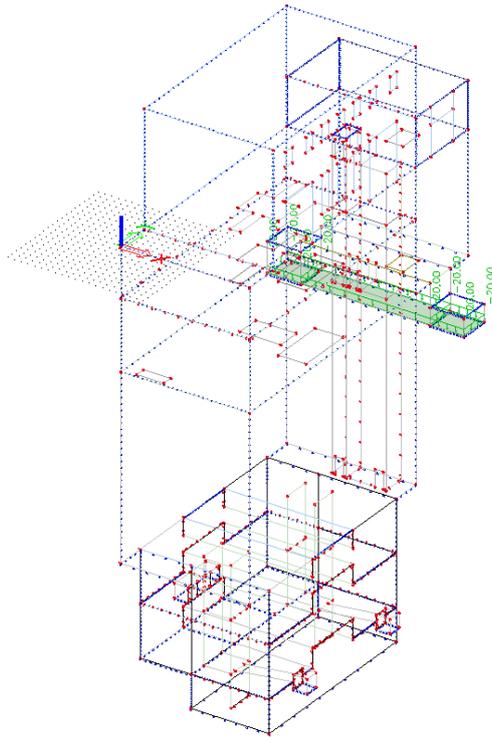
Sovraccarico permanente peso terreno



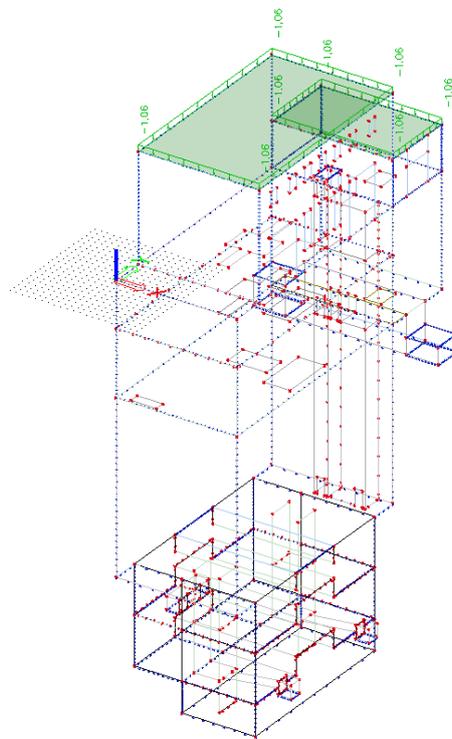
Sovraccarico permanente spinta terreno,



Sovraccarico variabile solai.



Sovraccarico variabile idrostatico.

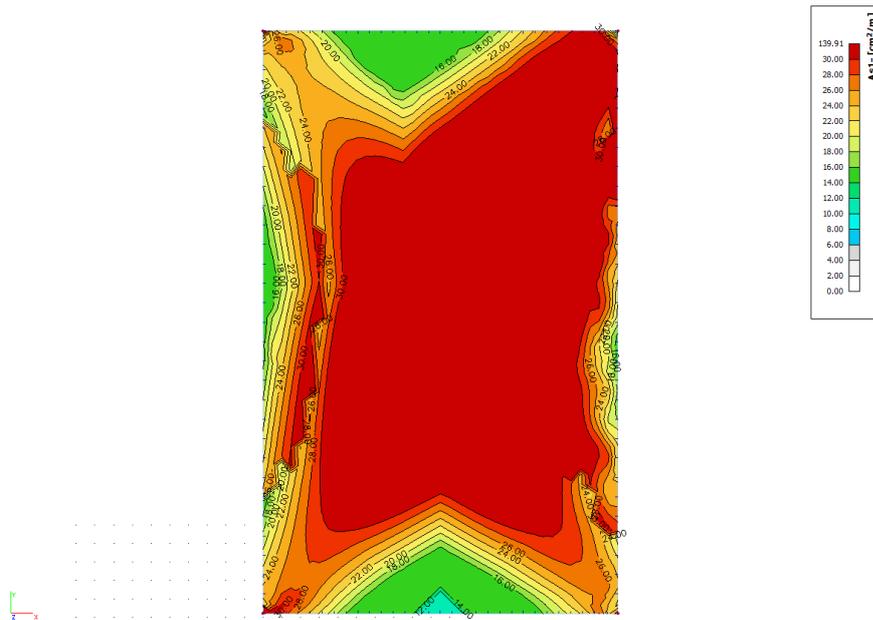


Sovraccarico variabile neve.

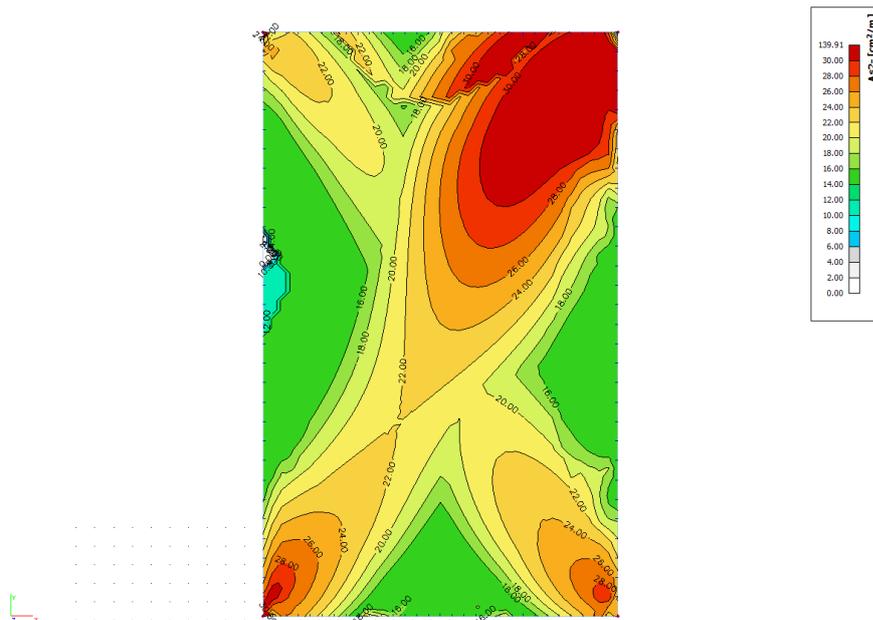
12.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

12.4.1 Solaio copertura edificio principale

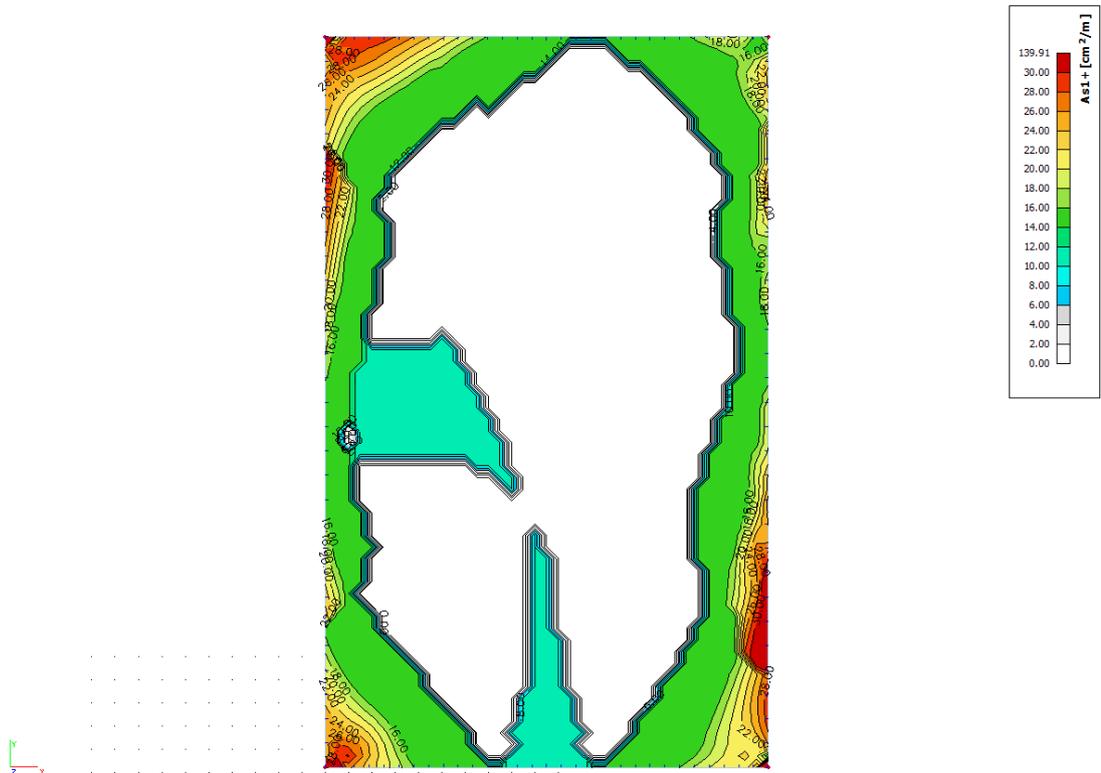
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



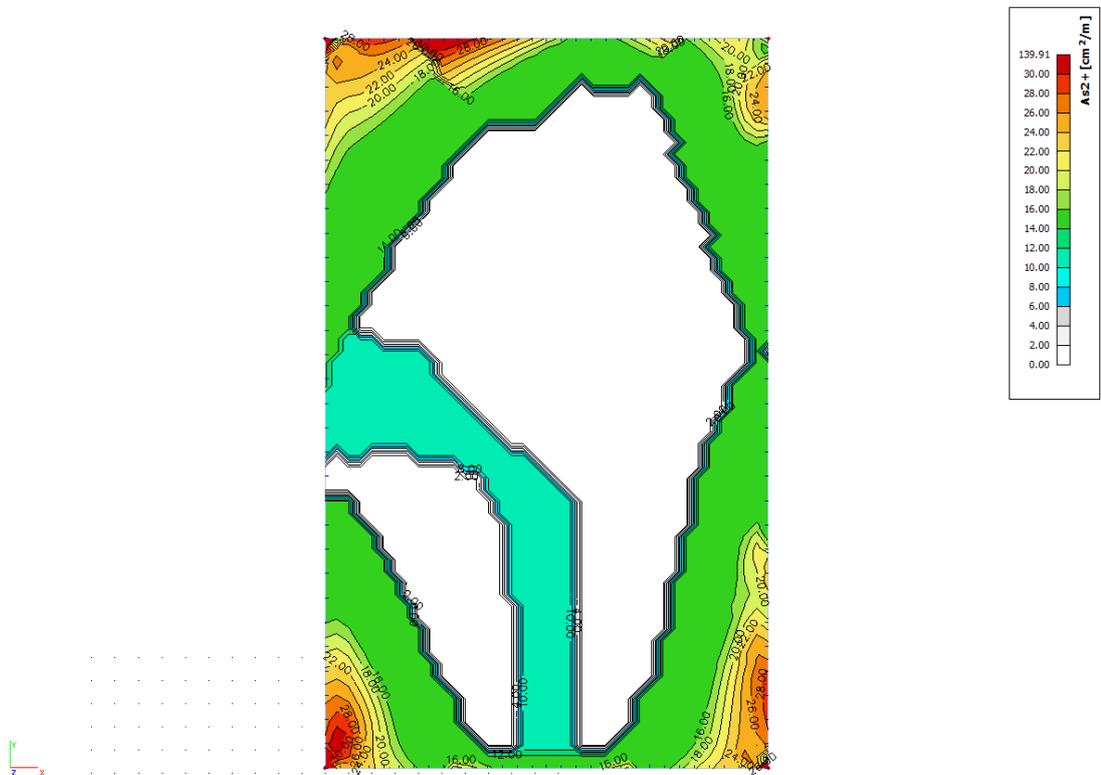
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

12.4.2 Solai copertura basso

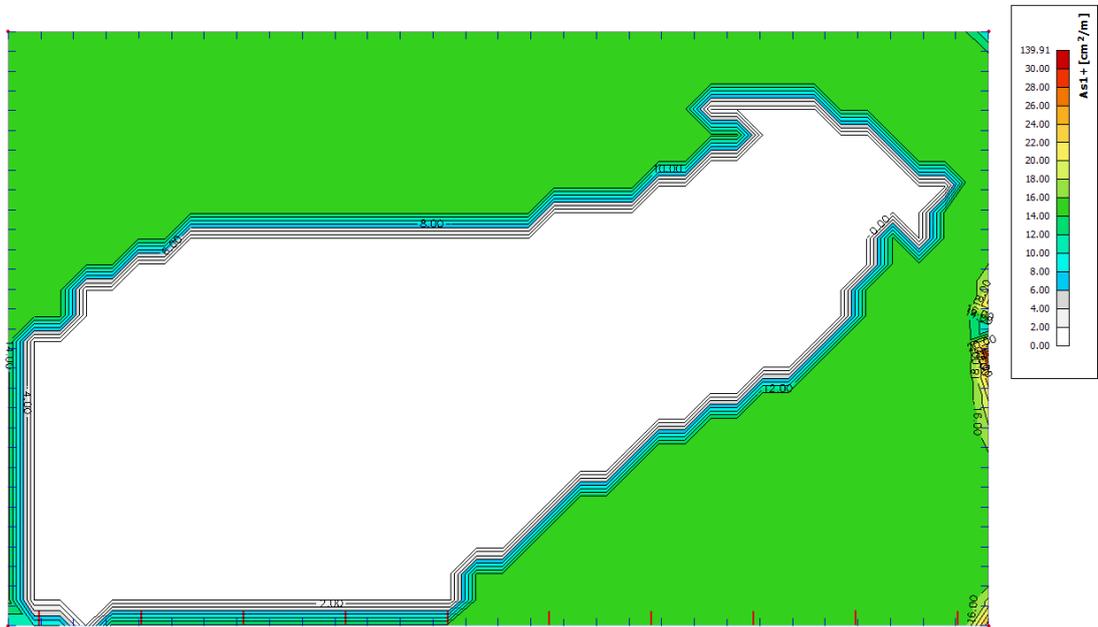
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



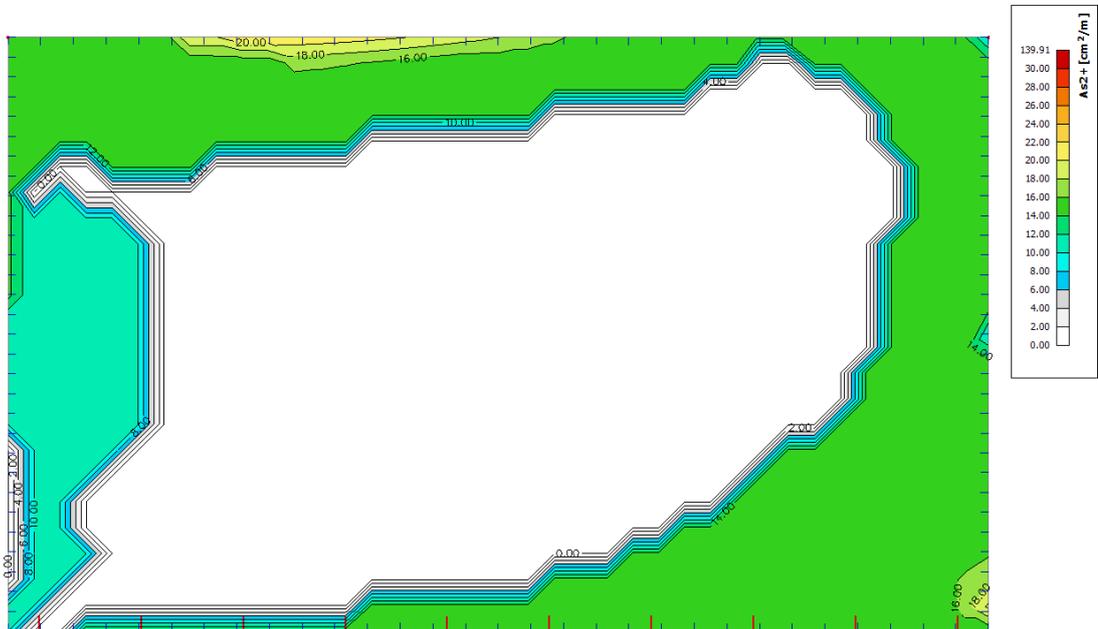
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



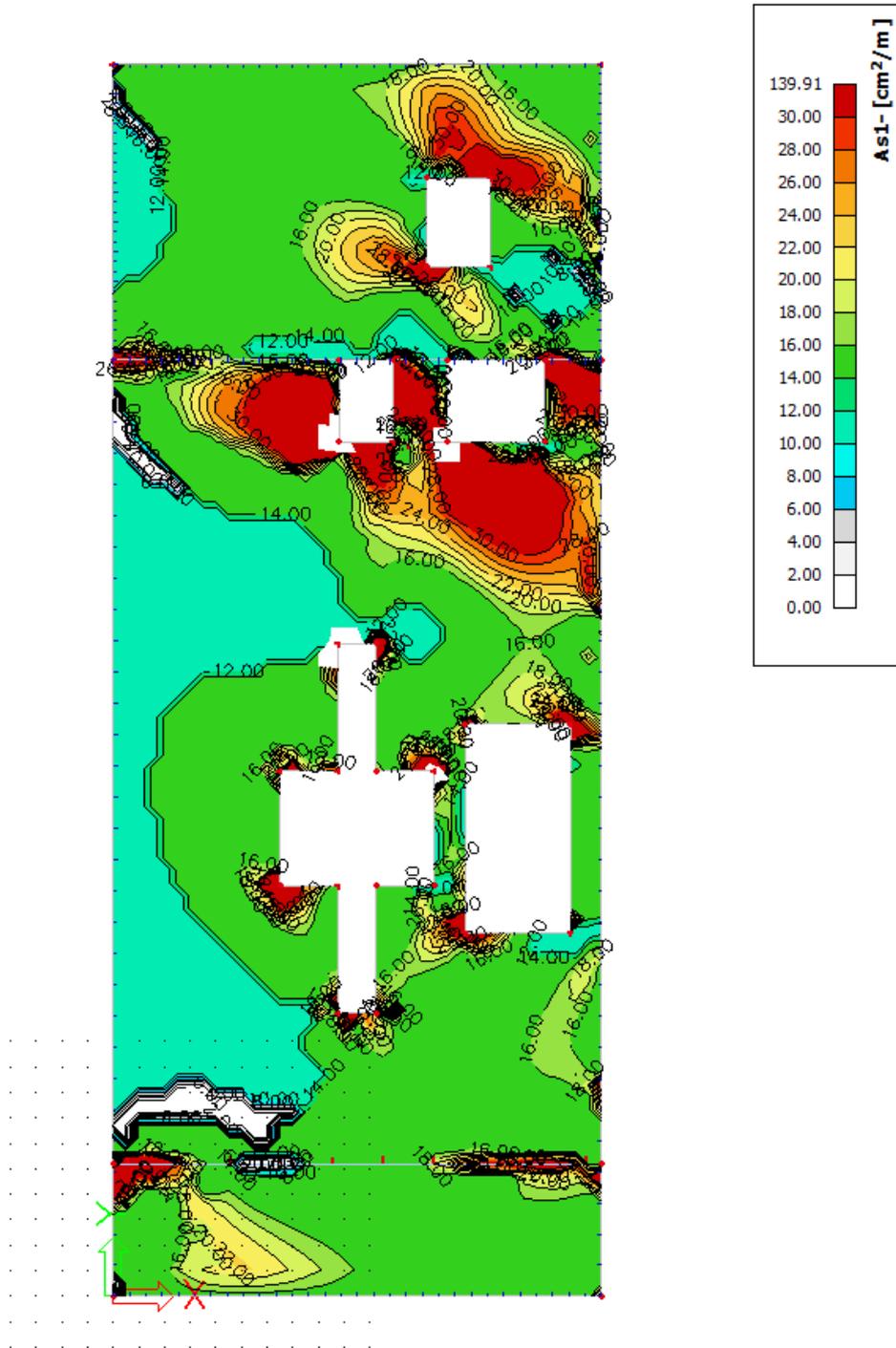
Armatura superiore in direzione 1.



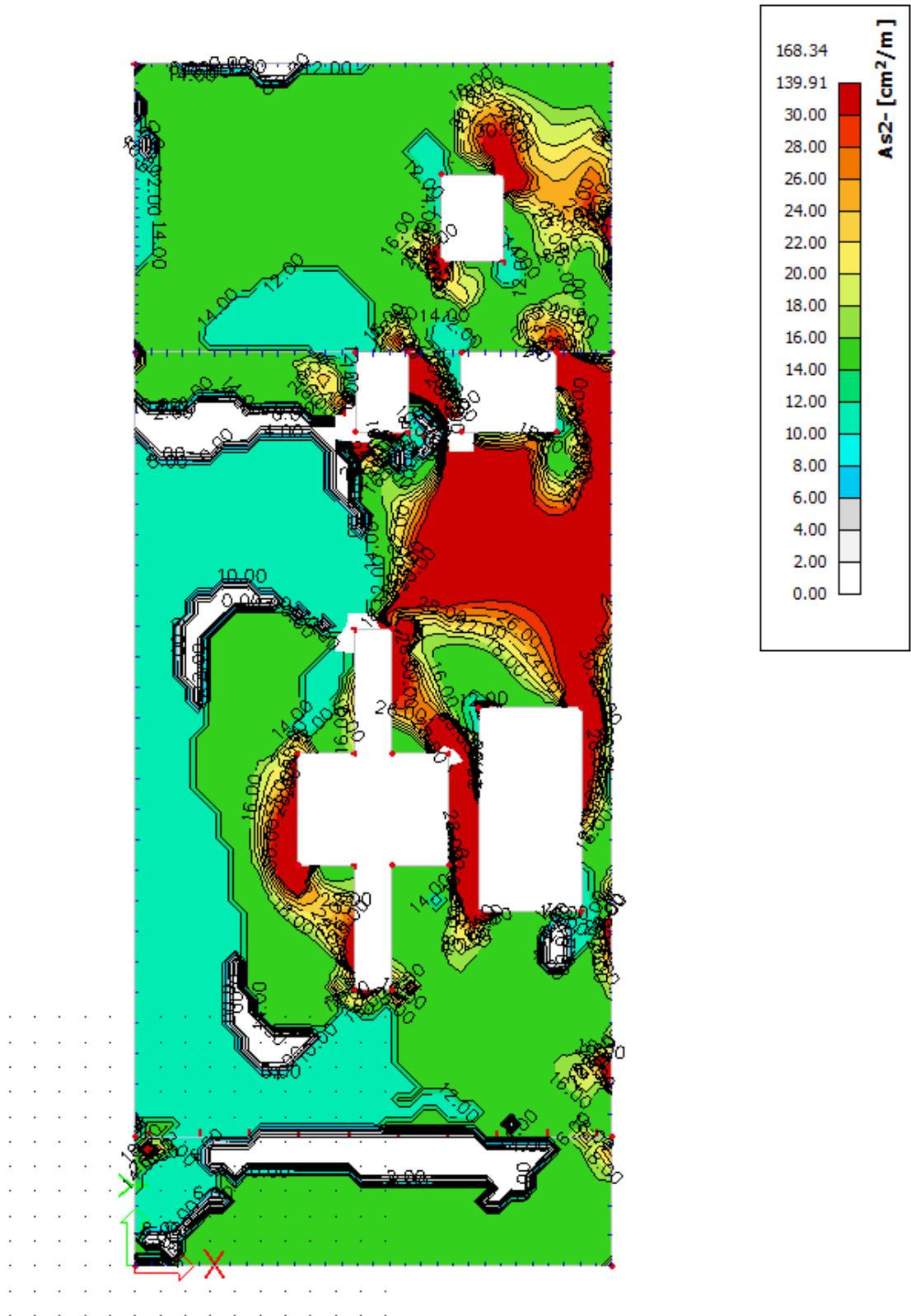
Armatura superiore in direzione 2.

12.4.3 Solai livello piano campagna (+/- 0,00)

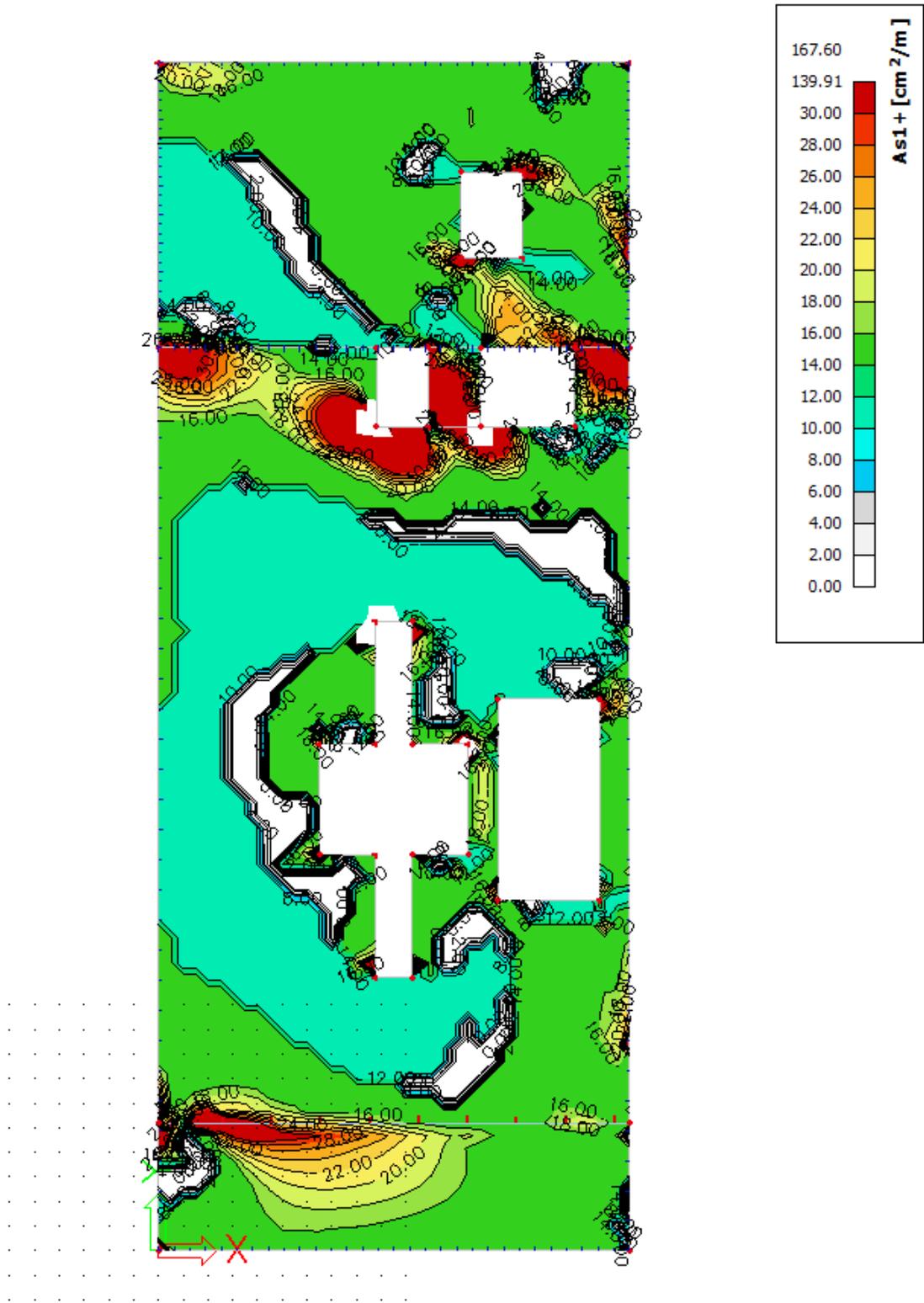
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm²/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



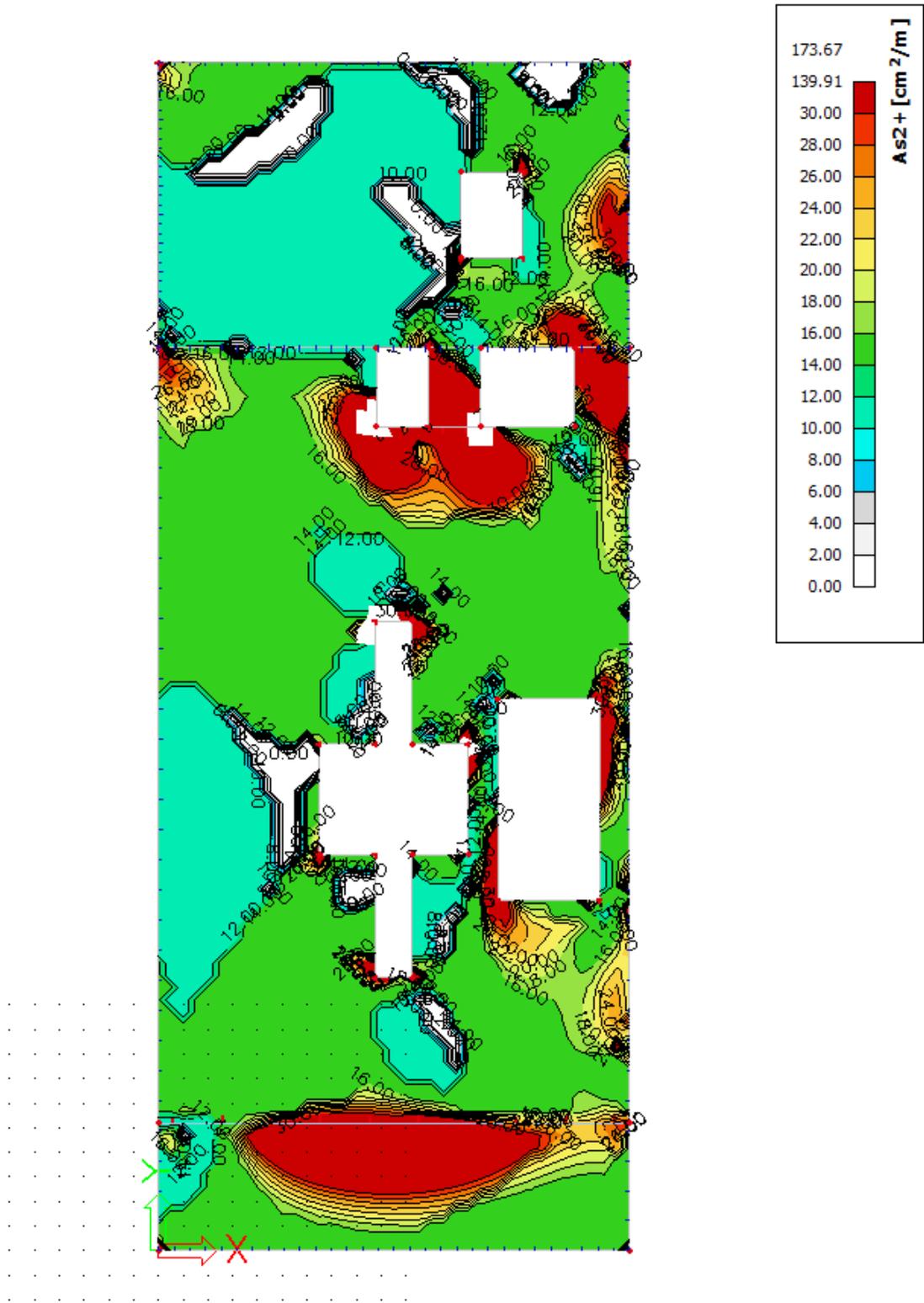
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



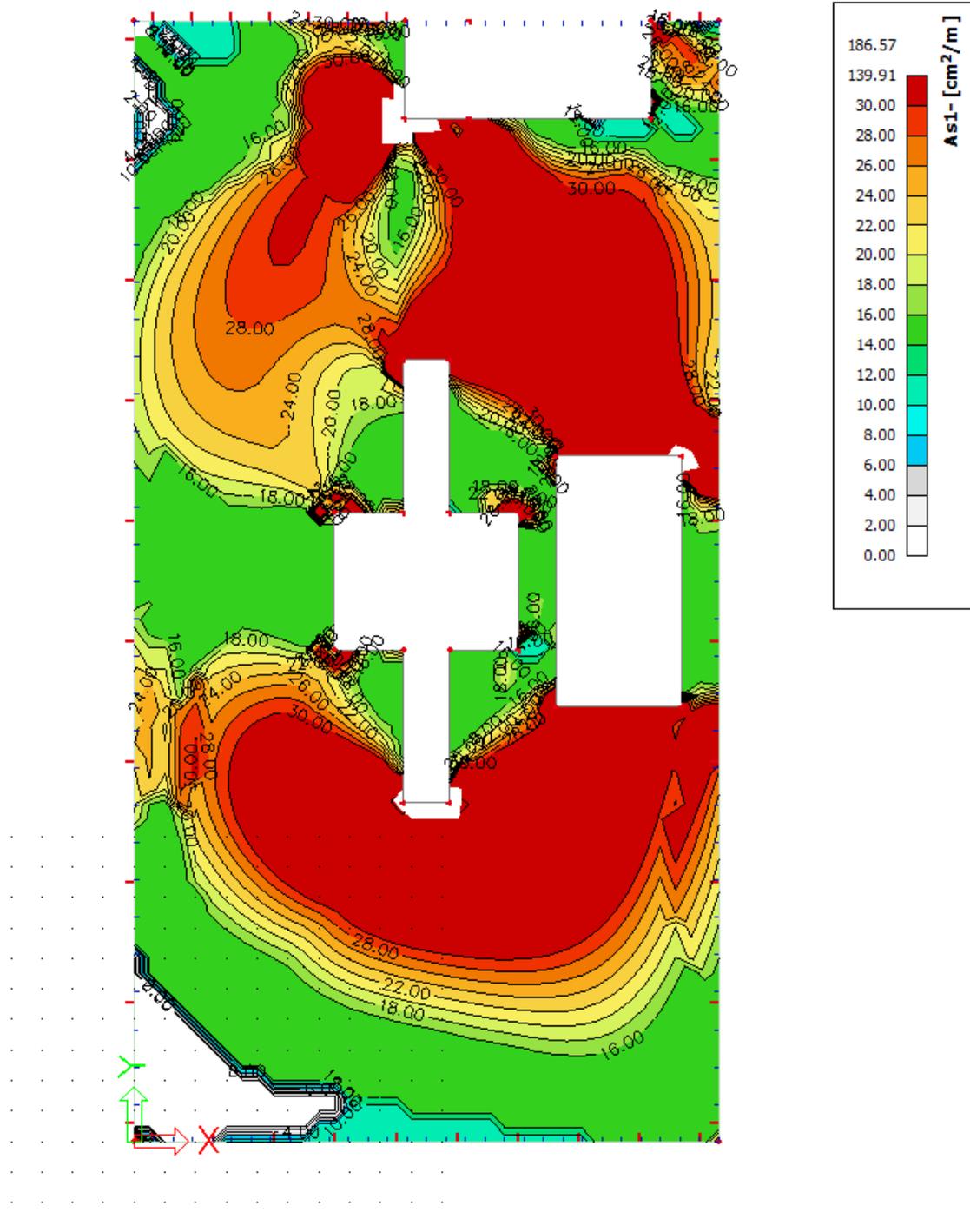
Armatura superiore in direzione 1.



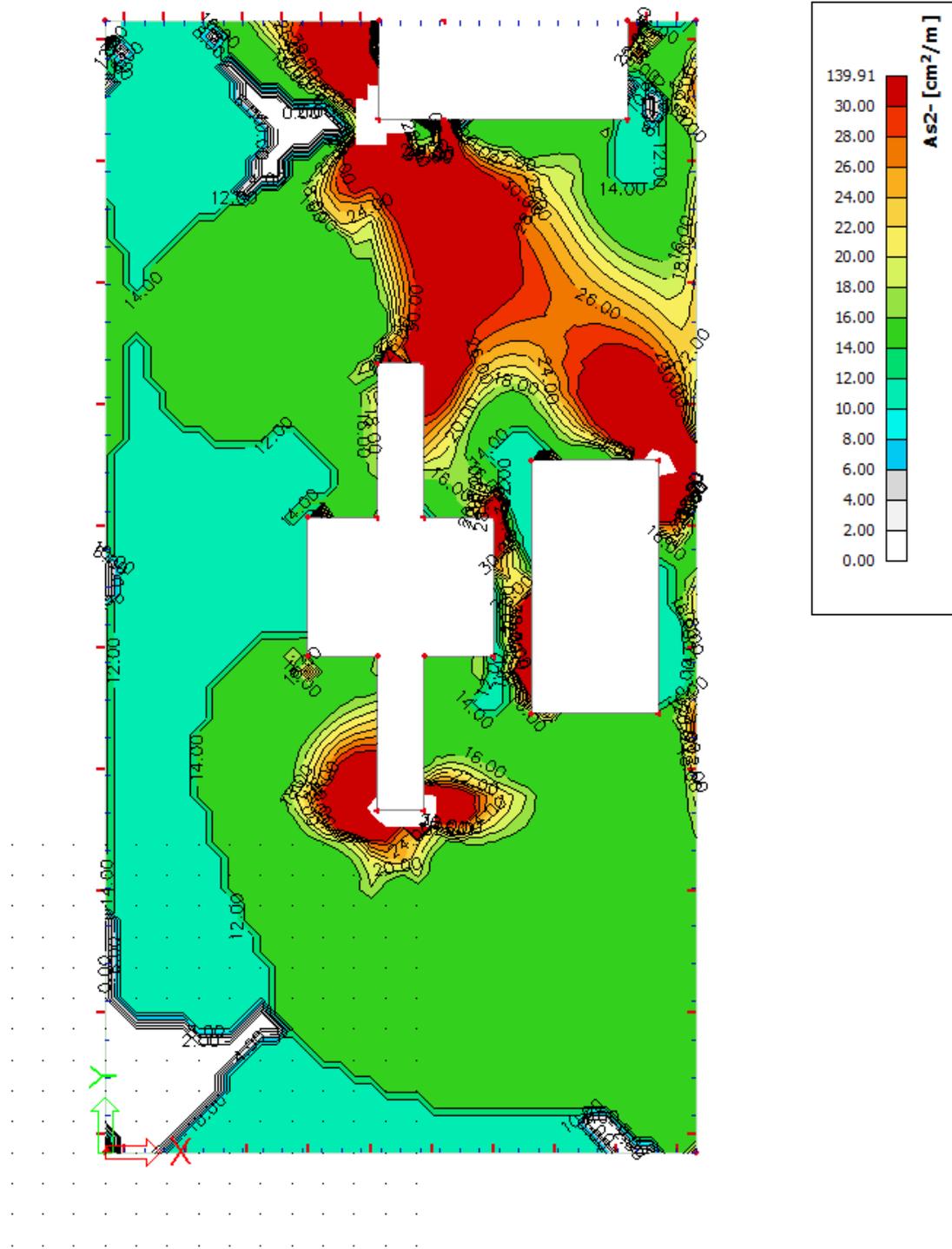
Armatura superiore in direzione 2.

12.4.4 Solaio quota -7,35 m

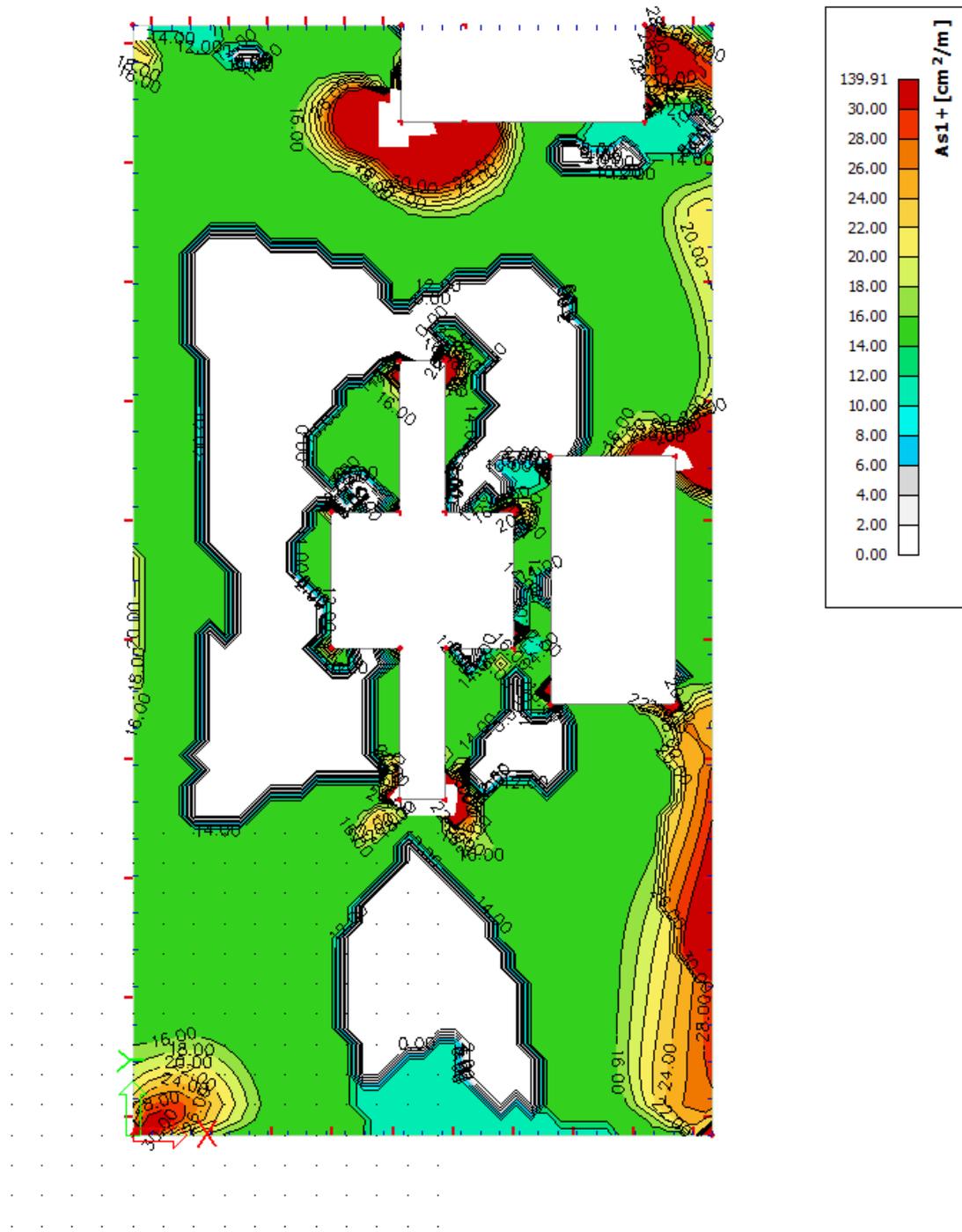
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



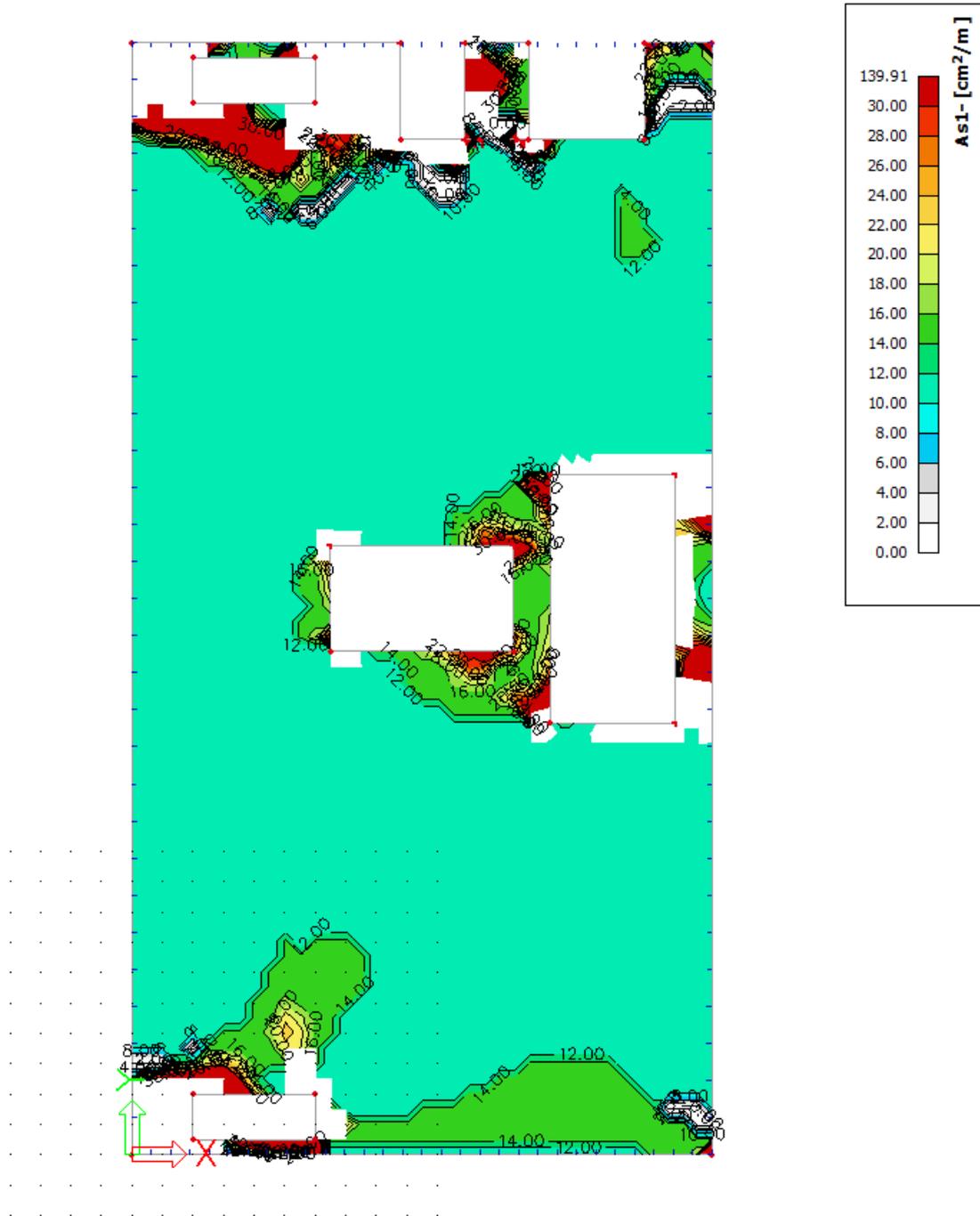
Armatura superiore in direzione 1.



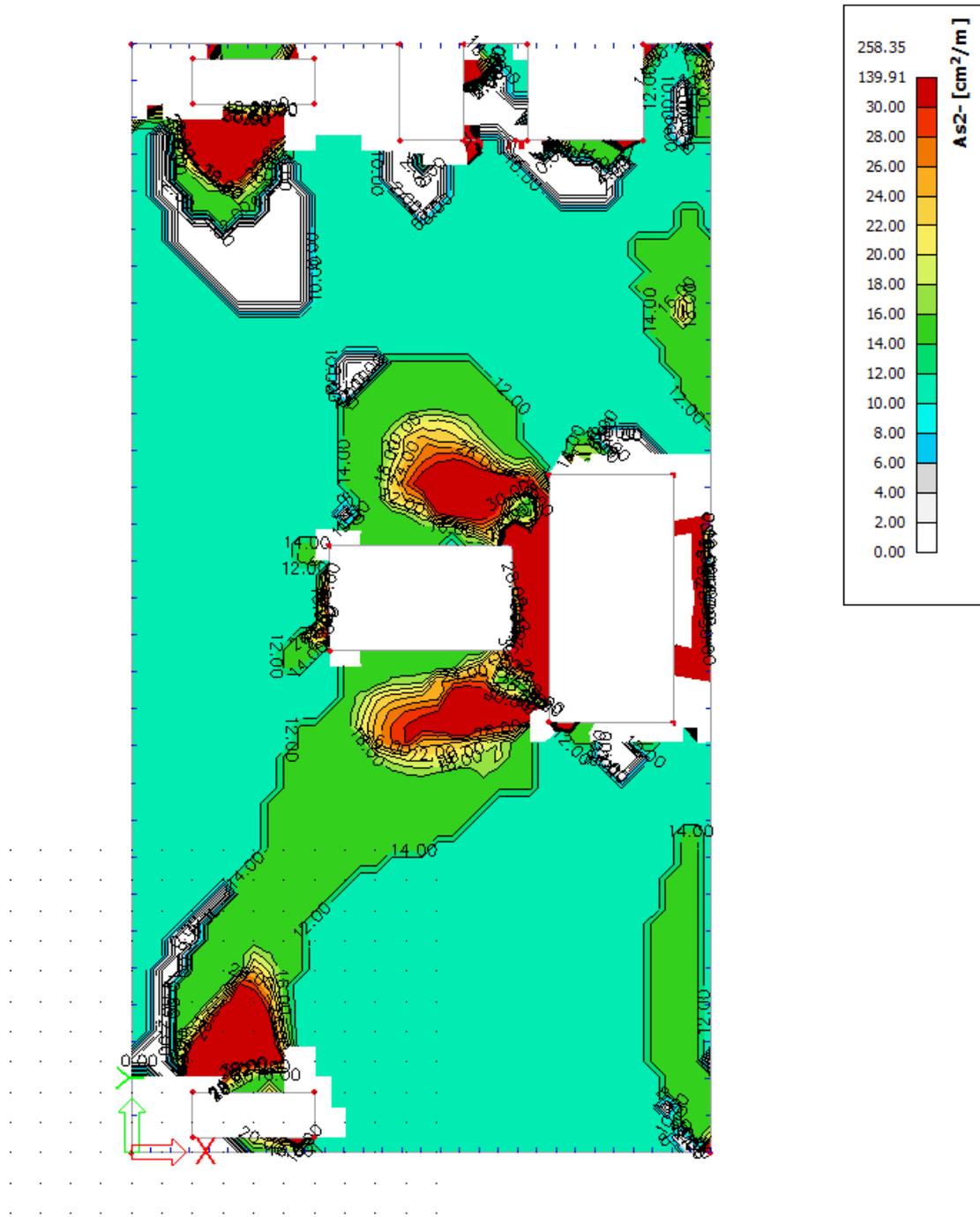
Armatura superiore in direzione 2.

12.4.5 Solaio quota -19,00 m

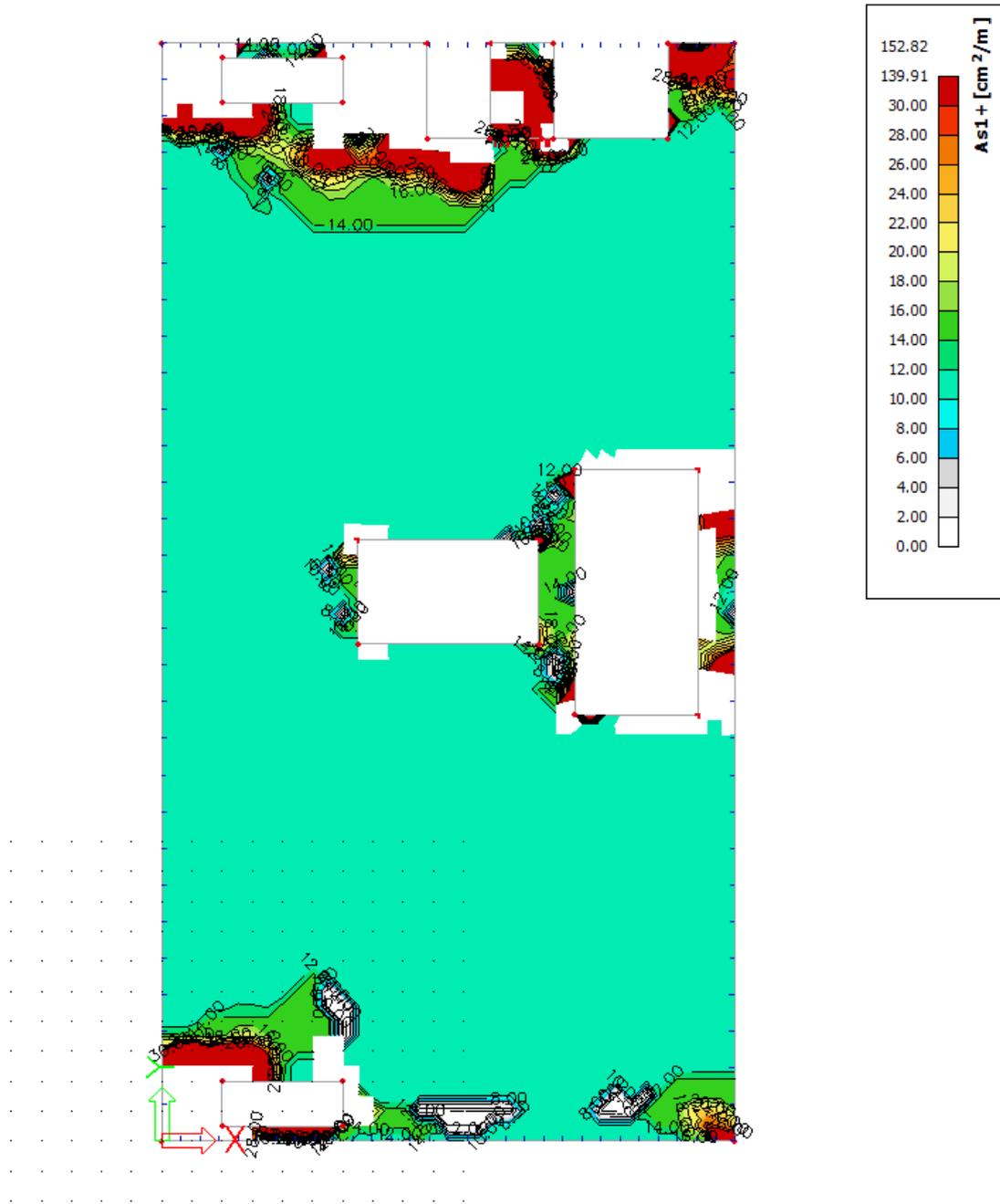
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm^2/m) sui due lati, lato aria e lato terreno, in direzione orizzontale e verticale.



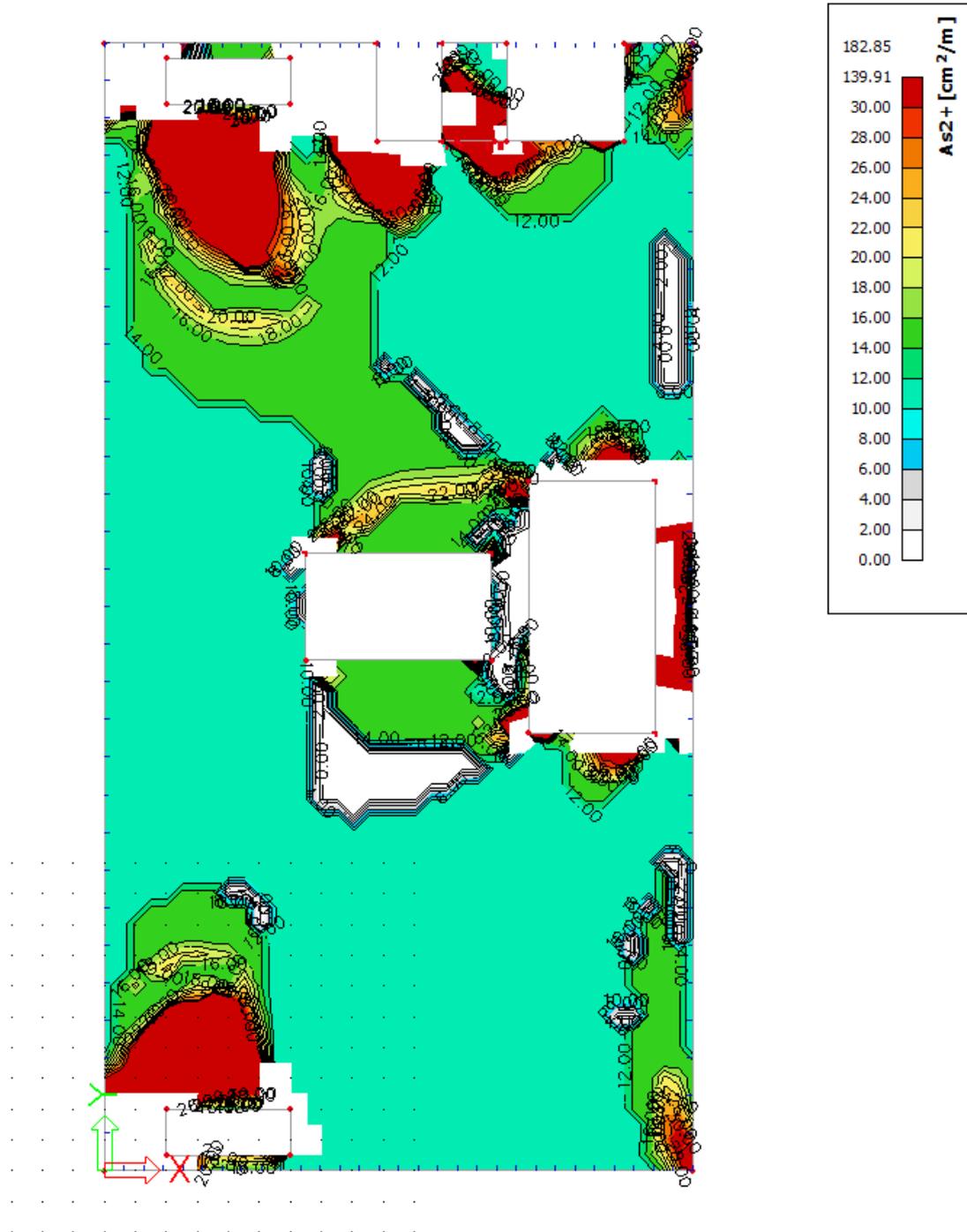
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

Malles Venosta (BZ), Bolzano, li 15.12.2022

Il tecnico

Dott. Ing. Ronald Patscheider

