



Committente

tecnici

## 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	MD 28.09.23	Varie.		PD-R.8
Controllato	b				
MD 28.09.23	c				
pagine 169	n. progetto 11-213	11_213_PSKW_Ruoti\stat\text\PD-R.8_rel_strutturale_02.docx			



Studio di Geologia e GeolIngegneria  
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](mailto: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](mailto: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](mailto:info@ipp.bz.it) – [www.patscheiderpartner.it](http://www.patscheiderpartner.it)

## Indice

<b>1. Introduzione</b> .....	<b>7</b>
1.1 Premessa .....	7
1.2 Riferimenti normativi e documentazione di riferimento .....	7
1.2.1 Riferimenti normativi .....	7
1.2.1.1 Normativa nazionale.....	7
1.2.1.2 Eurocodici.....	7
1.2.2 Documentazione di riferimento .....	7
<b>2. Materiali</b> .....	<b>8</b>
2.1 Calcestruzzo.....	8
2.2 Acciaio per strutture in c.a.....	9
2.3 Acciaio per carpenteria metallica .....	9
<b>3. Analisi dei carichi</b> .....	<b>9</b>
3.1 Carichi permanenti .....	9
3.2 Carichi variabili .....	10
3.2.1 Azione del vento .....	10
3.2.1.1 Invaso di monte .....	10
3.2.1.2 Invaso di valle.....	12
3.2.2 Azione della neve.....	14
3.2.2.1 Invaso di monte .....	14
3.2.2.2 Invaso di valle.....	15
<b>4. Coefficienti di sicurezza e combinazione delle azioni</b> .....	<b>17</b>
4.1 Coefficienti di sicurezza.....	17
4.2 Combinazione delle azioni .....	17
<b>5. Metodo di calcolo e verifica</b> .....	<b>19</b>
<b>6. Invaso di monte – Opera di presa</b> .....	<b>20</b>
6.1 Premessa .....	20
6.2 Carichi .....	20
6.2.1 Carichi permanenti.....	20
6.2.2 Carichi variabili.....	20
6.3 Modello di calcolo e carichi applicati .....	21
6.3.1 Modello di calcolo.....	21
6.3.2 Carichi applicati.....	21
6.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	22

6.4.1	Platea.....	22
6.4.2	Strutture galleria (scatolare).....	24
6.4.2.1	Solaio .....	24
6.4.2.2	Pareti .....	27
6.4.2.3	Fondazione.....	29
<b>7.</b>	<b>Invaso di monte - Edificio di servizio .....</b>	<b>30</b>
7.1	Premessa .....	30
7.2	Carichi .....	30
7.2.1	Carichi permanenti.....	30
7.2.2	Carichi variabili.....	31
7.3	Modello di calcolo e carichi applicati .....	31
7.3.1	Modello di calcolo.....	31
7.3.2	Carichi applicati.....	32
7.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	35
7.4.1	Solaio di copertura .....	35
7.4.2	Pareti piano terra.....	39
7.4.3	Solaio piano terra.....	42
7.4.4	Pareti piano interrato.....	45
7.4.5	Fondazioni .....	48
7.5	Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	50
7.5.1	Solaio di copertura .....	50
7.5.2	Solaio sul piano interrato.....	51
7.6	Pressioni sul terreno.....	52
<b>8.</b>	<b>Invaso di valle – Opera di presa/restituzione .....</b>	<b>53</b>
8.1	Premessa .....	53
8.2	Carichi .....	55
8.2.1	Carichi permanenti.....	55
8.2.2	Carichi variabili.....	55
8.3	Modello di calcolo e carichi applicati .....	55
8.3.1	Modello di calcolo.....	55
8.3.2	Carichi applicati.....	56
8.3.2.1	Sovraccarico permanente sulla fondazione.....	56
8.3.2.2	Sovraccarico permanente peso/spinta terreno .....	56
8.3.2.3	Sovraccarico variabile peso dell'acqua.....	57
8.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	58

8.4.1	Struttura ad imbuto verticale .....	58
<b>9.</b>	<b>Invaso di valle – Scarico di fondo .....</b>	<b>60</b>
9.1	Premessa .....	60
9.2	Carichi .....	60
9.2.1	Carichi permanenti .....	60
9.2.2	Carichi variabili.....	60
9.3	Modello di calcolo e carichi applicati .....	61
9.3.1	Modello di calcolo.....	61
9.3.2	Carichi applicati.....	62
9.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	63
9.4.1	Solaio.....	63
9.4.2	Pareti.....	64
9.4.3	Platea.....	66
<b>10.</b>	<b>Invaso di valle – Sfiatore di superficie .....</b>	<b>69</b>
10.1	Premessa .....	69
10.2	Carichi .....	70
10.2.1	Carichi permanenti .....	70
10.2.2	Carichi variabili.....	70
10.3	Modello di calcolo e carichi applicati .....	70
10.3.1	Modello di calcolo.....	70
10.3.2	Carichi applicati.....	71
10.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	72
10.4.1	Solaio galleria .....	72
10.4.2	Pareti galleria.....	74
10.4.3	Platea galleria .....	75
10.4.4	Struttura ad imbuto verticale .....	77
<b>11.</b>	<b>Invaso di valle - Bacino di dissipazione.....</b>	<b>79</b>
11.1	Premessa .....	79
11.2	Carichi .....	80
11.2.1	Carichi permanenti .....	80
11.2.2	Carichi variabili.....	80
11.3	Modello di calcolo e carichi applicati .....	80
11.3.1	Modello di calcolo.....	80
11.3.2	Carichi applicati.....	81
11.4	Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	82

11.4.1 Solaio .....	82
11.4.2 Pareti.....	84
11.4.3 Fondazioni (platee, travi rovesce) .....	85
<b>12. Invaso di valle - Centrale di produzione energia.....</b>	<b>87</b>
12.1 Premessa .....	87
12.2 Carichi .....	88
12.2.1 Carichi permanenti .....	88
12.2.2 Carichi variabili.....	88
12.3 Modello di calcolo e carichi applicati .....	88
12.3.1 Modello di calcolo.....	88
12.3.2 Carichi applicati.....	91
12.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	94
12.4.1 Solaio copertura edificio principale .....	94
12.4.1.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	94
12.4.1.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	99
12.4.2 Solaio copertura scarico di fondo.....	100
12.4.2.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	100
12.4.2.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	102
12.4.3 Solaio copertura locale trasformatori e solaio copertura ingresso.....	102
12.4.3.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	102
12.4.3.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	107
12.4.4 Solaio mezzanino locale ingresso (+504,50 m).....	107
12.4.4.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	107
12.4.4.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	110
12.4.5 Pareti esterne piano terra.....	110
12.4.6 Pareti esterne locale trasformatori .....	113
12.4.7 Solai livello ingresso (+498,00 m) .....	115
12.4.7.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	115
12.4.7.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	119
12.4.8 Platea locale trasformatori .....	120
12.4.9 Pareti esterne locale generatori e turbine da Livello ingresso a Livello -1.....	124
12.4.10 Solaio Livello -1 (+480,15 m).....	126
12.4.10.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU).....	126
12.4.10.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	130
12.4.11 Pareti esterne locale generatori e turbine da Livello -1 a Livello -2.....	131

12.4.12 Solaio Livello -2 (+453,15 m).....	133
12.4.12.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU).....	133
12.4.12.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE).....	137
12.4.13 Solaio Livello -3 (+447,05 m).....	138
12.4.14 Solaio Livello -4 (+440,95 m).....	140
12.4.15 Platea locale turbine – Livello -5 (+433,00 m) .....	142
12.5 Pressioni di contatto terreno-fondazioni.....	146
12.5.1 Platea locale trasformatori .....	146
12.5.2 Platea locale turbine – Livello – 5 (+433,00 m) .....	147
<b>13. Invaso di valle – Scarico sovrappressione.....</b>	<b>148</b>
13.1 Premessa .....	148
13.2 Carichi .....	148
13.2.1 Carichi permanenti .....	148
13.2.2 Carichi variabili.....	148
13.3 Modello di calcolo e carichi applicati .....	149
13.3.1 Modello di calcolo.....	149
13.3.2 Carichi applicati.....	150
13.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU) .....	153
13.4.1 Solaio di copertura .....	153
13.4.2 Pareti piano terra.....	154
13.4.3 Solaio piano terra .....	156
13.4.4 Pareti piano interrato.....	159
13.4.5 Fondazioni .....	160
13.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	163
13.5.1 Solaio di copertura .....	163
13.5.2 Solaio sul piano interrato.....	163
13.6 Pressioni sul terreno.....	164
<b>14. Invaso di monte – Ponti di servizio .....</b>	<b>165</b>
14.1 Premessa .....	165
14.2 Carichi .....	166
14.2.1 Carichi permanenti .....	166
14.2.2 Carichi variabili.....	166
14.3 Modello di calcolo e carichi applicati .....	167
14.4 Sollecitazioni e verifica degli Stati Limite Ultimi .....	167
14.5 Deformazioni e verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE) .....	168



## 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
- $f_{ctfm} = 3.07$  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
- $f_{ctfm} = 3.56$  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
$\alpha_R$ ( $T_R$ )			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

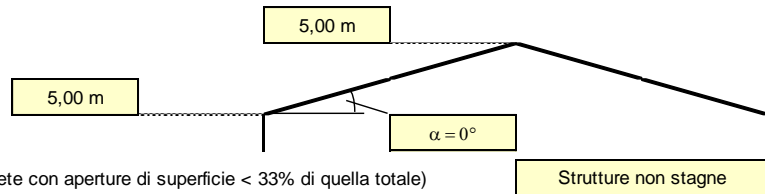
Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]
3	D	1080

Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>
II	0,19	0,05	4	1

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

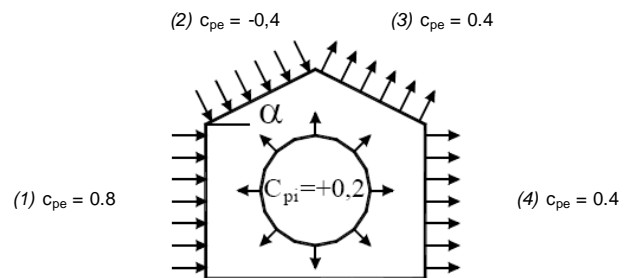
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

z [m]	c <sub>e</sub>
z ≤ 4	1,801
z = 5	1,929
z = 5	1,929

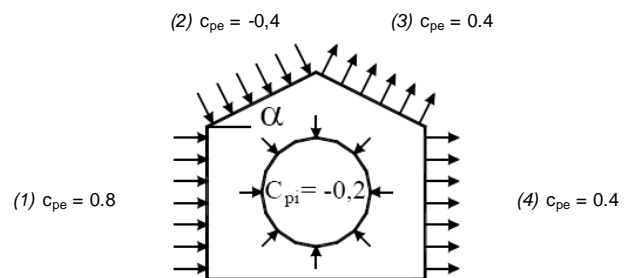


Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

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



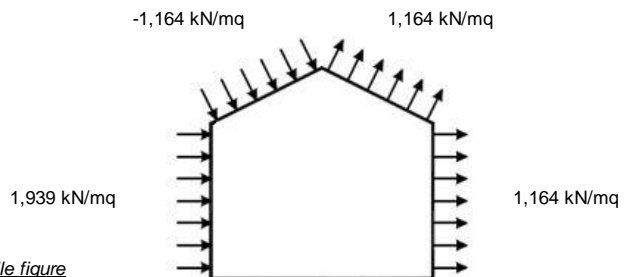
(1)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	1,00	1,939
(2)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	-0,20	-0,388
(3)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0,20	0,388
(4)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0,20	0,388



Combinazione più sfavorevole:

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

**N.B.** Se p (o c<sub>pe</sub>) 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 <sub>b,0</sub> [m/s]	a <sub>0</sub> [m]	k <sub>a</sub> [1/s]
3	27	500	0,37
a <sub>s</sub> (altitudine sul livello del mare [m])			498
T <sub>R</sub> (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 <sub>b</sub> (T <sub>R</sub> = 50 [m/s])			27,000
α <sub>R</sub> (T <sub>R</sub> )			1,039
v <sub>b</sub> (T <sub>R</sub> ) = v <sub>b</sub> × α <sub>R</sub> [m/s]			28,059



p (pressione del vento [N/mq]) = q <sub>b</sub> · c <sub>e</sub> · c <sub>p</sub> · c <sub>d</sub>
q <sub>b</sub> (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c <sub>e</sub> (coefficiente di esposizione)
c <sub>p</sub> (coefficiente di forma)
c <sub>d</sub> (coefficiente dinamico)

#### Pressione cinetica di riferimento

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

q <sub>b</sub> [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

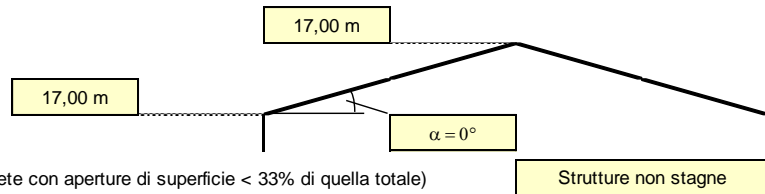
Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]
3	D	498

Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>
II	0,19	0,05	4	1

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

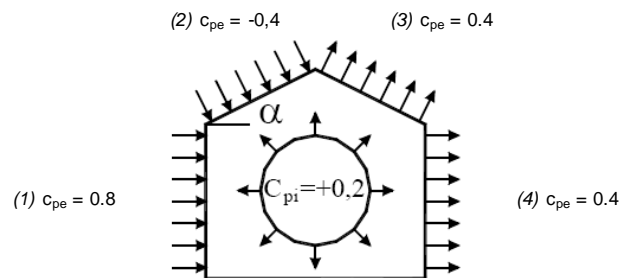
$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

z [m]	c <sub>e</sub>
z ≤ 4	1,801
z = 17	2,700
z = 17	2,700

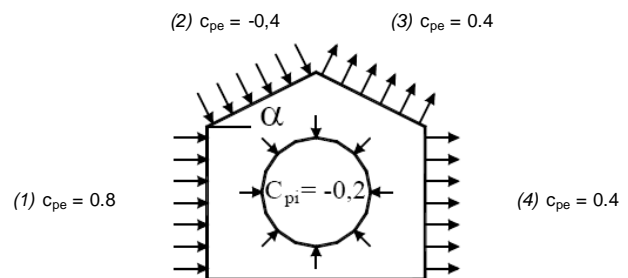


Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

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



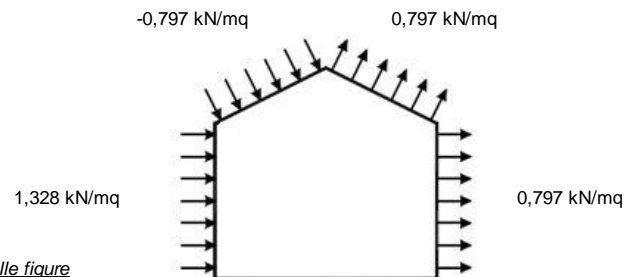
(1)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	1,00	1,328
(2)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	-0,20	-0,266
(3)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0,20	0,266
(4)	c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
	0,20	0,266



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

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

$q_s$ (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$ $\mu_i$ (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

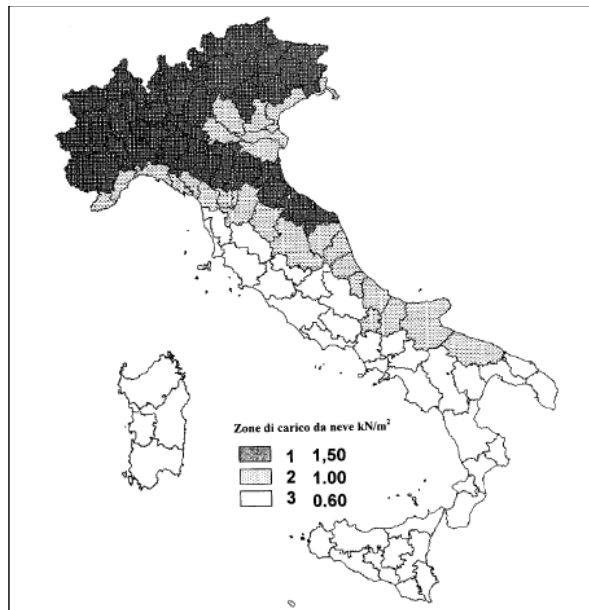
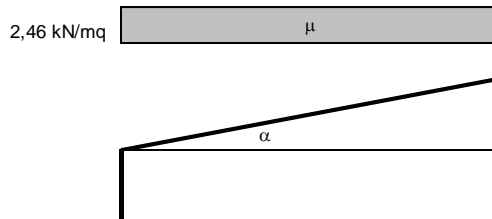
**Valore del carico della neve al suolo**

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

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

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

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

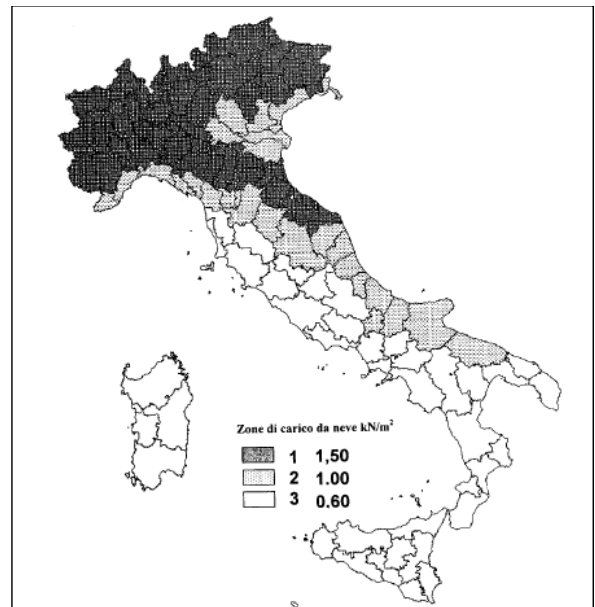
$q_s$  (carico neve sulla copertura [N/mq]) =  $\mu_i q_{sk} C_E C_t$   
 $\mu_i$  (coefficiente di forma)  
 $q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])  
 $C_E$  (coefficiente di esposizione)  
 $C_t$  (coefficiente termico)

**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 <sub>E</sub>
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

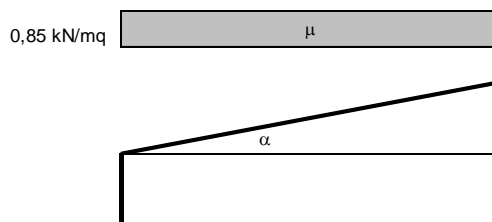
**Valore del carico della neve al suolo**

q <sub>s</sub> (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. 2.6.1** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	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	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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

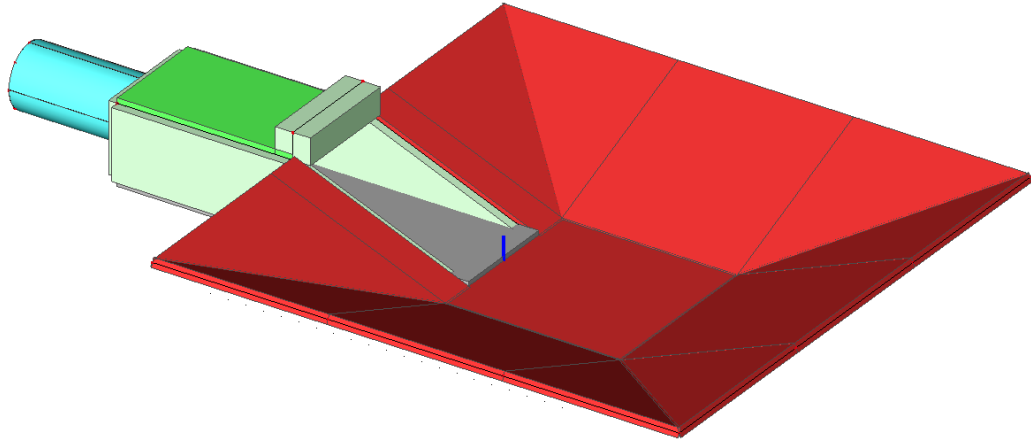
Sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=10,0 \text{ kN/m}^3$ .

Pressione sulla platea:  $q=140-180 \text{ kN/m}^2$

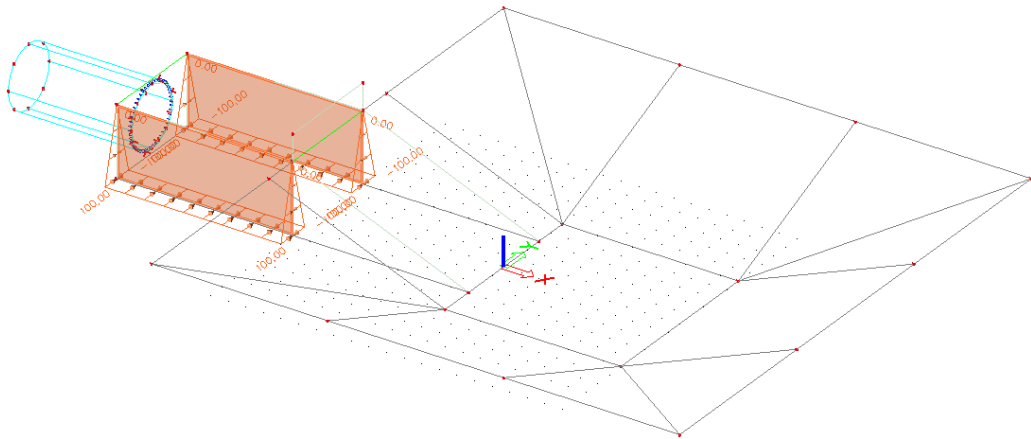
Pressione sul solaio galleria:  $q=140 \text{ kN/m}^2$

## 6.3 Modello di calcolo e carichi applicati

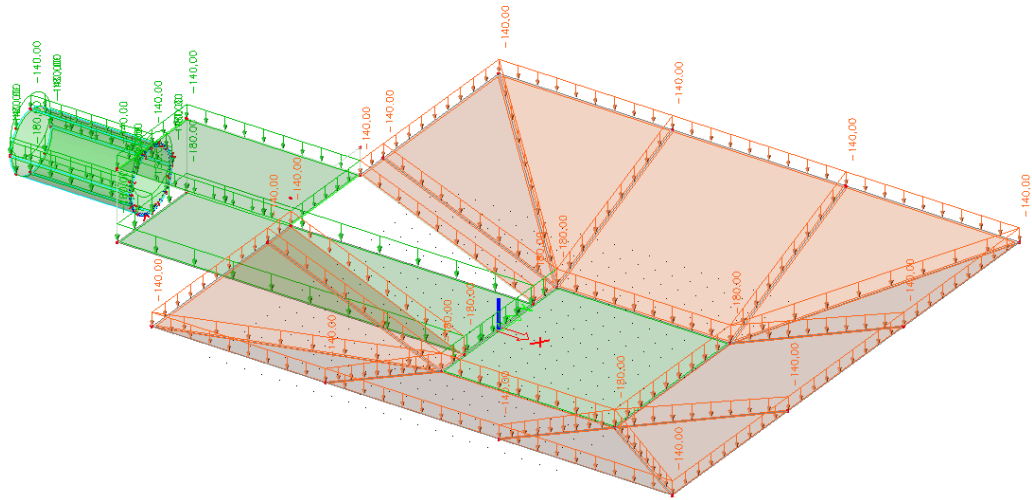
### 6.3.1 Modello di calcolo



### 6.3.2 Carichi applicati



Peso, spinta del terreno.

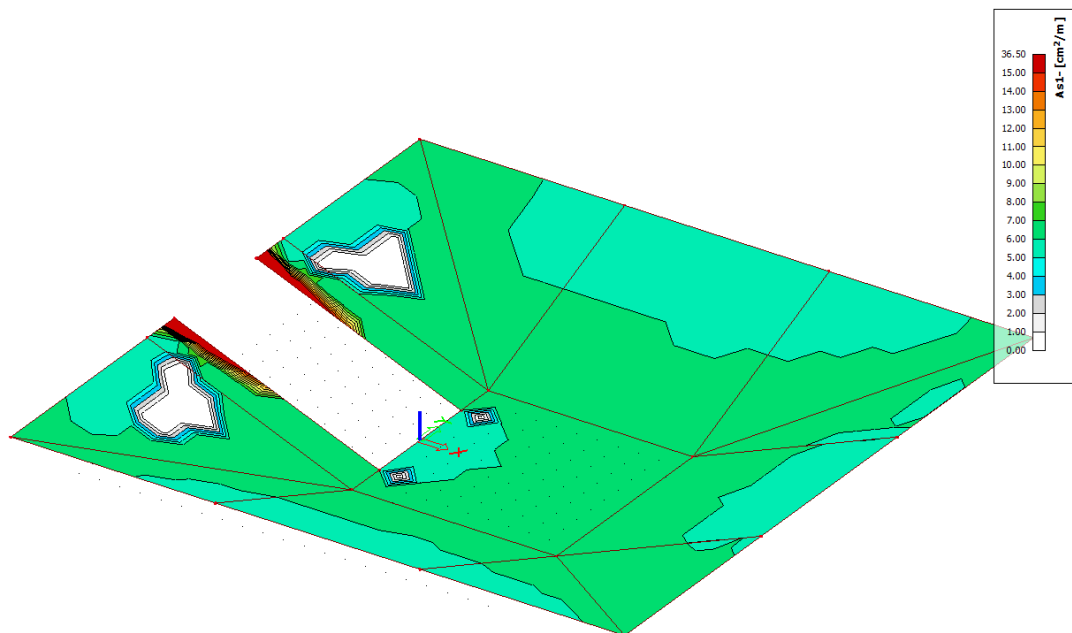


Peso, spinta dell'acqua.

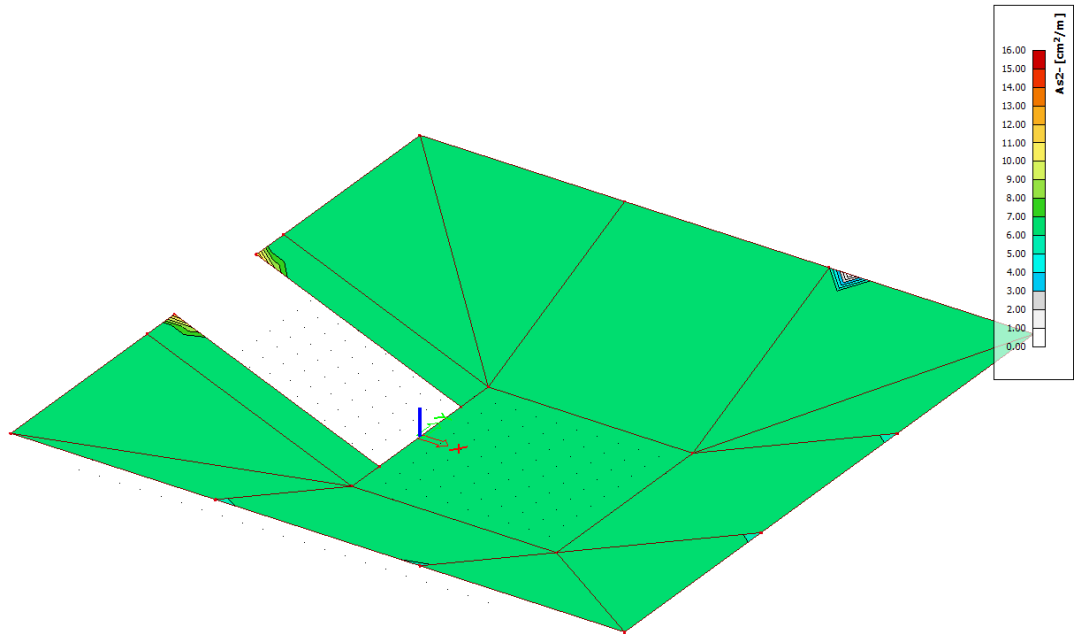
## 6.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 6.4.1 Platea

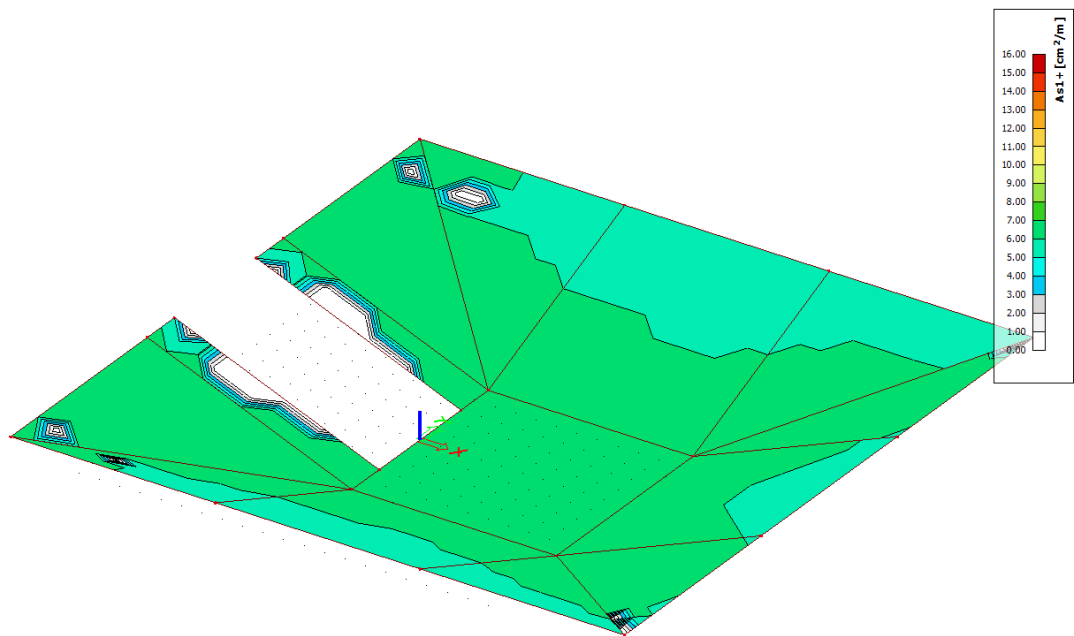
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



Armatura inferiore in direzione 1.

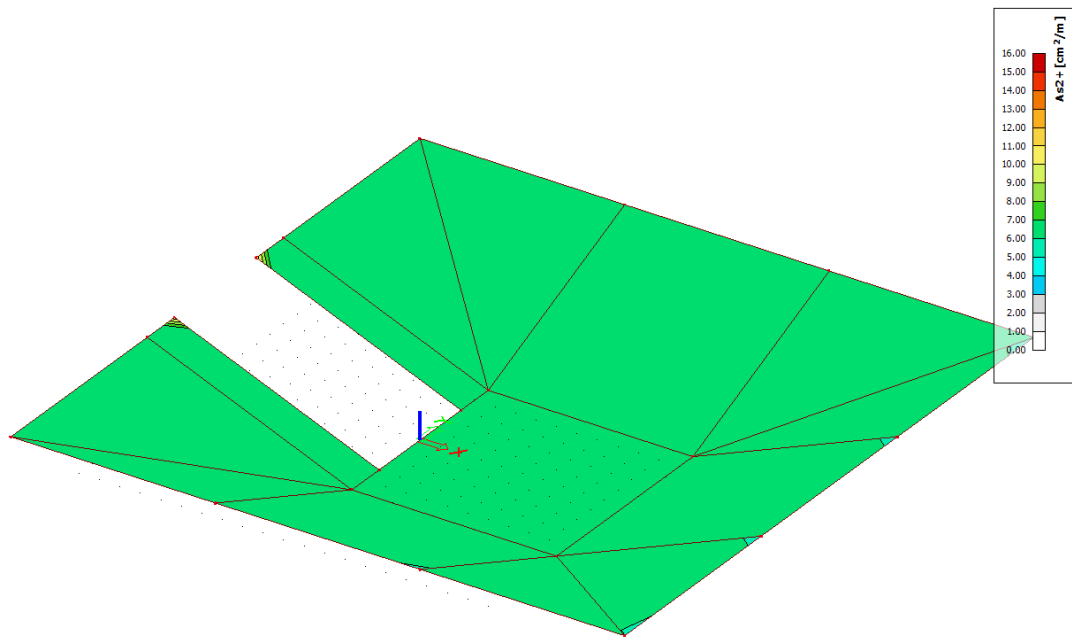


Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



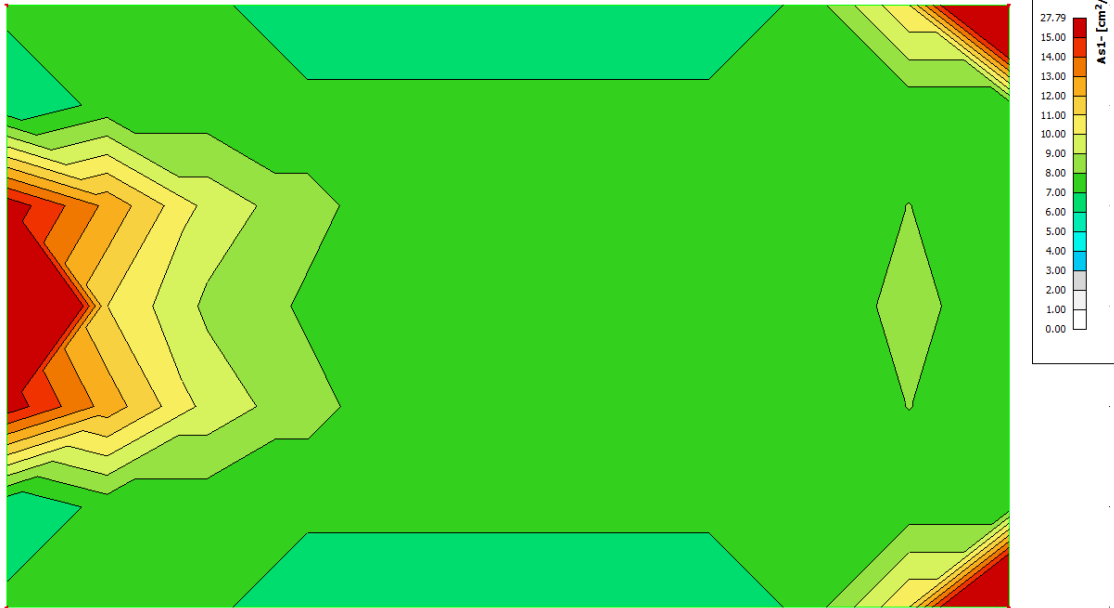


Armatura superiore in direzione 2.

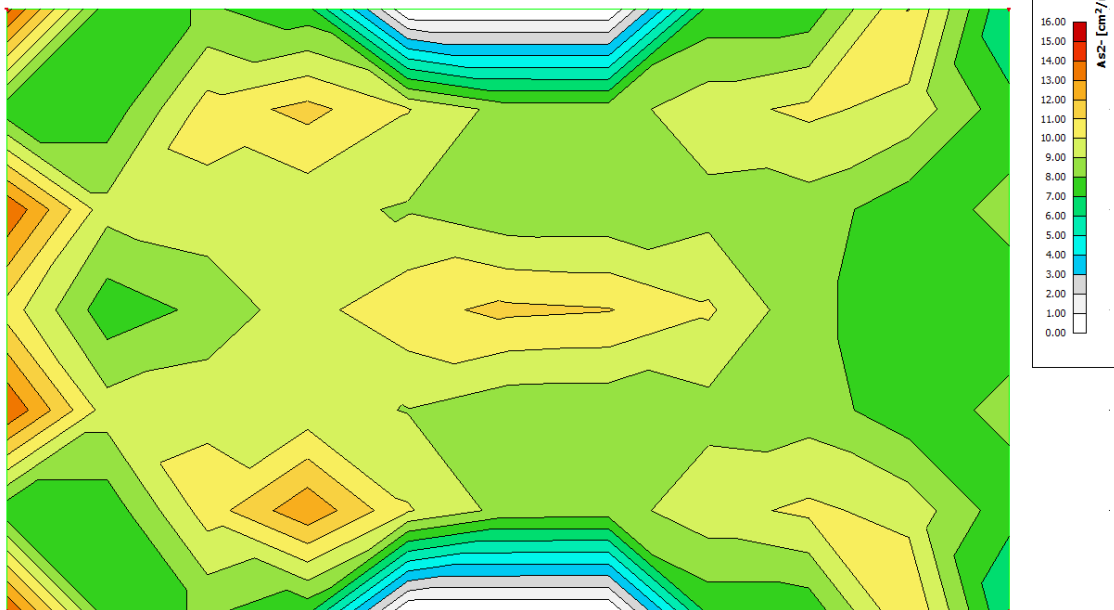
## 6.4.2 Strutture galleria (scatolare)

### 6.4.2.1 Solaio

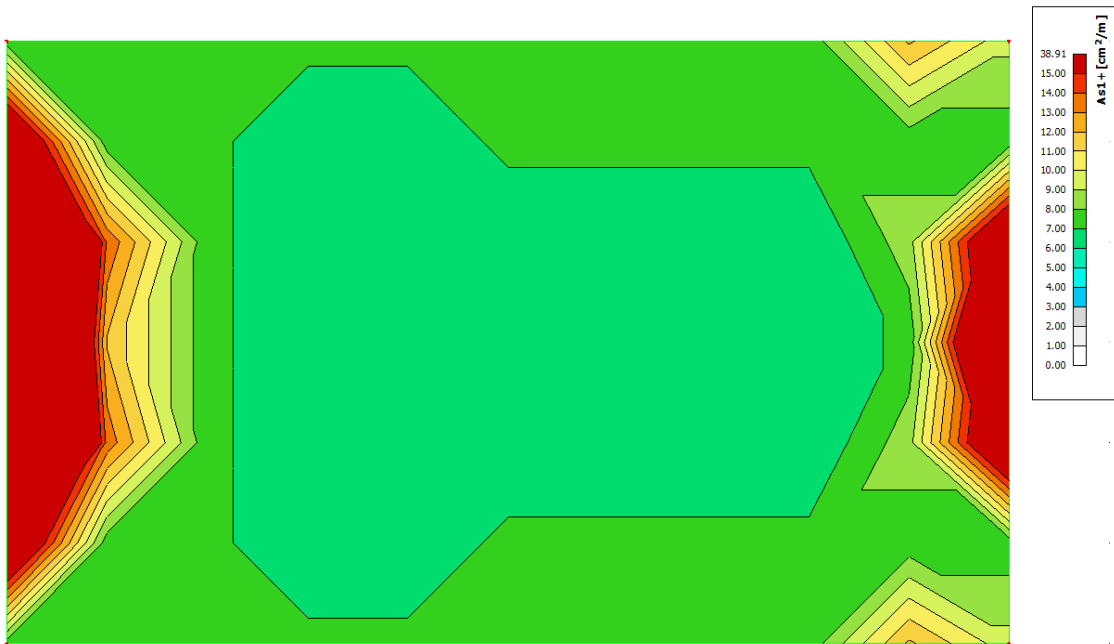
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



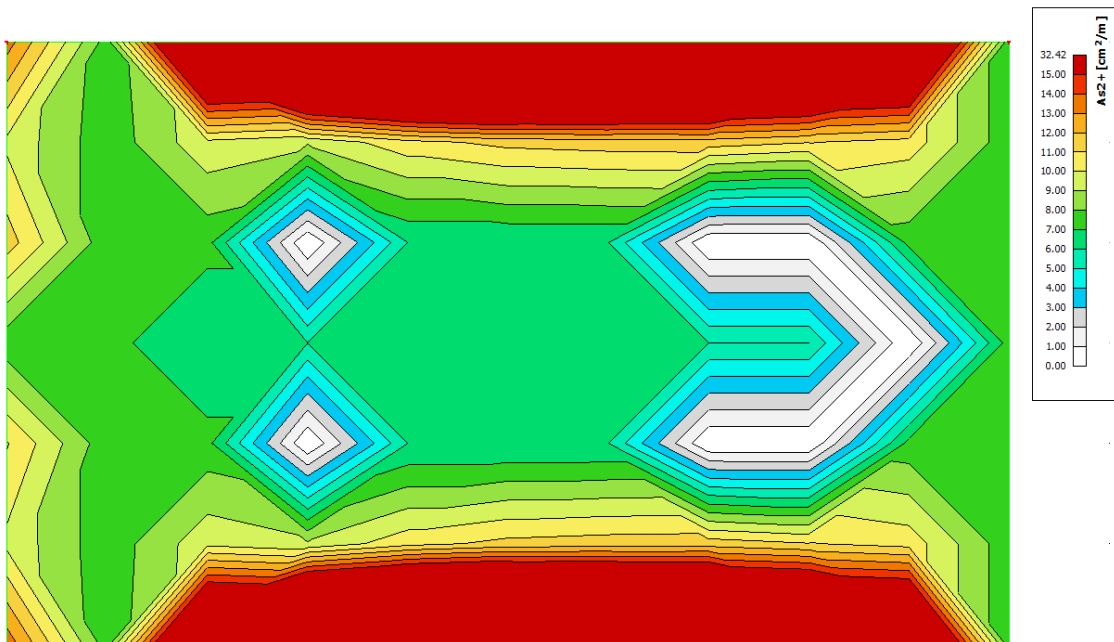
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



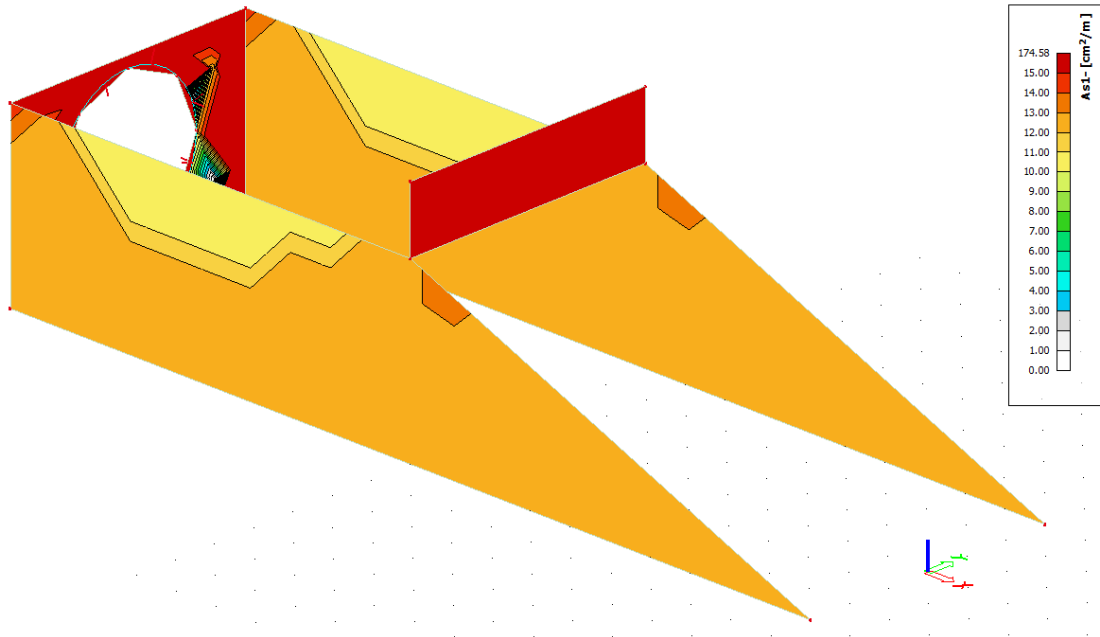
Armatura superiore in direzione 1.



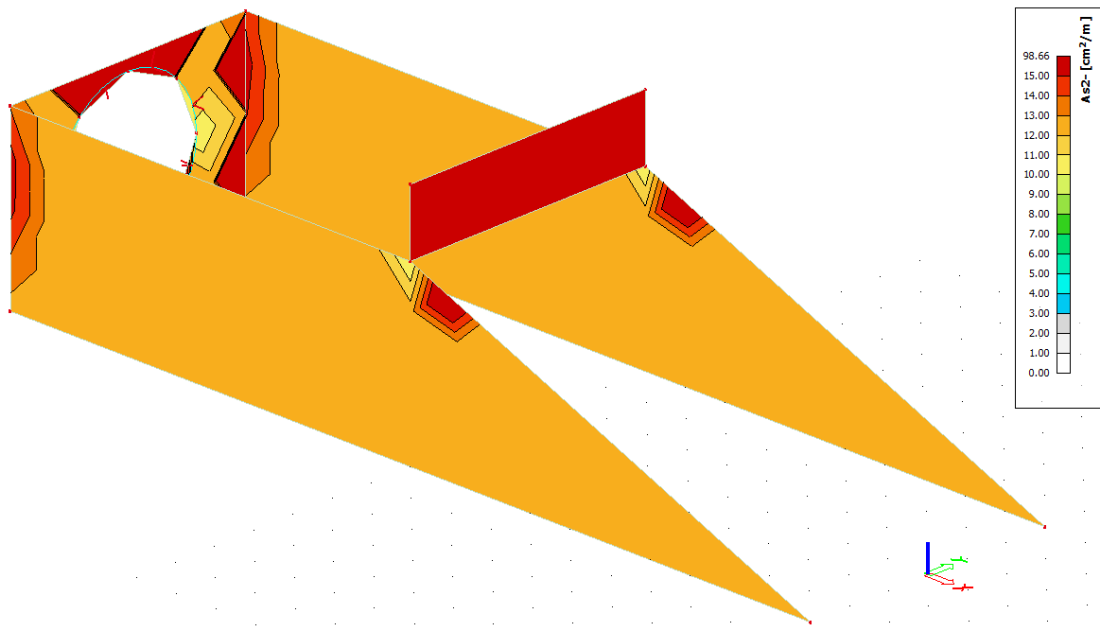
Armatura superiore in direzione 2.

### 6.4.2.2 Pareti

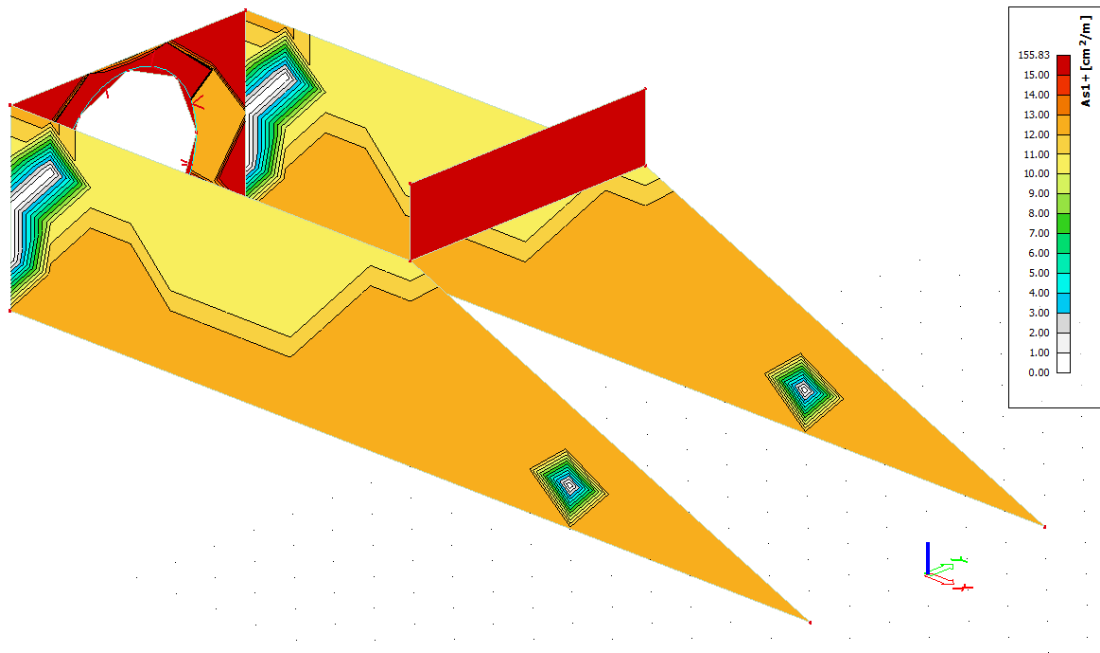
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



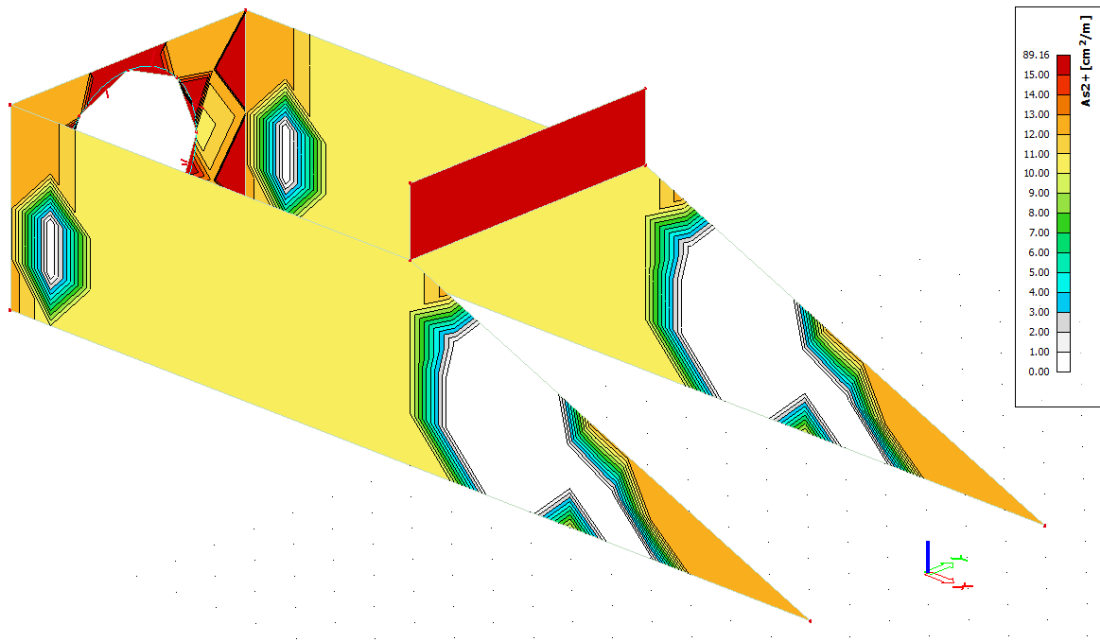
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



Armatura lato aria in direzione orizzontale.



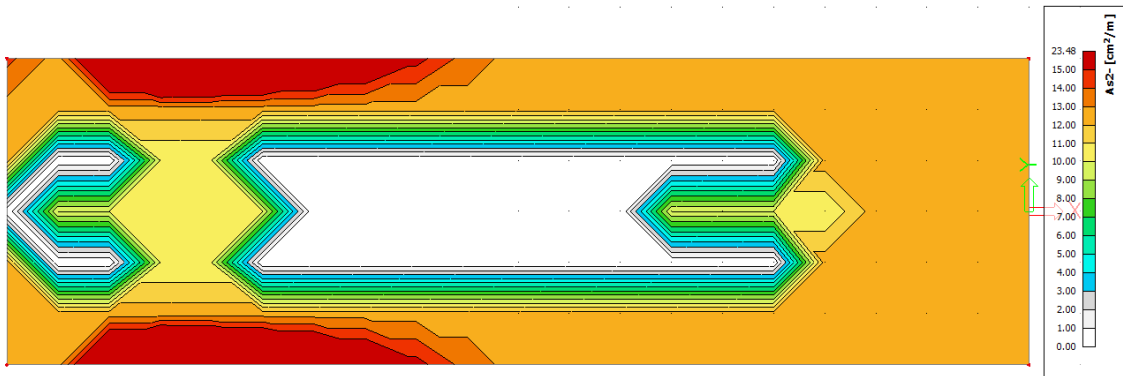
Armatura lato aria in direzione orizzontale.

### 6.4.2.3 Fondazione

Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) 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 accede 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  $g_3 = 20 \times 0,5 = 10,00 \text{ kN/m}^2$

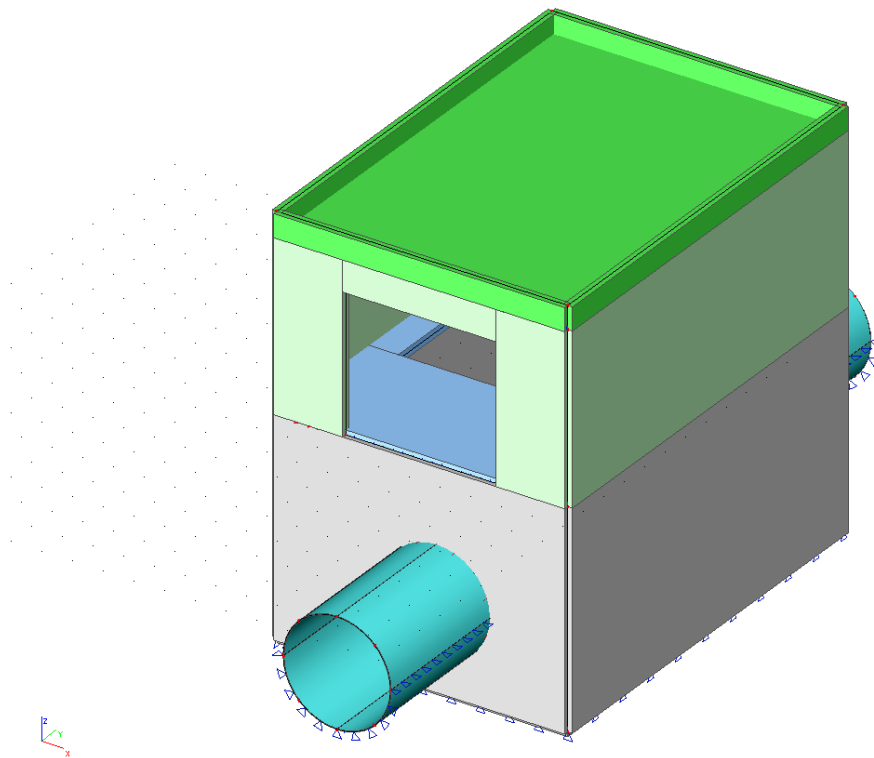
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$  e un coefficiente di spinta attiva  $k_a=0,3$ .

### 7.2.2 Carichi variabili

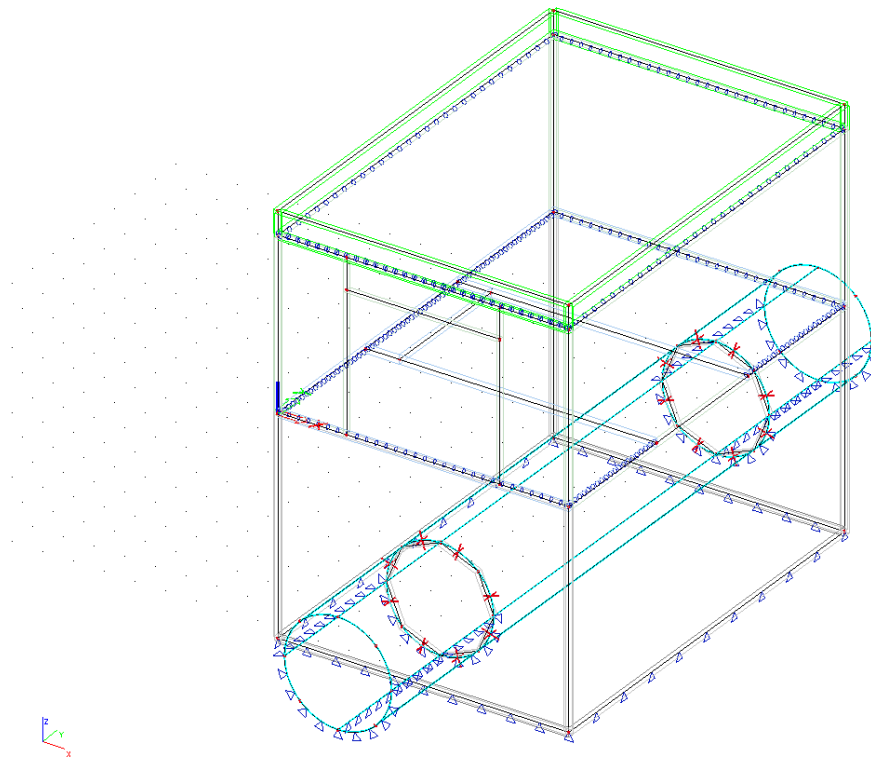
Sovraccarico variabile sulla platea	$q_1 =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile sul solaio del piano terra	$q_2 =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile sul solaio di copertura	$q_3 =$	1,00 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile neve	$q_4 =$	3,08 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile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

### 7.3 Modello di calcolo e carichi applicati

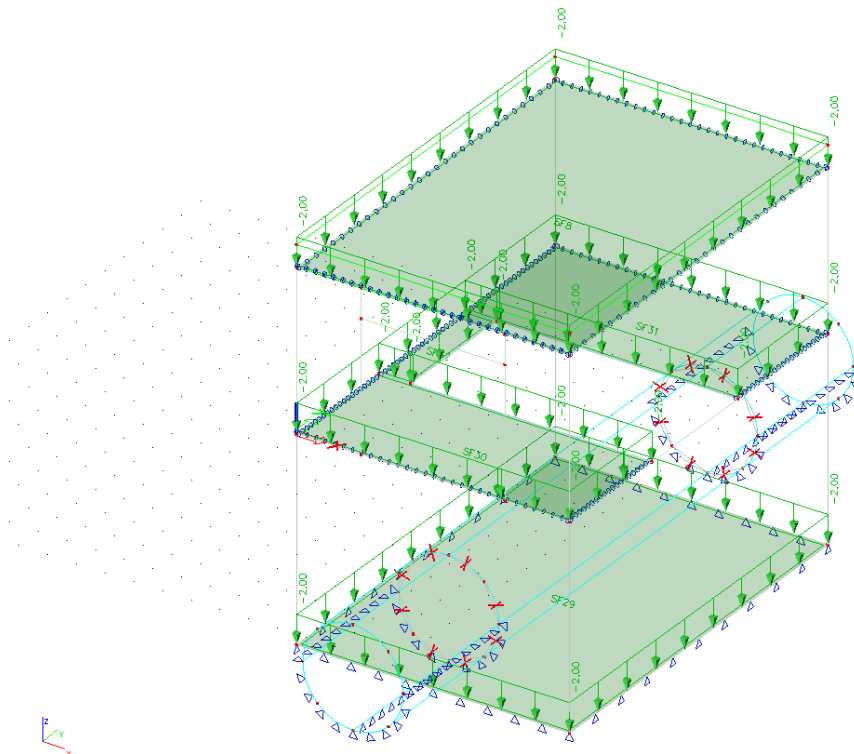
#### 7.3.1 Modello di calcolo



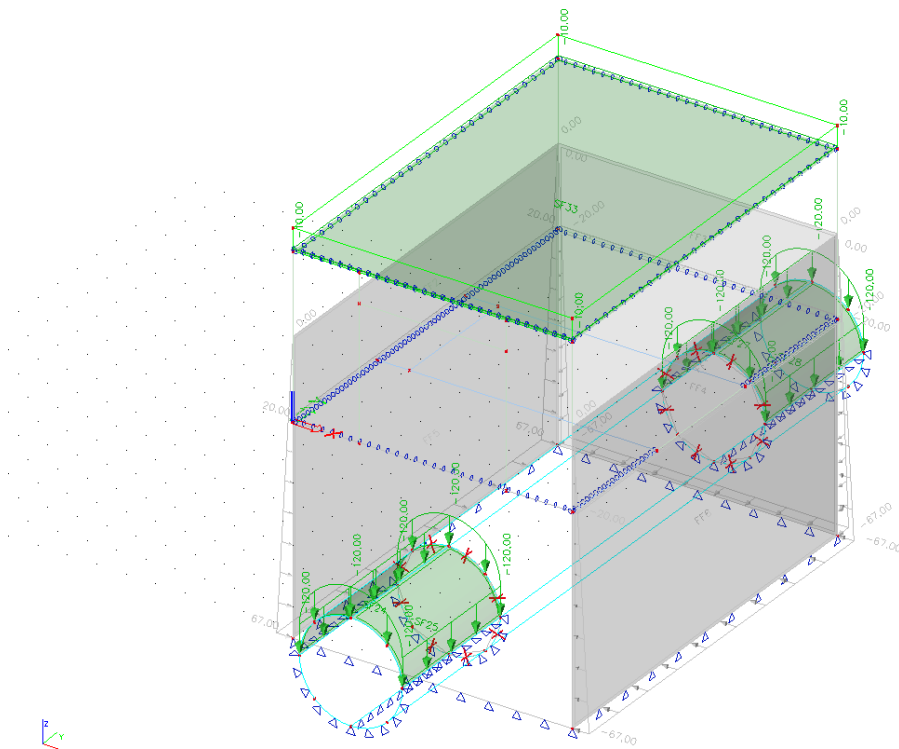




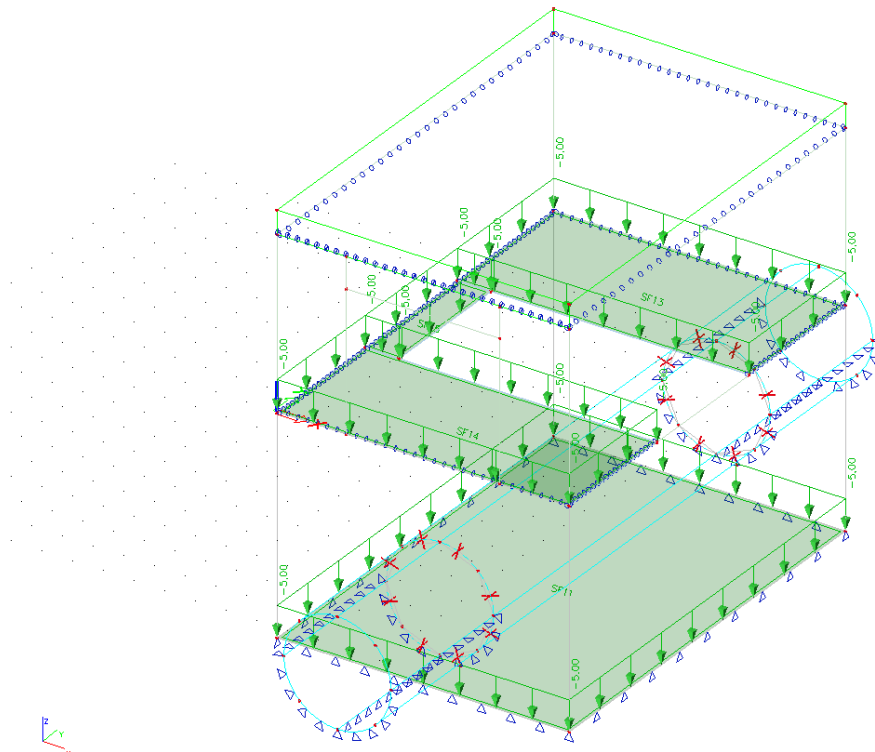
### 7.3.2 Carichi applicati



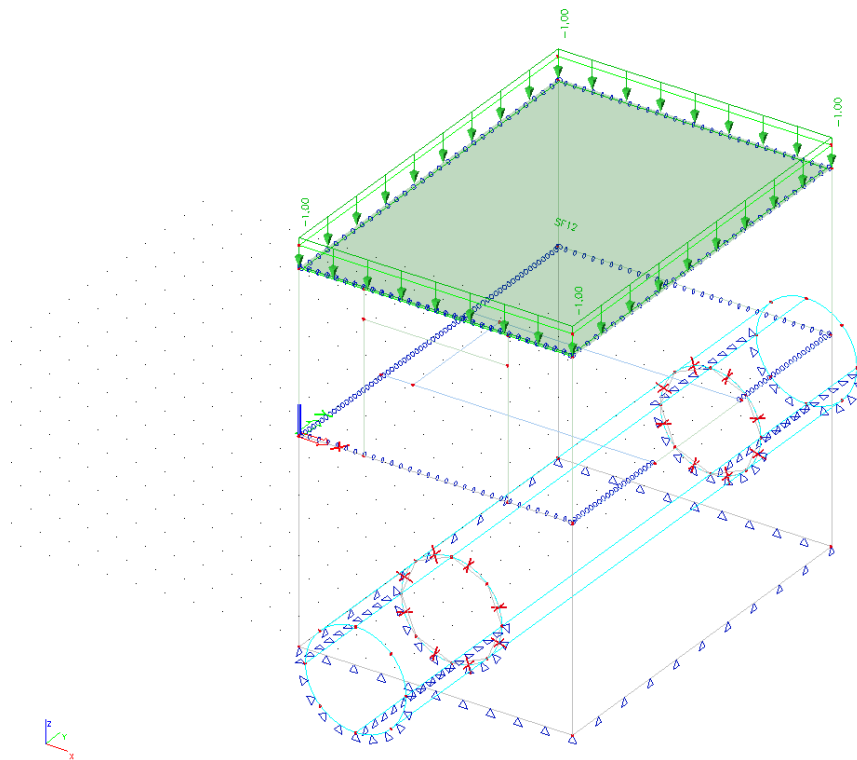
Sovraccarichi permanenti solai.



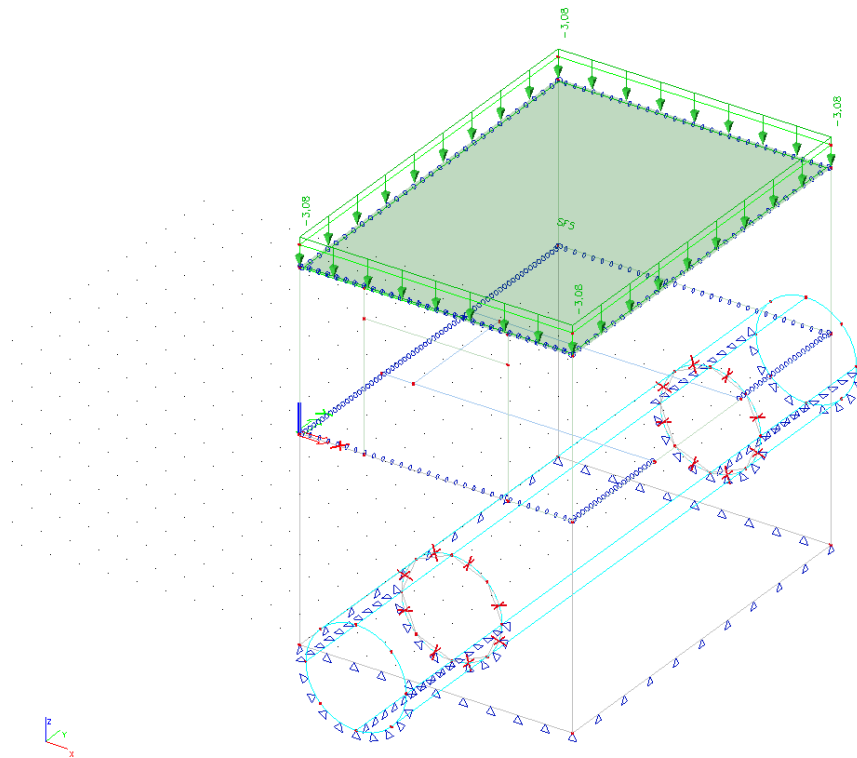
Sovraccarichi permanenti: peso e spinta del terreno.



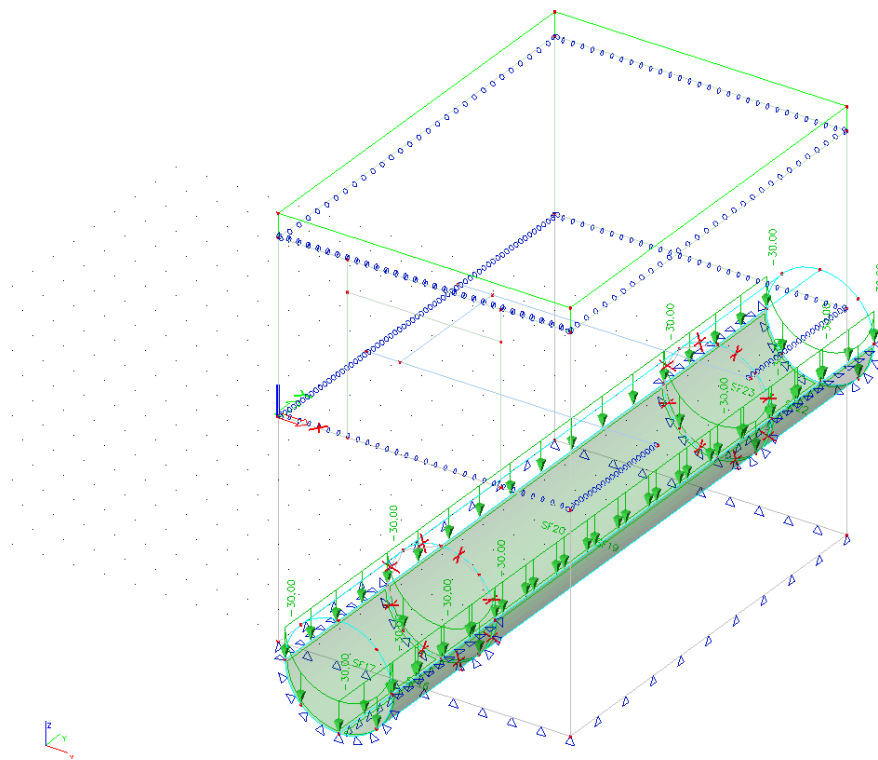
Sovraccarichi variabili di servizio.



Sovraccarichi variabile copertura.



Sovraccarico variabile neve.

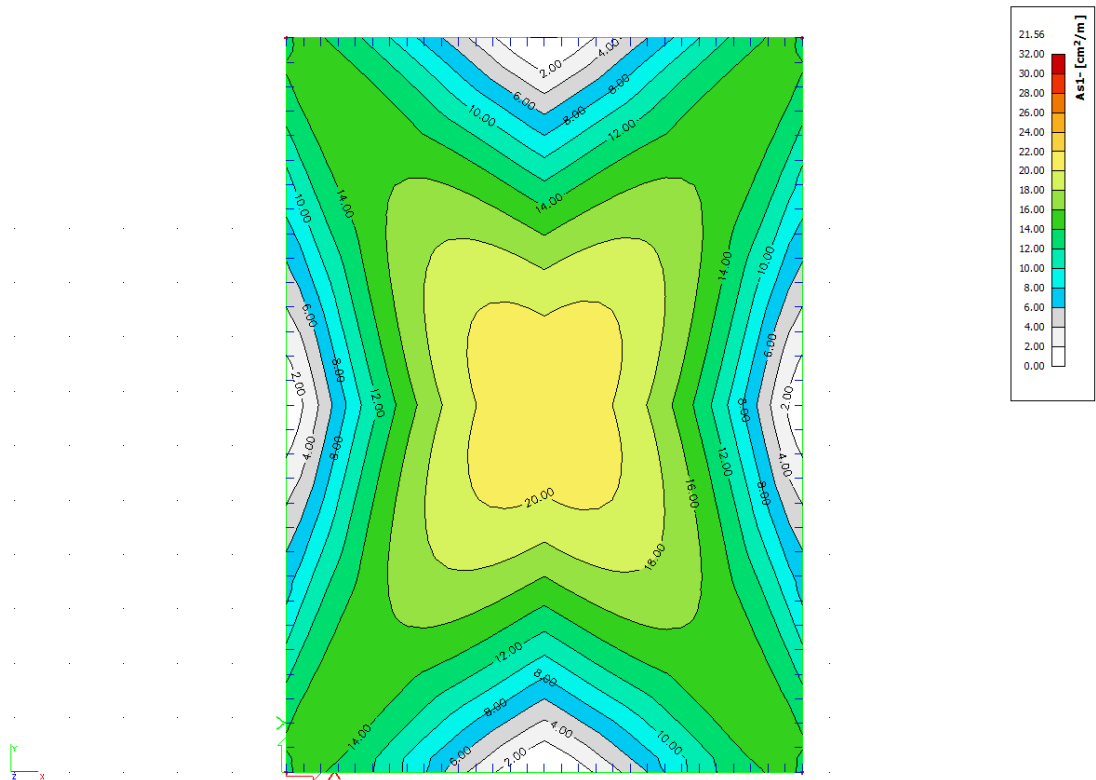


Sovraccarico variabile acqua.

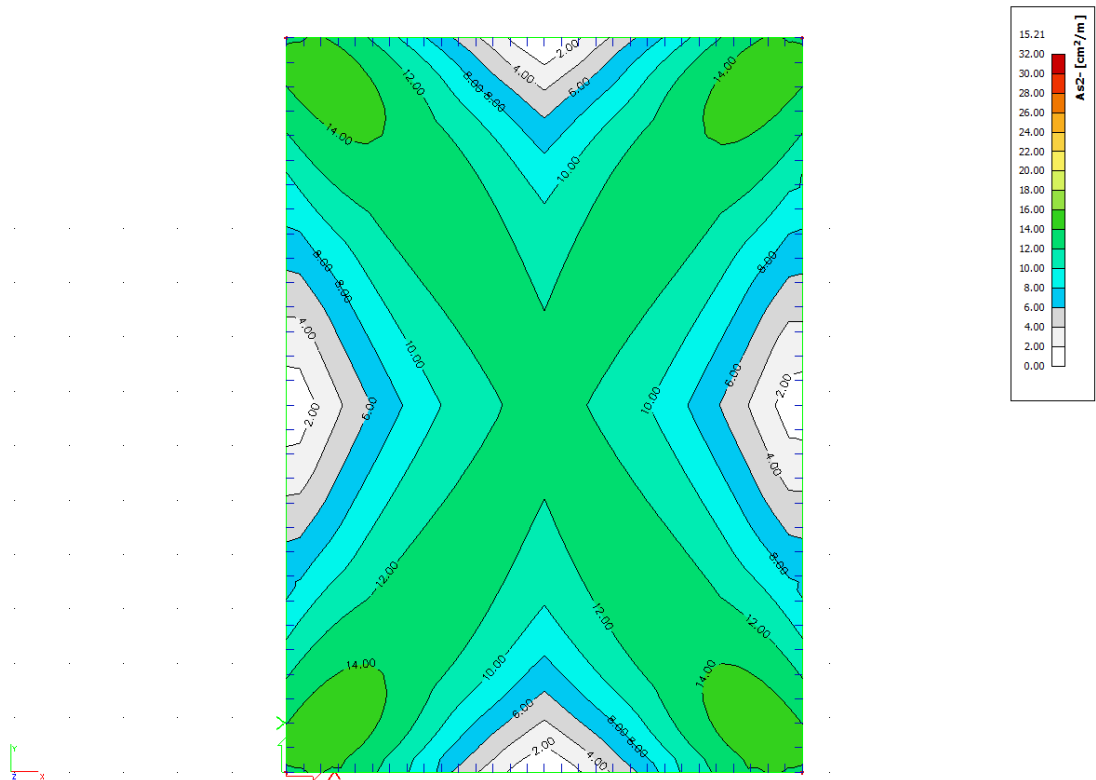
## 7.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 7.4.1 Solaio di copertura

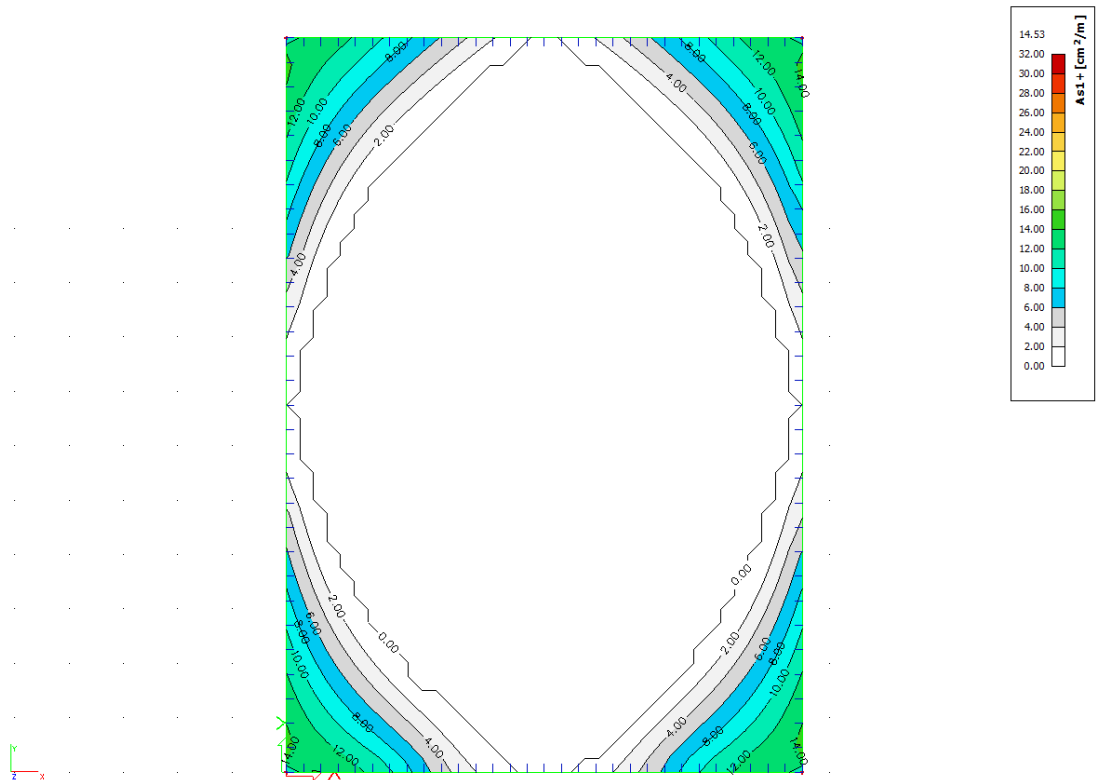
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



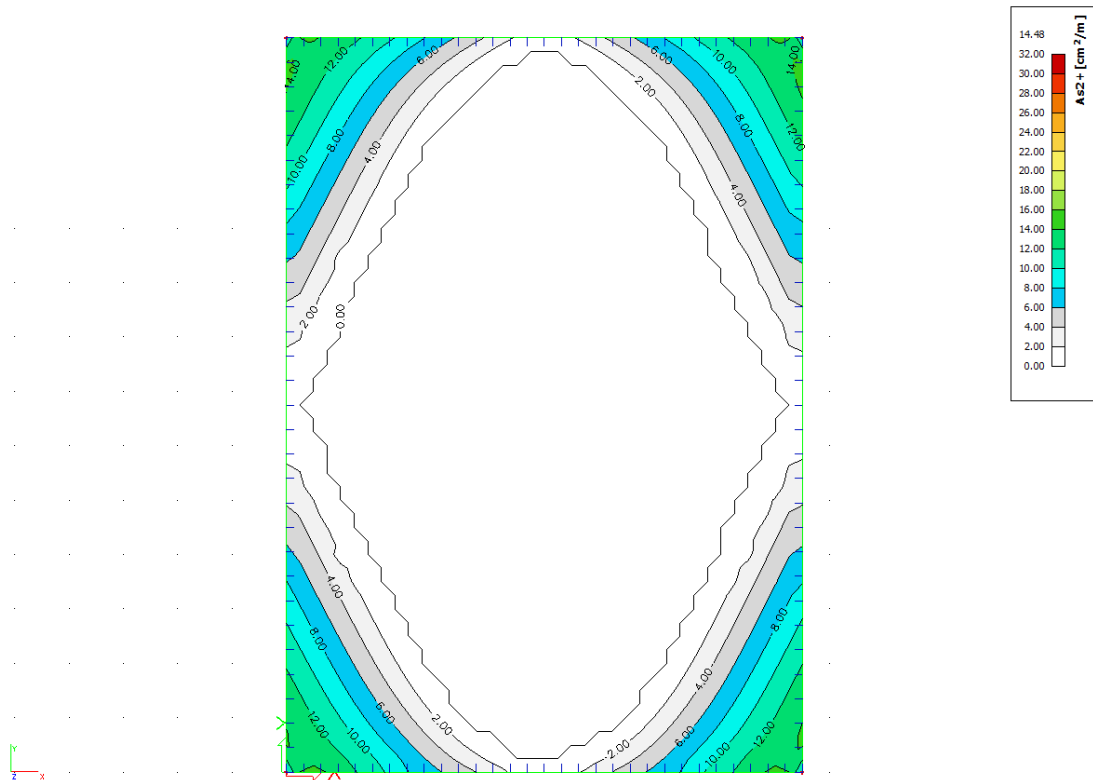
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.

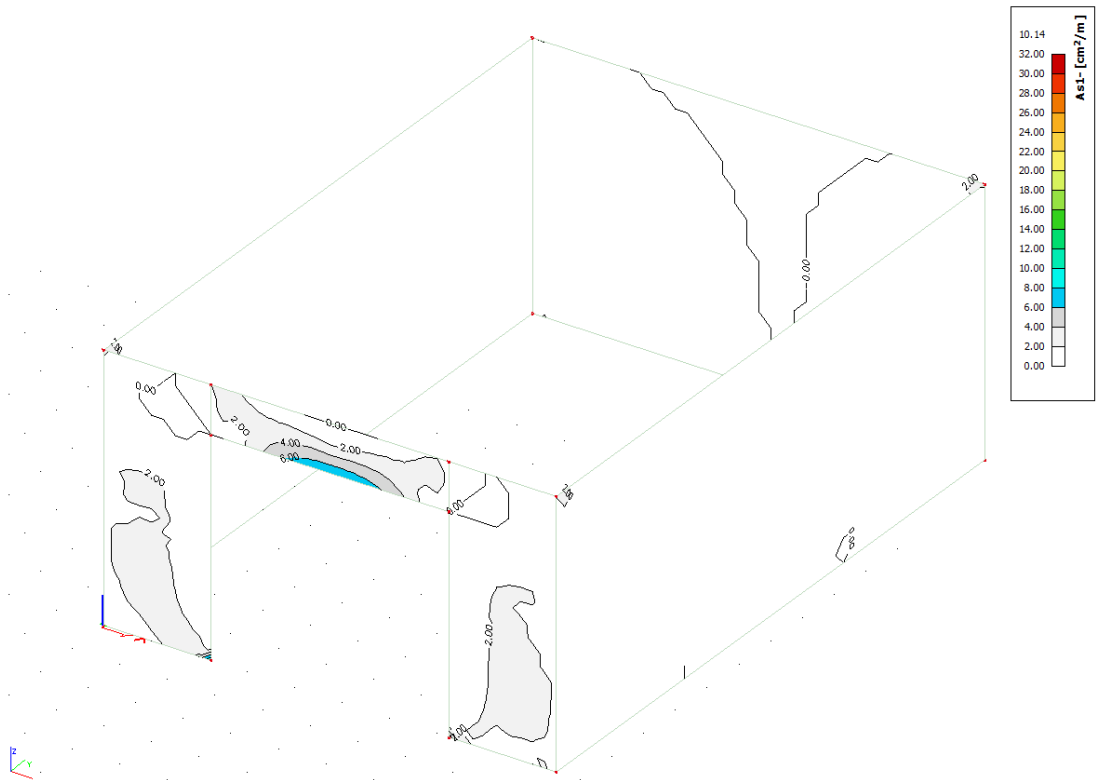


Armatura superiore in direzione 2.

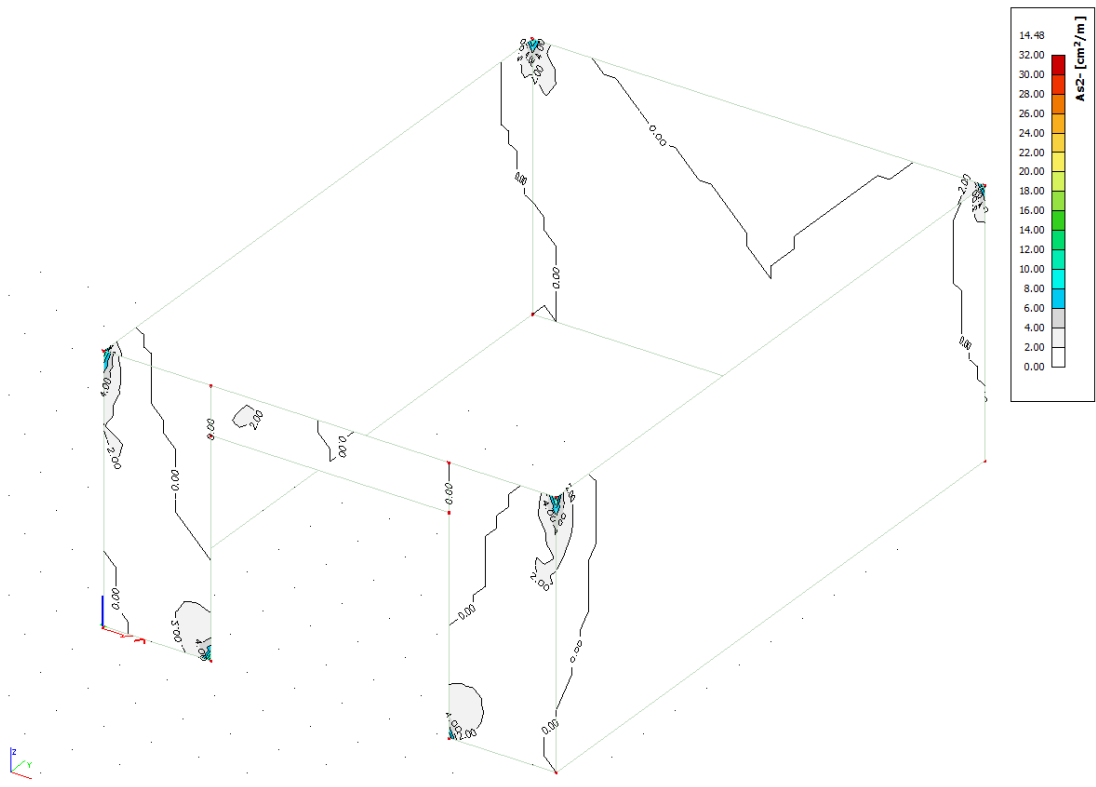
#### 7.4.2 Pareti piano terra

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

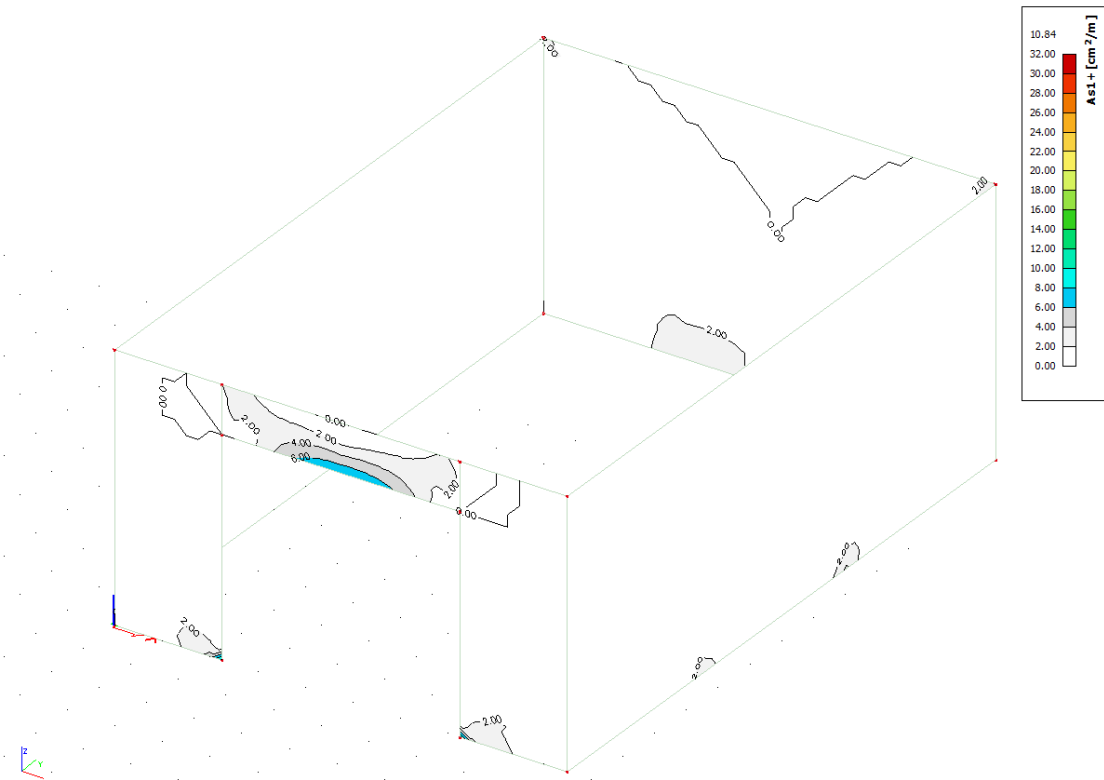




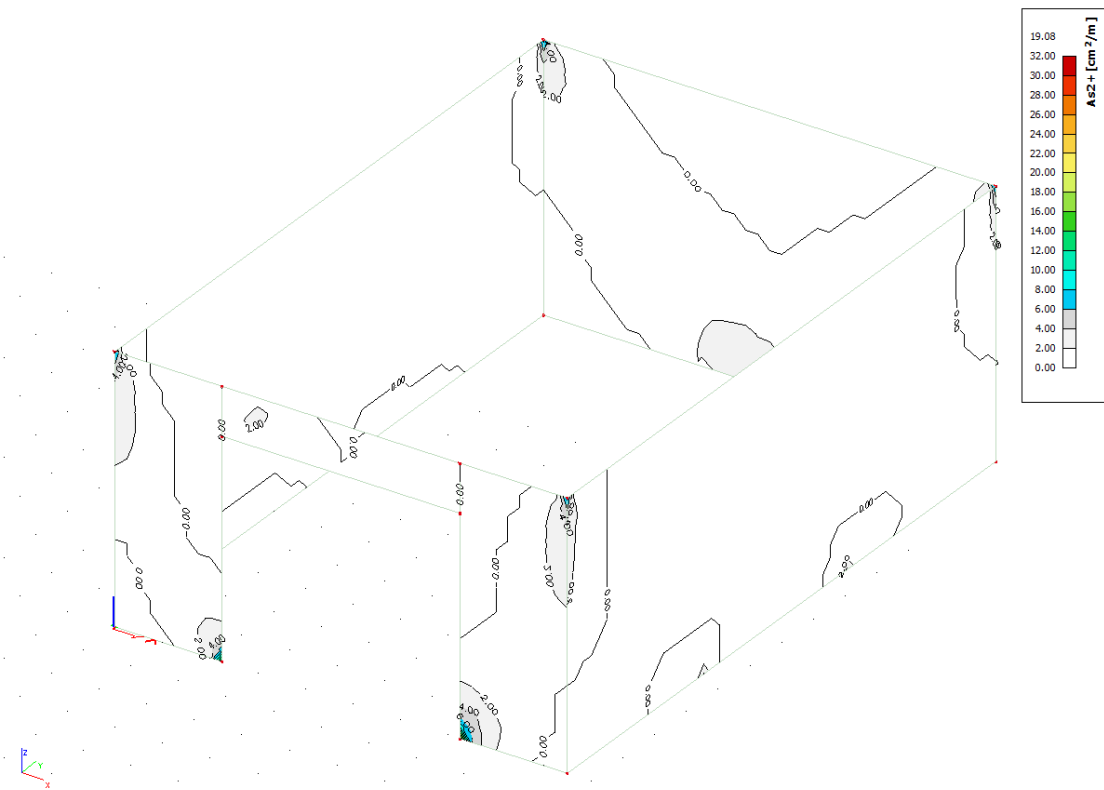
Armatura orizzontale sul lato controterra.



Armatura verticale sul lato controterra,



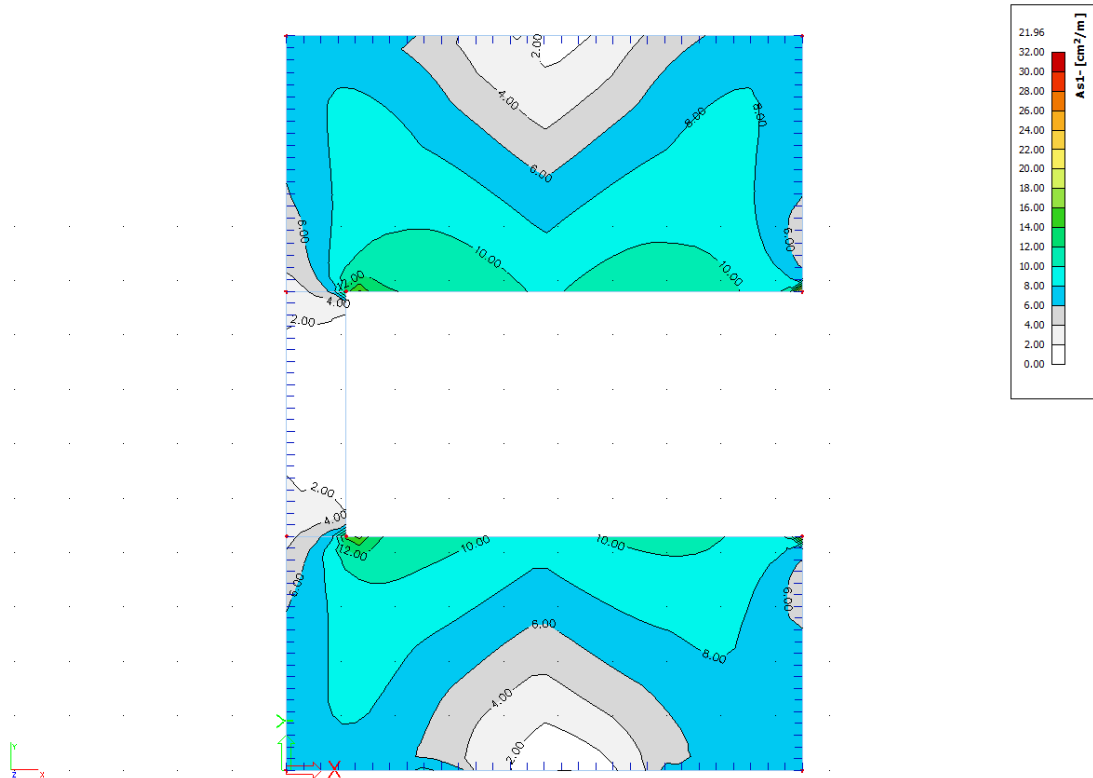
Armatura orizzontale sul lato aria.



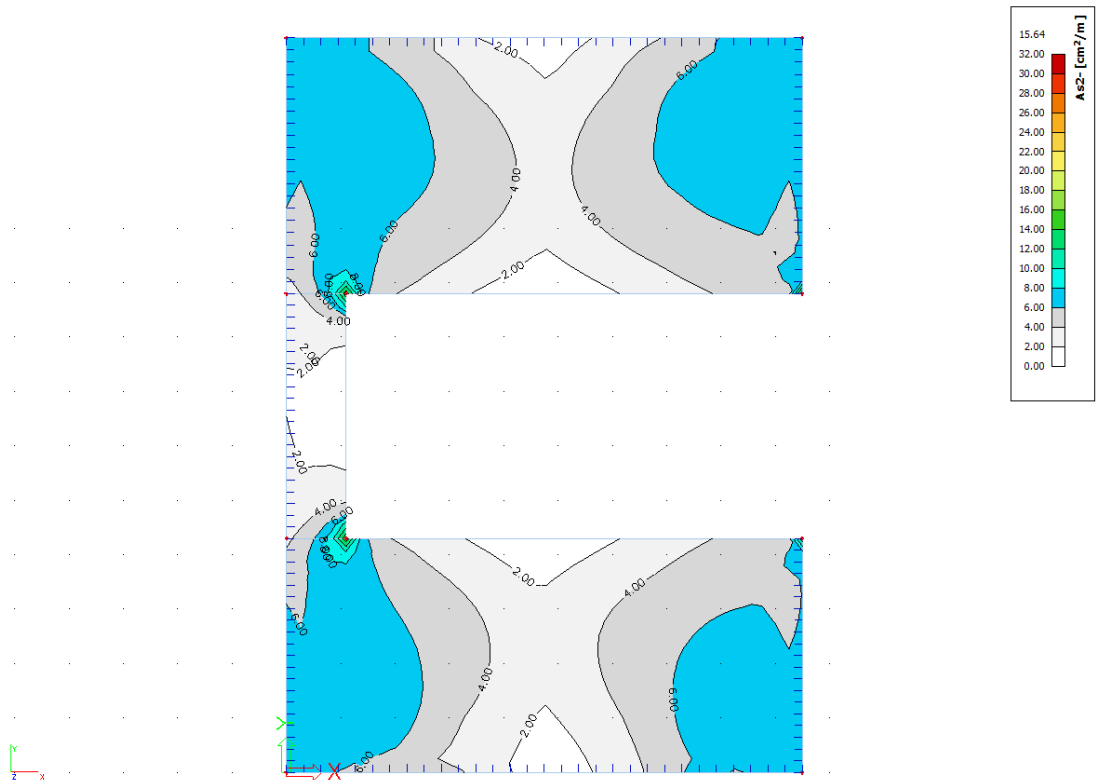
Armatura verticale sul lato aria.

### 7.4.3 Solai piano terra

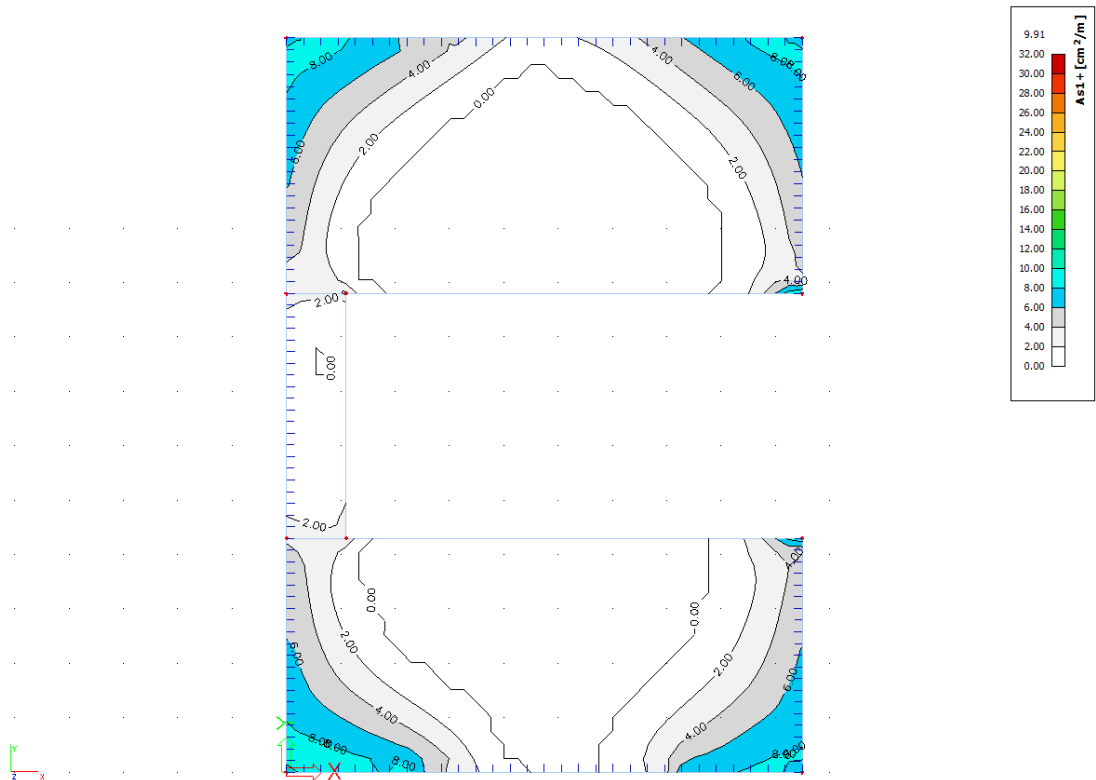
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



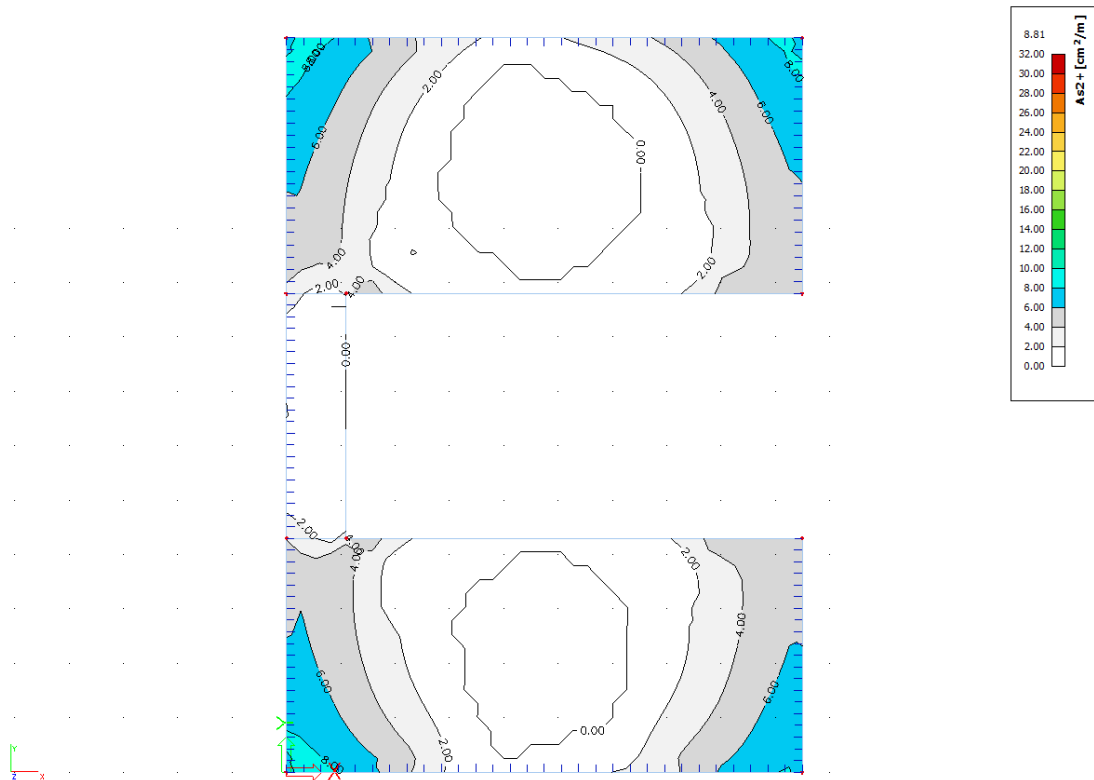
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



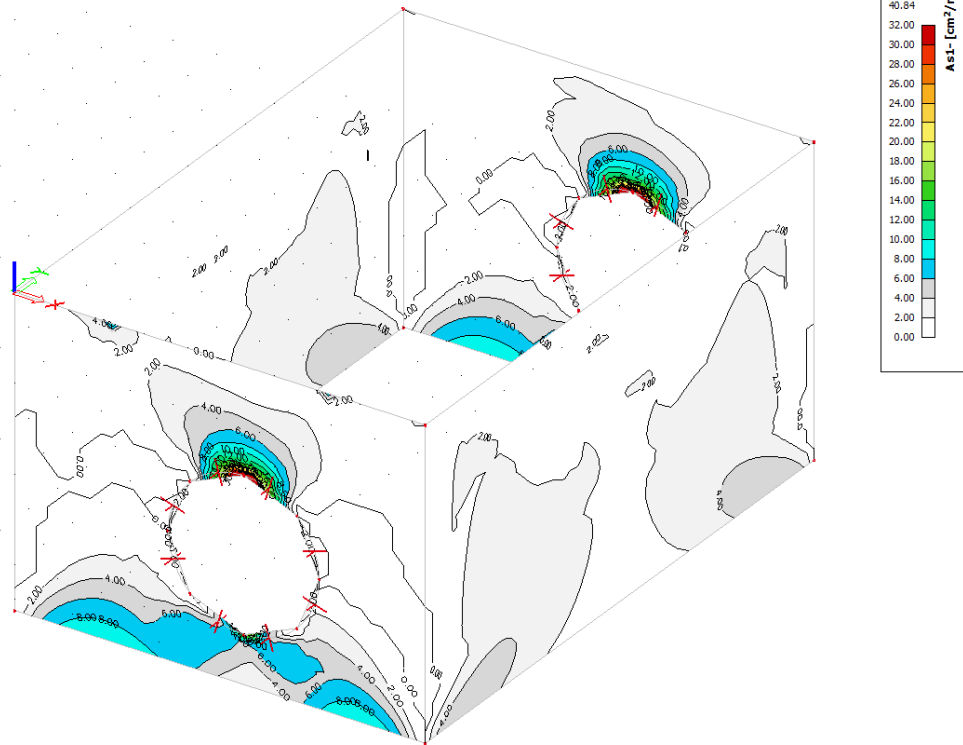
Armatura superiore in direzione 1.



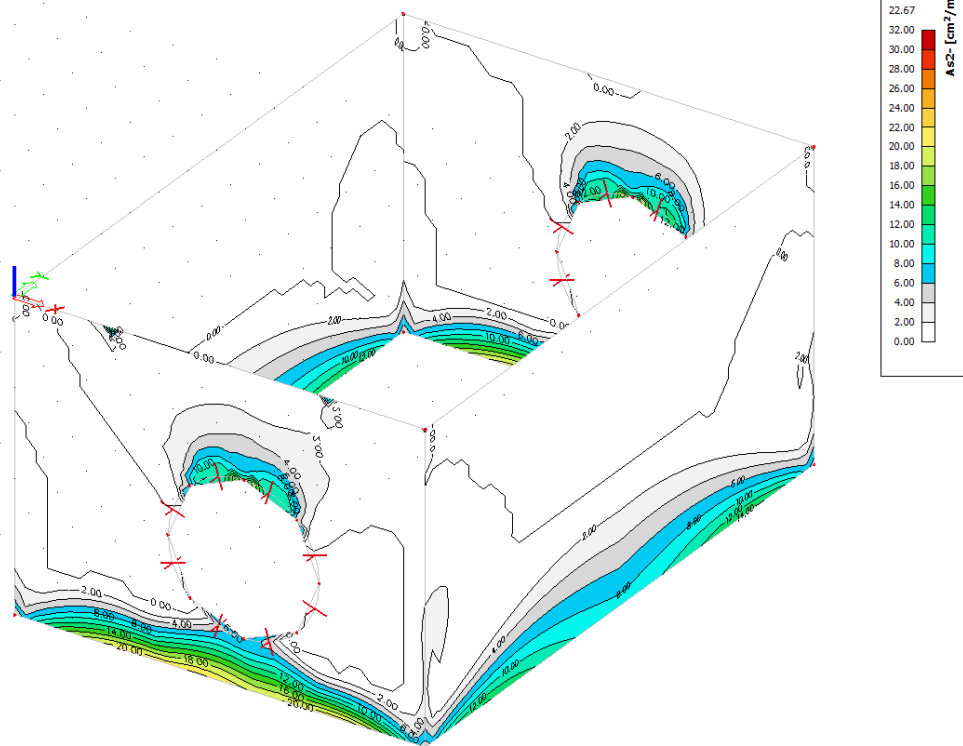
Armatura superiore in direzione 2.

#### 7.4.4 Pareti piano interrato

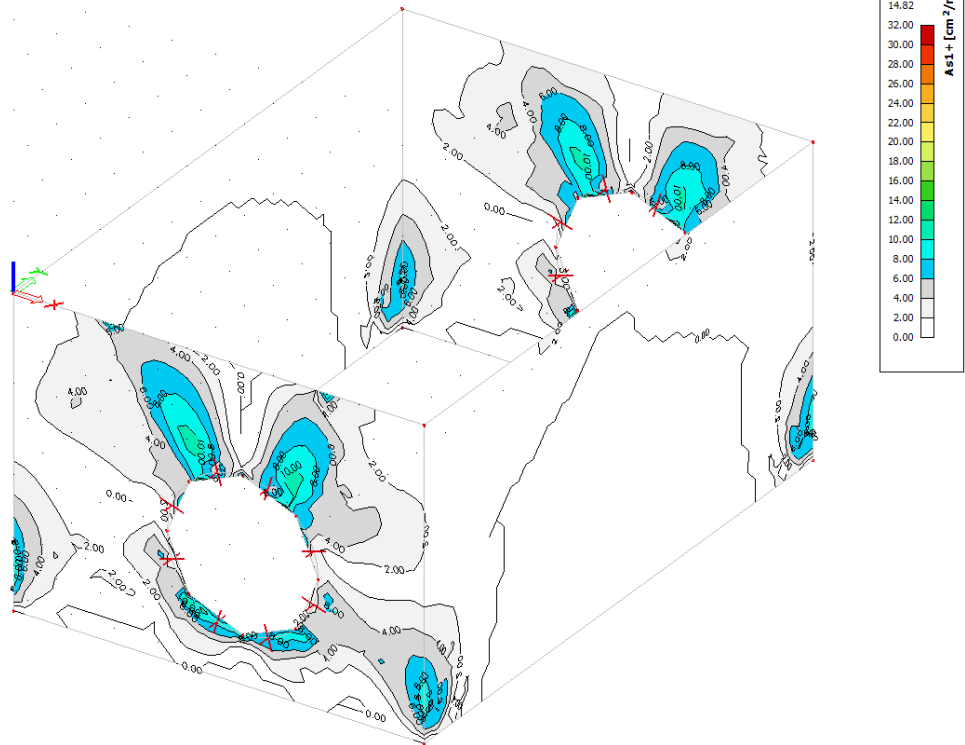
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sul lato interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



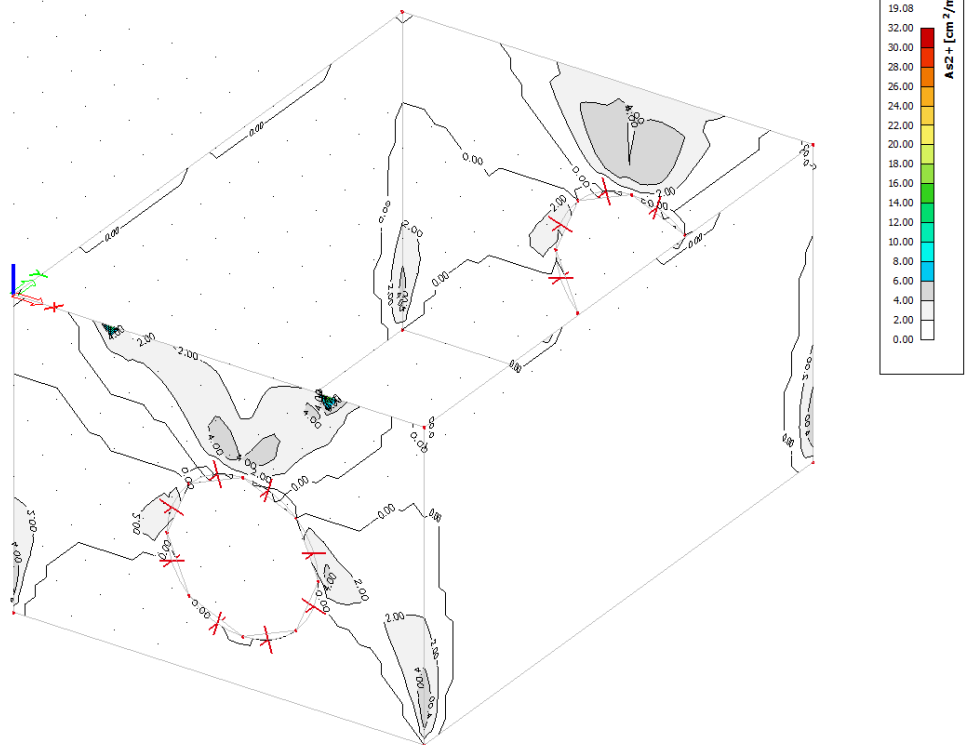
Armatura orizzontale sul lato controterra,



Armatura verticale sul lato controterra,



Armatura orizzontale sul lato aria.

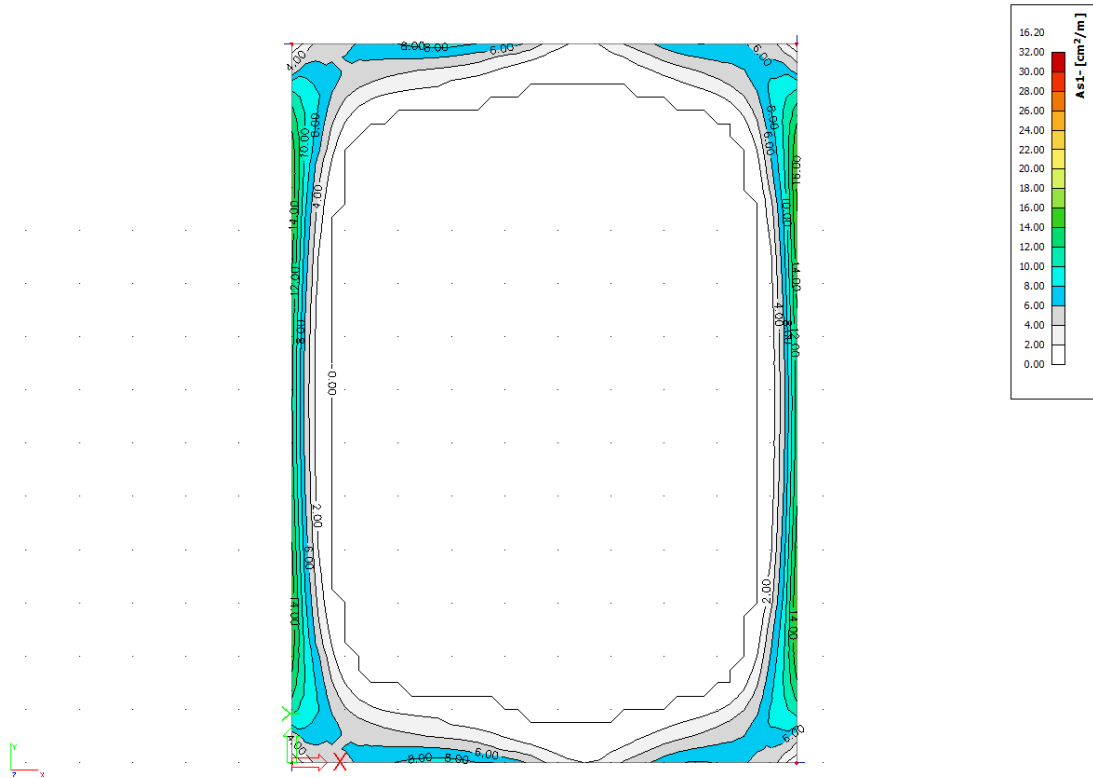


Armatura verticale sul lato aria.

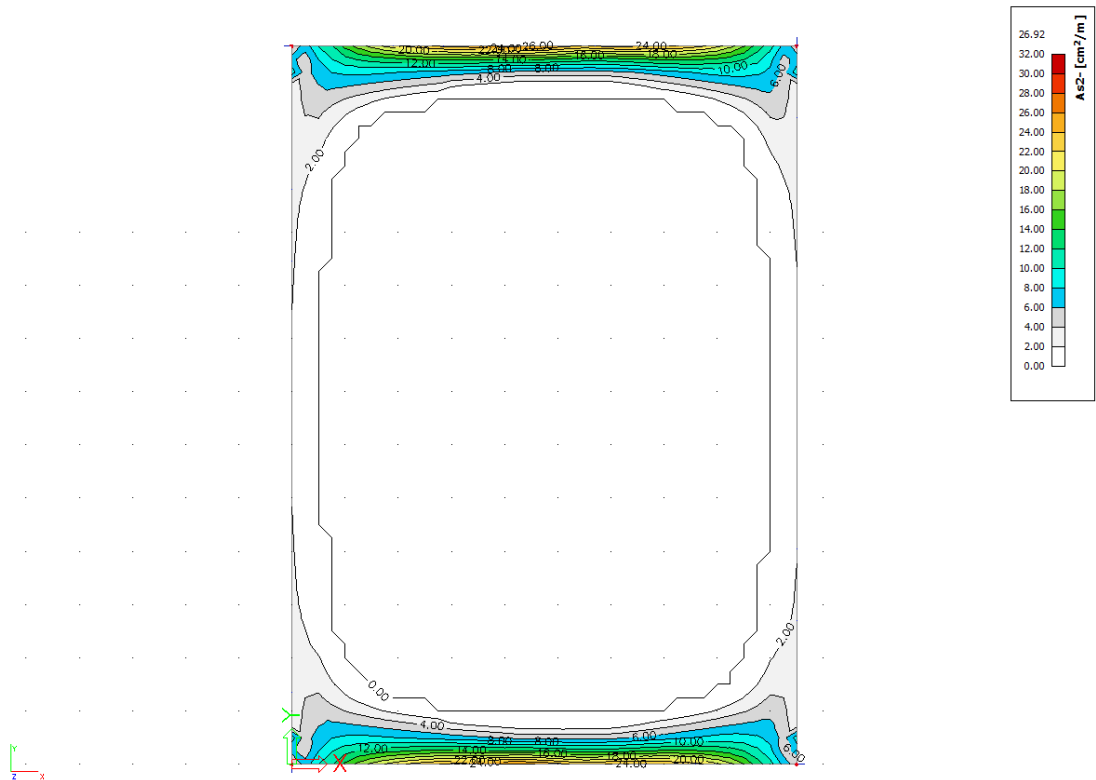


### 7.4.5 Fondazioni

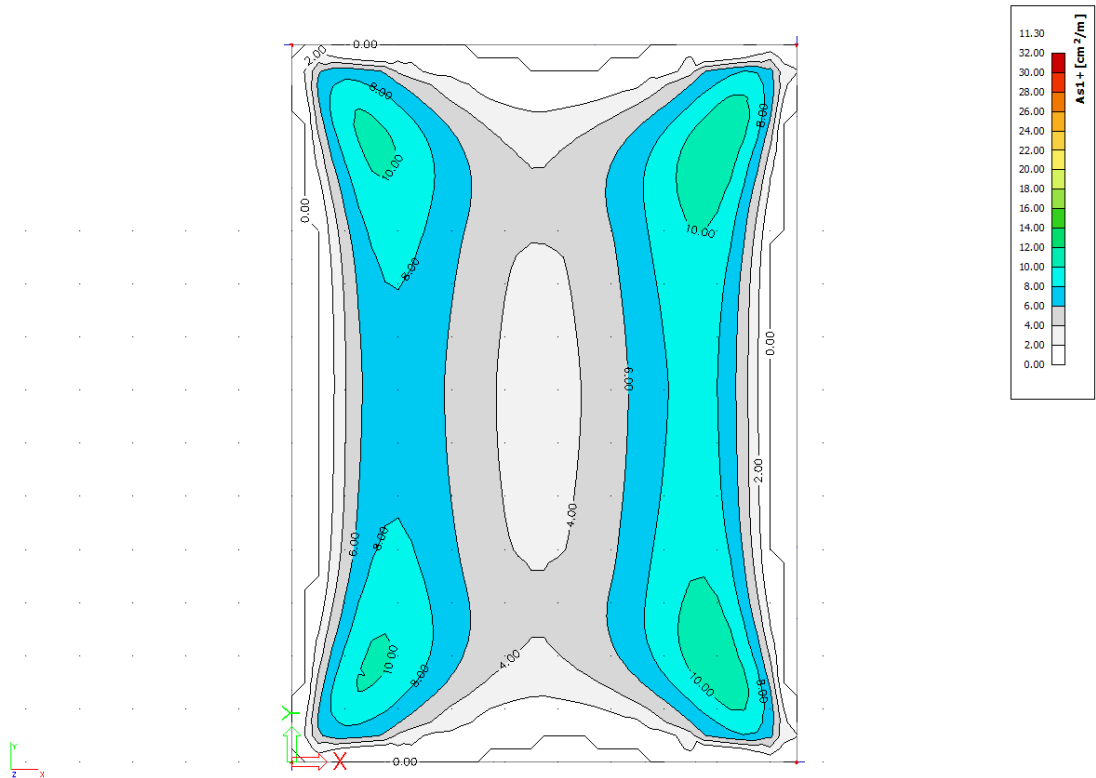
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



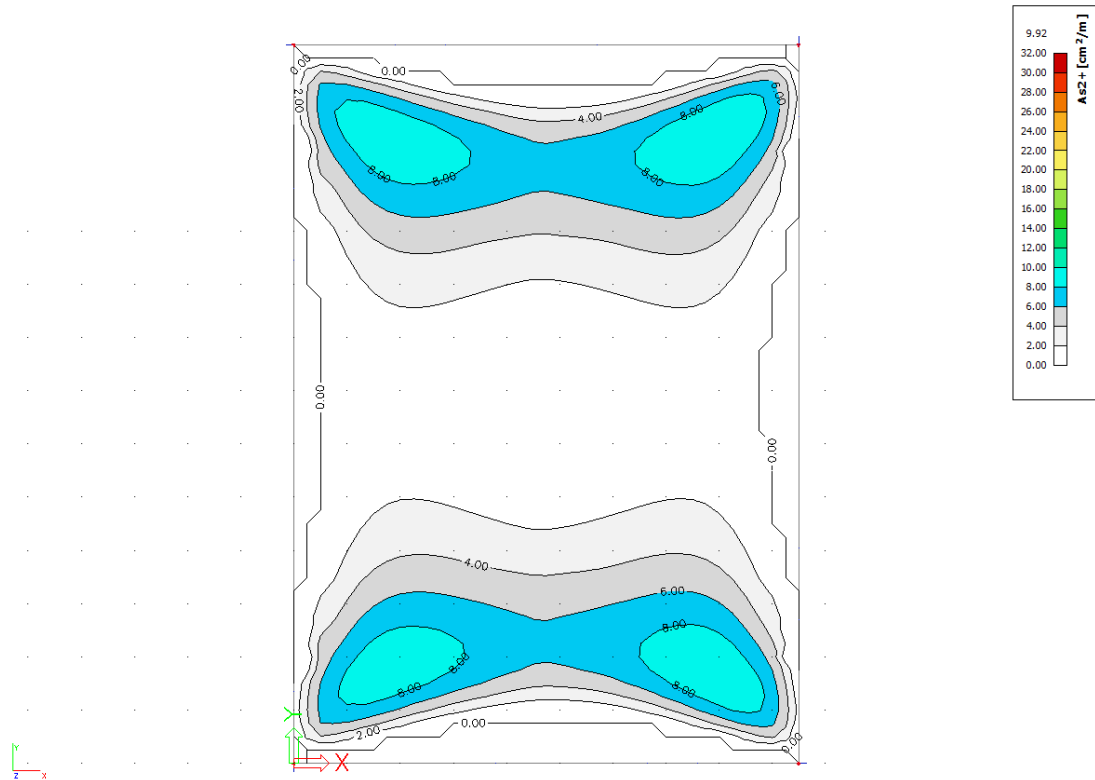
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.

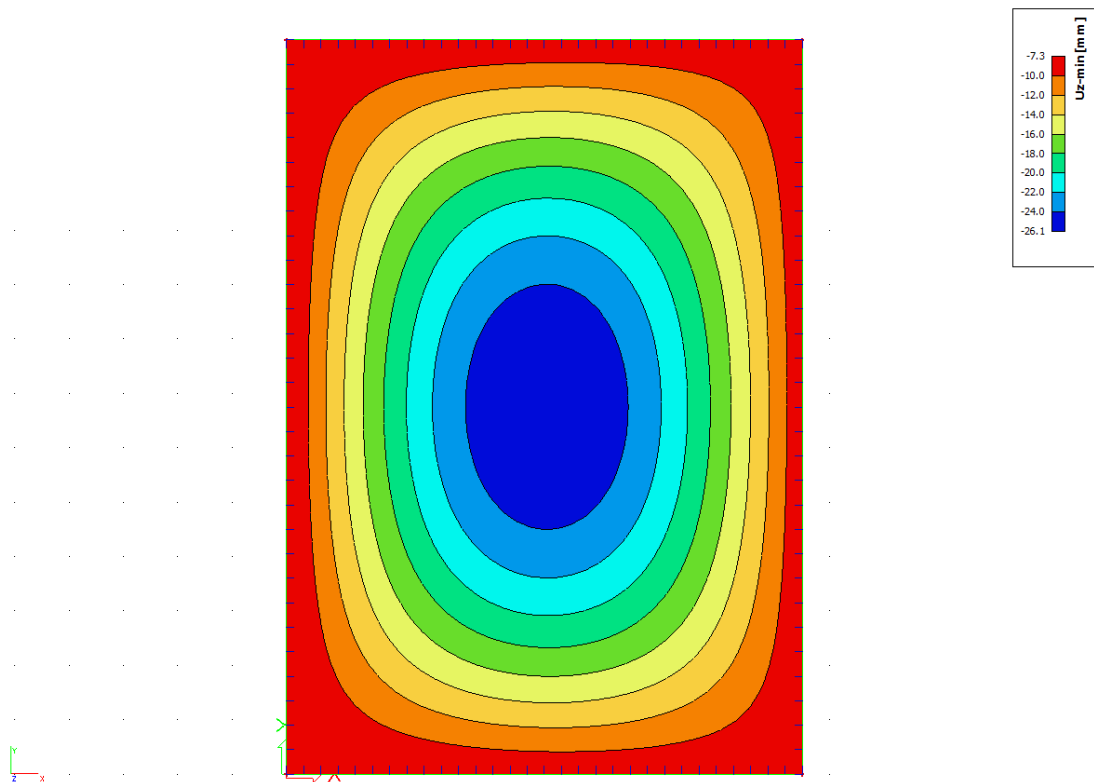


Armatura superiore in direzione 2.

## 7.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

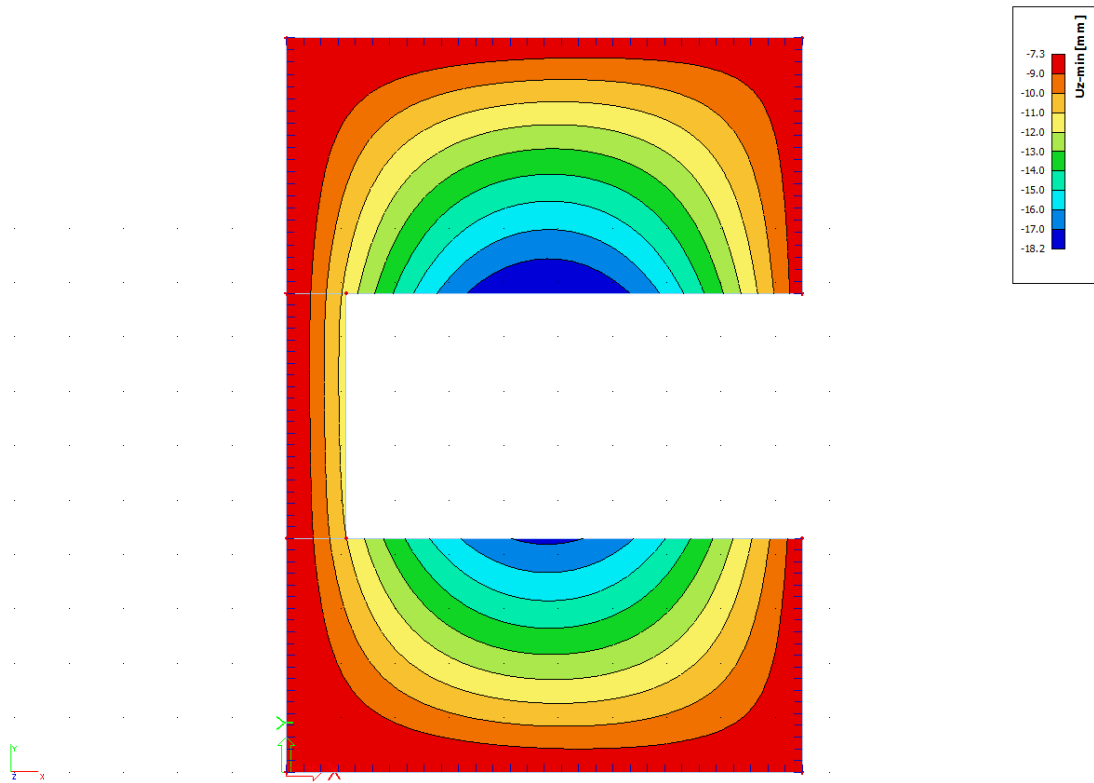
### 7.5.1 Solaio di copertura

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.



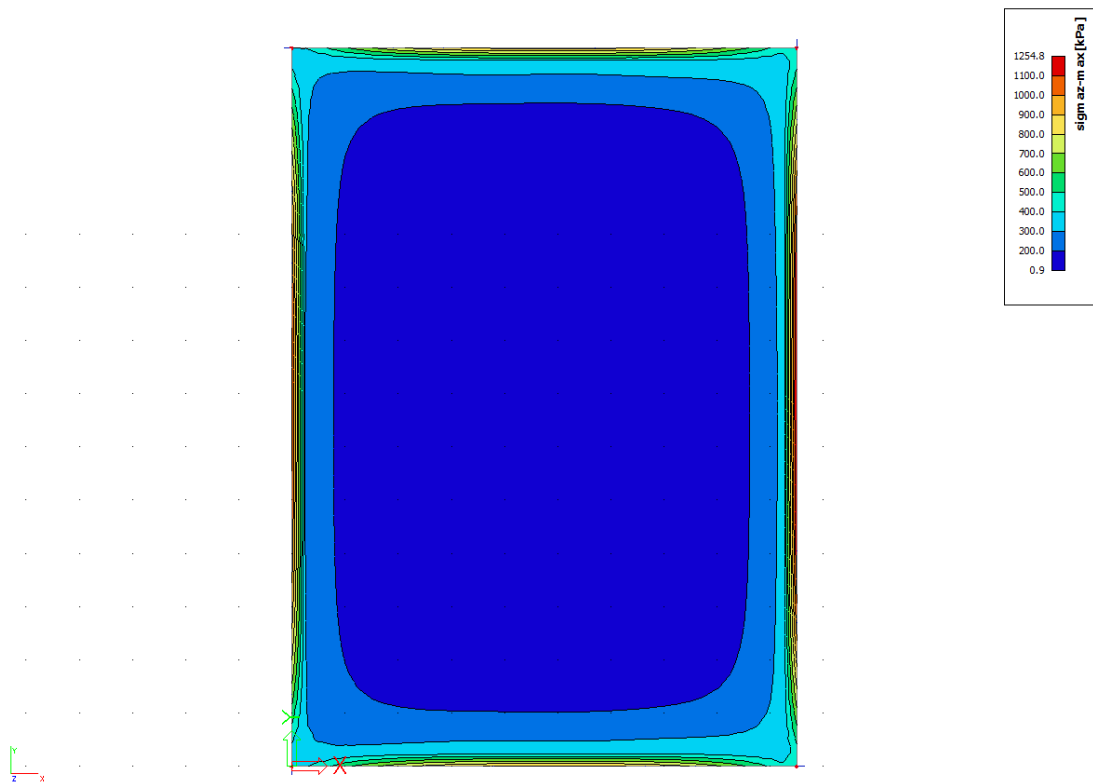
### 7.5.2 Solaio sul piano interrato

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

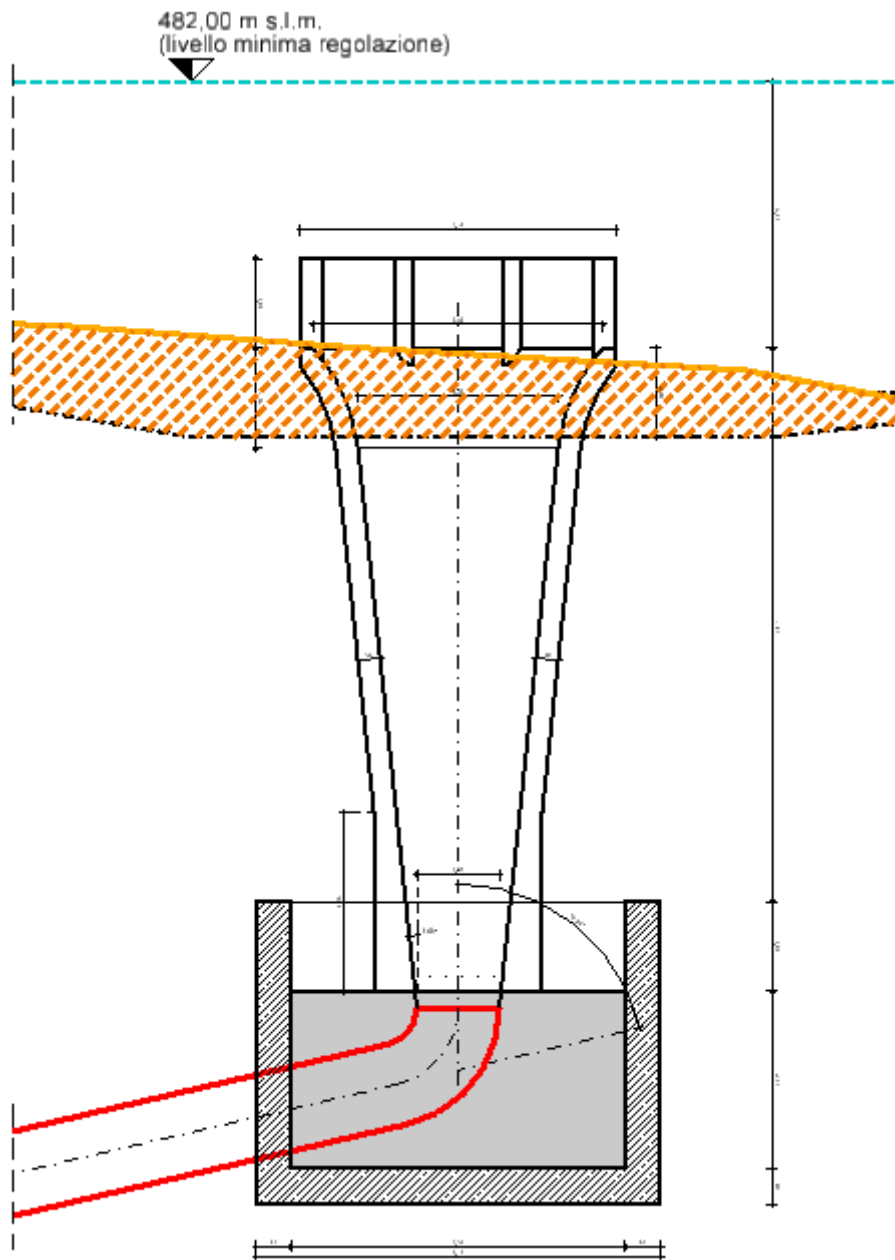
Si riportano di seguito le pressioni sul terreno (in kN/m<sup>2</sup>) allo Stato Limite Ultimo.



## 8. Invaso di valle – Opera di presa/restituzione

### 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 pomparla nell'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. Le pareti della struttura ad imputo hanno spessore 50 cm, che aumenta ad un metro nella parte bassa (ultimi quattro metri).



## 8.2 Carichi

### 8.2.1 Carichi permanenti

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

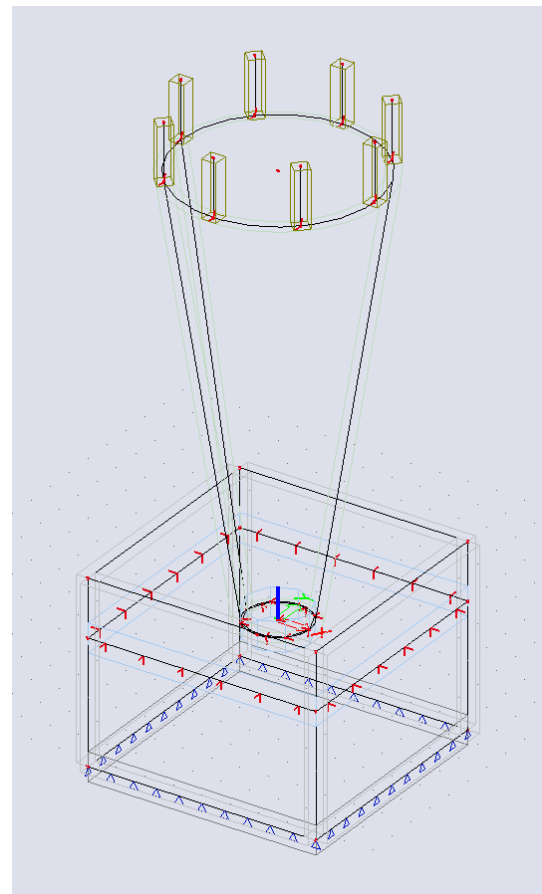
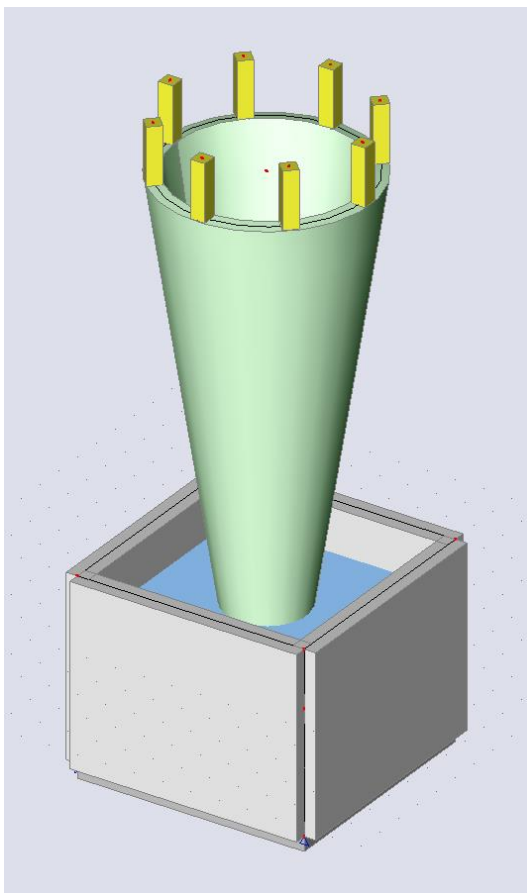
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$  e un coefficiente di spinta attiva  $k_a=0,3$ .

### 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

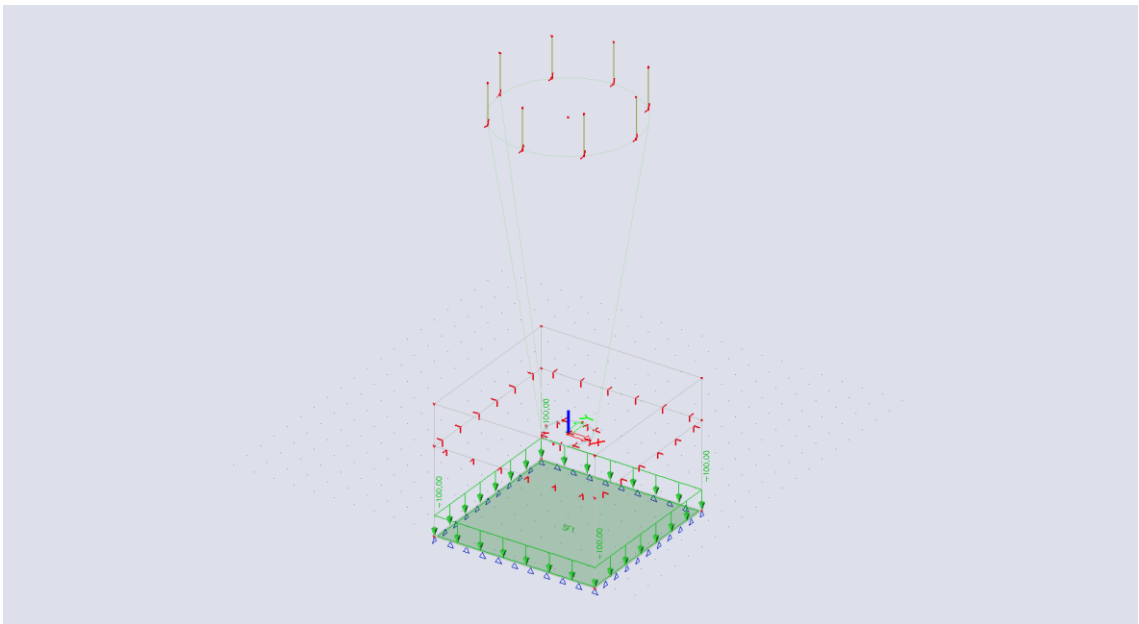




## 8.3.2 Carichi applicati

### 8.3.2.1 Sovraccarico permanente sulla fondazione

È costituito dal peso della massa di calcestruzzo, di spessore 4,0 metri.

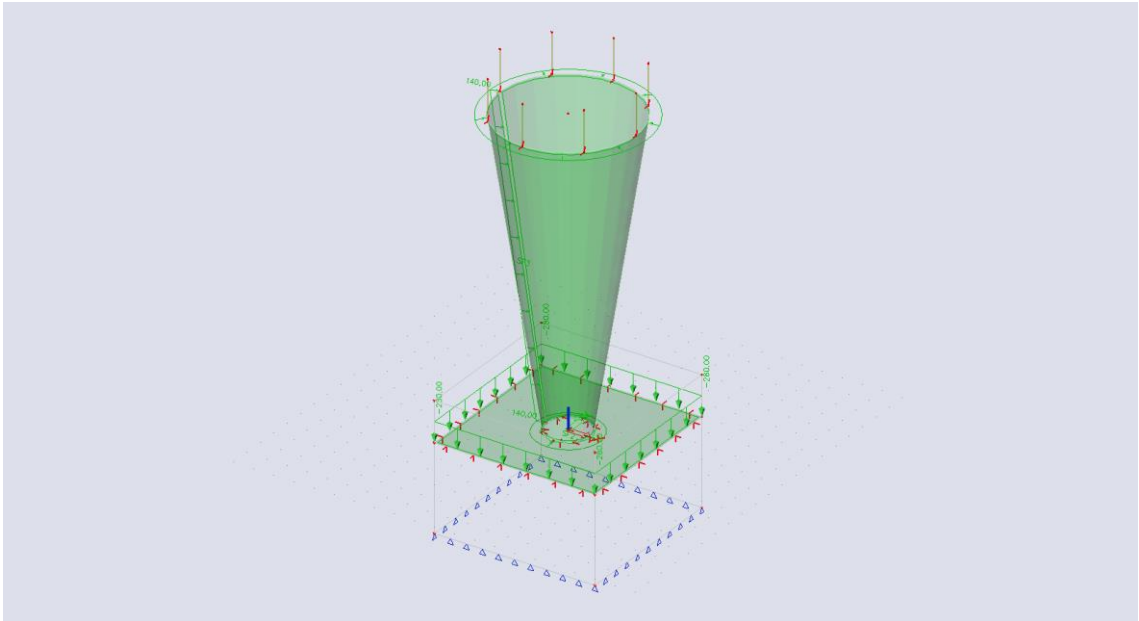


Sovraccarico permanente sulla fondazione.

### 8.3.2.2 Sovraccarico permanente peso/spinta terreno

Si applica al modello il carico verticale superficiale relativo al peso della massa di terreno relativo ad uno strato di spessore 14,0 m.

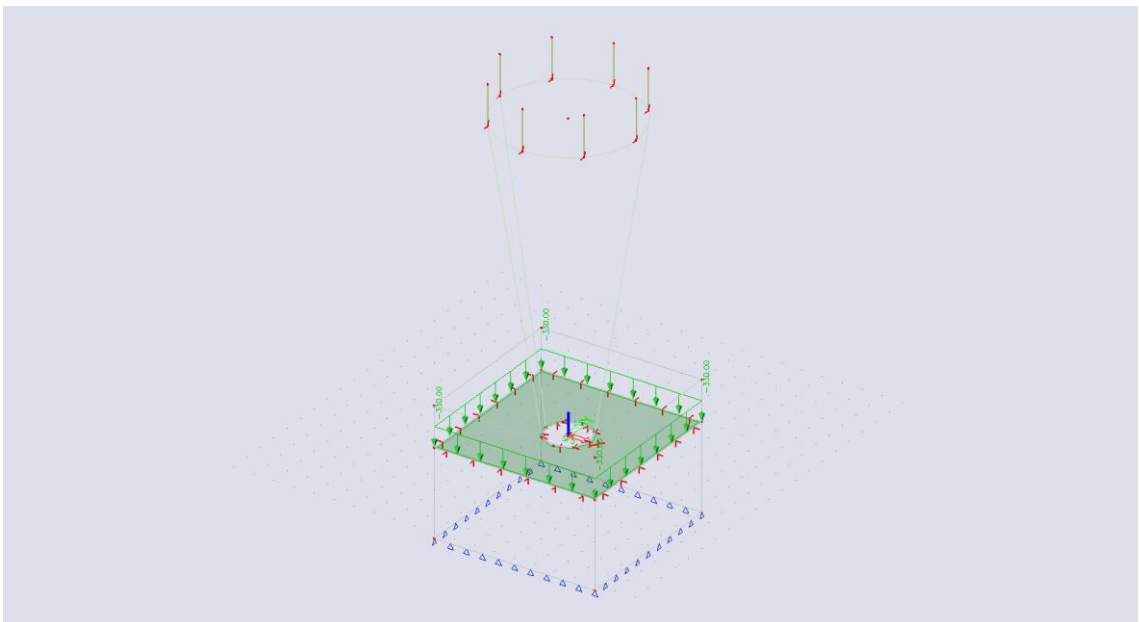
Inoltre si applica alla struttura ad imbuto, come carico radiale superficiale, il carico relativo alla spinta del terreno.



Sovraccarico permanente peso/spinta terreno.

### 8.3.2.3 Sovraccarico variabile peso dell'acqua

Si applica al modello il carico verticale superficiale relativo al peso della massa d'acqua relativo ad uno strato di spessore 33,0 m, di cui 14,0 m è l'altezza della struttura interrata e 19,0 m è l'altezza dello strato d'acqua dal fondo del bacino fino al livello di massimo invaso.

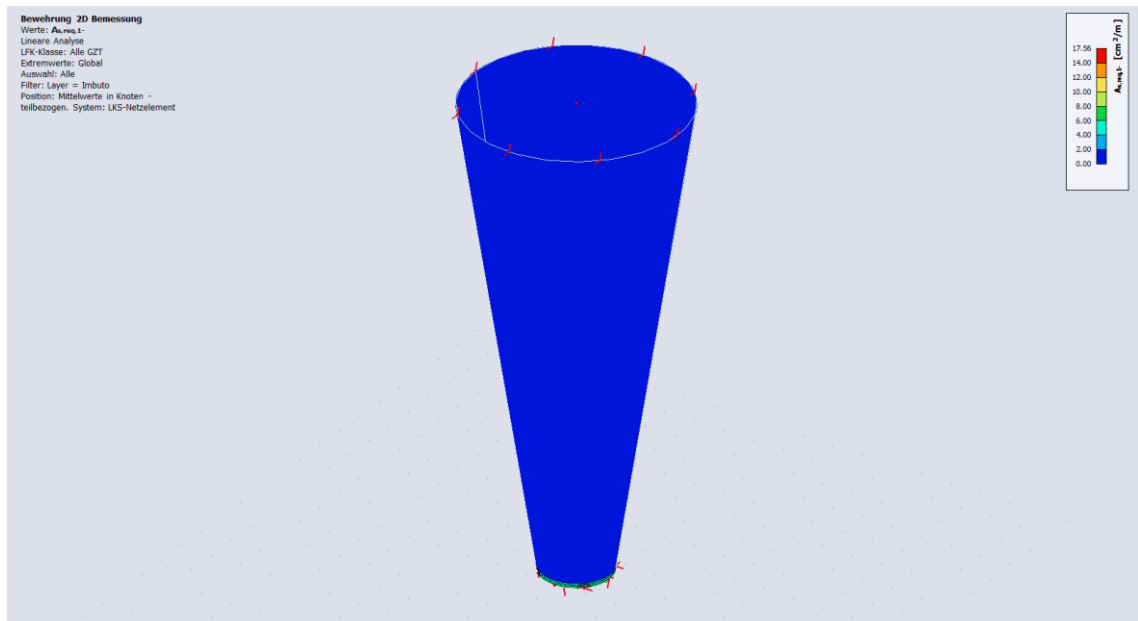


Sovraccarico variabile idrostatico.

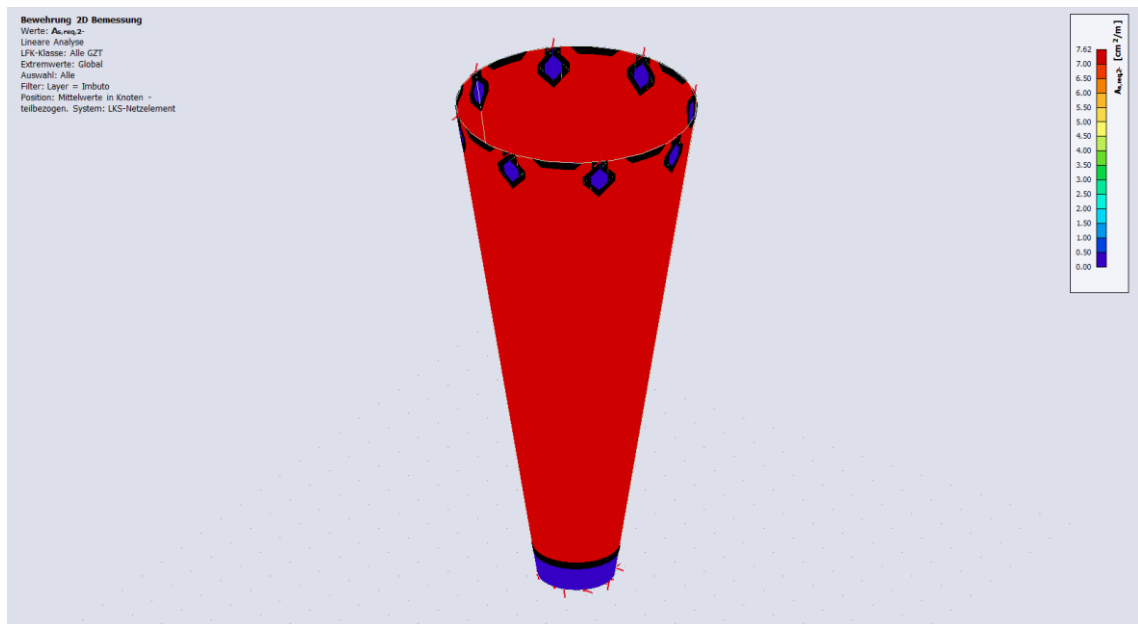
## 8.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 8.4.1 Struttura ad imbuto verticale

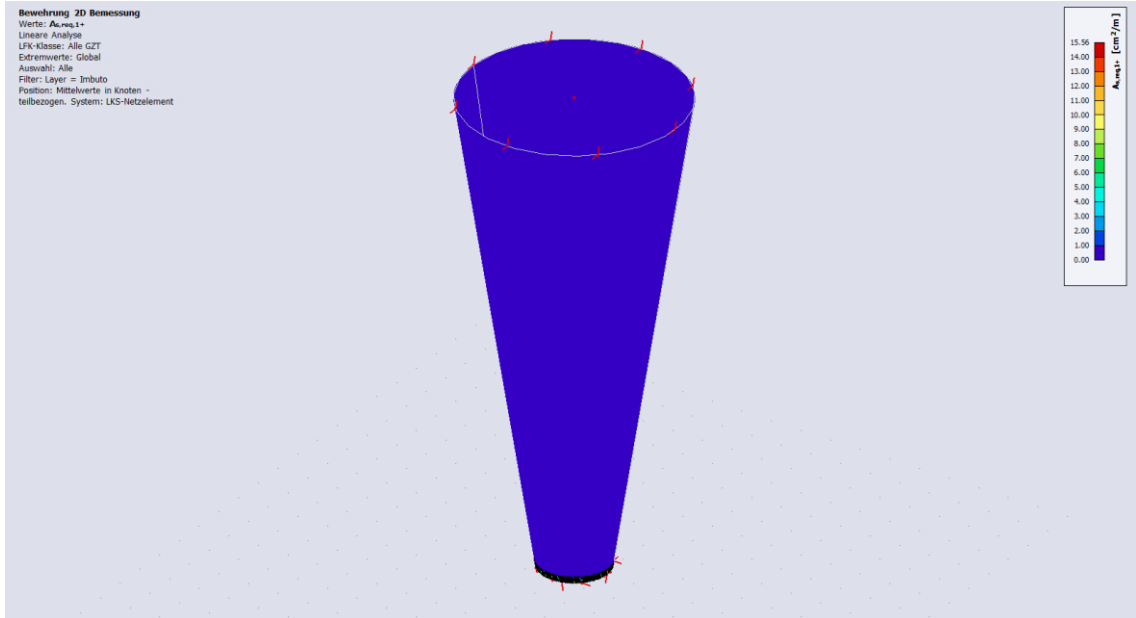
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, controterra e aria, in direzione orizzontale e verticale.



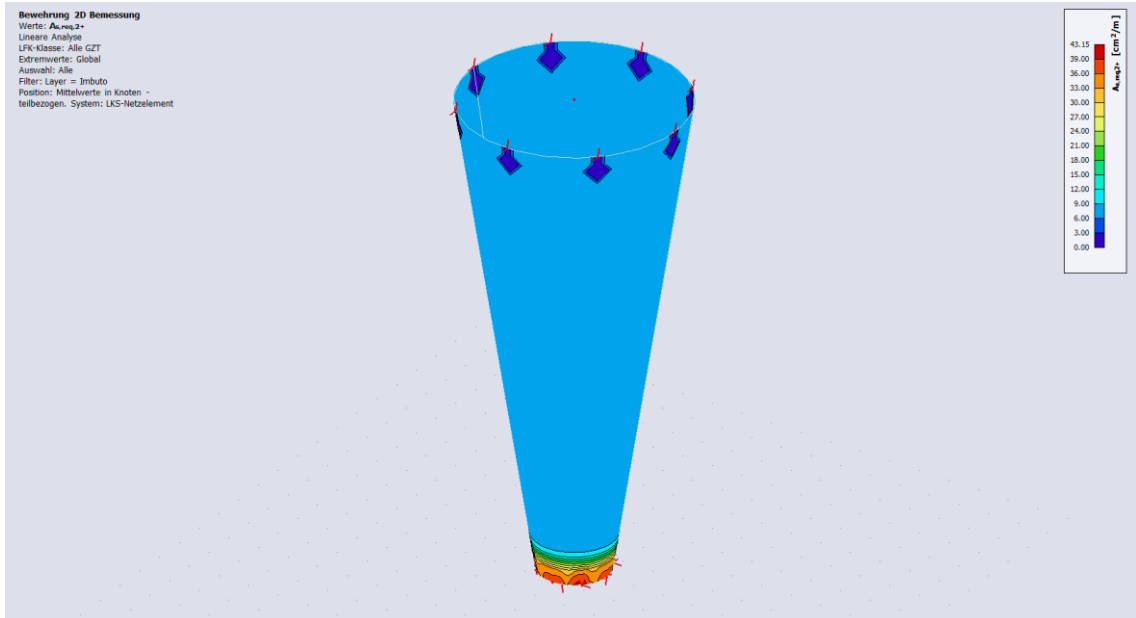
Armatura orizzontale ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sul esterno (lato controterra).



Armatura verticale ( $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sul lato esterno (lato controterra).



Armatura orizzontale (cm<sup>2</sup>/m) sul lato interno (lato aria).



Armatura verticale (cm<sup>2</sup>/m) sul lato interno (lato aria).

## 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

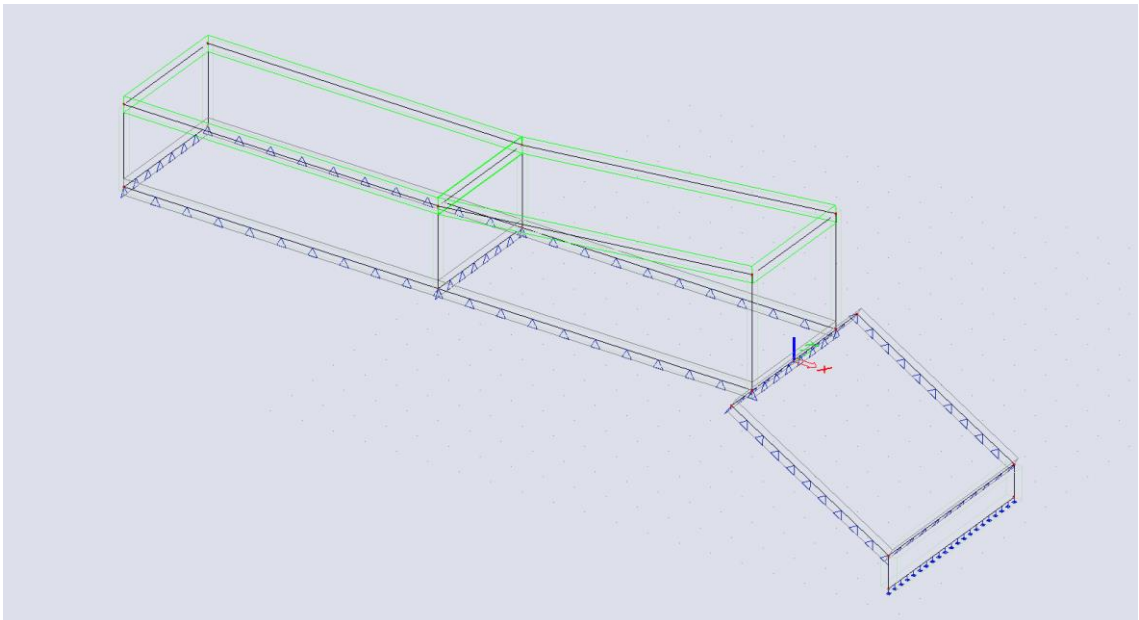
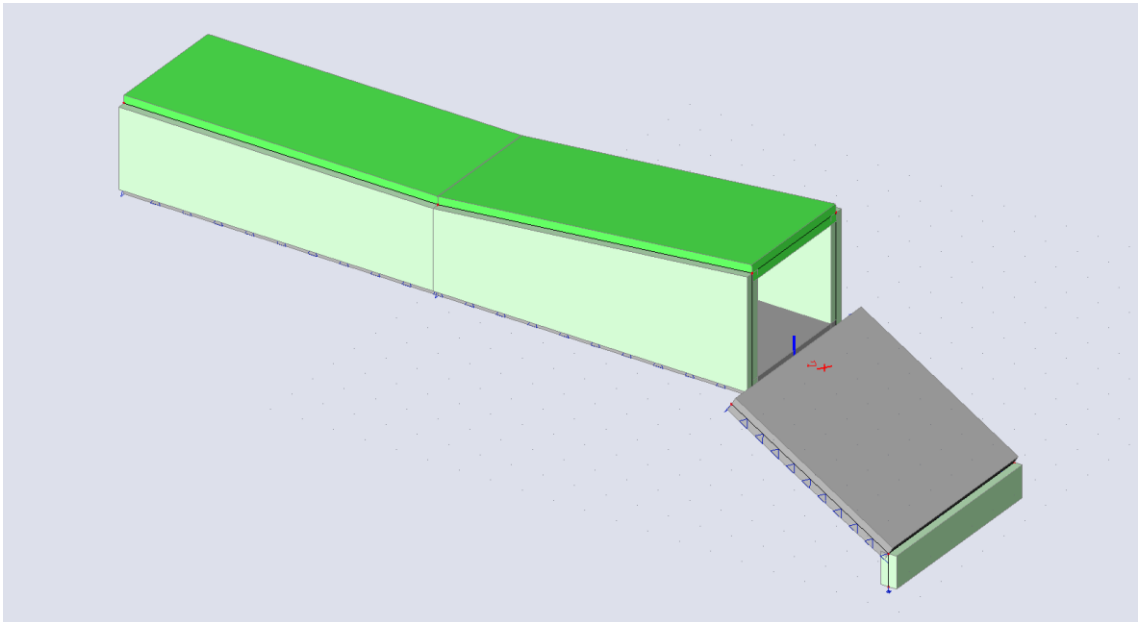
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=20$  kN/m<sup>3</sup> e un coefficiente di spinta attiva  $k_a=0,3$ .

#### 9.2.2 Carichi variabili

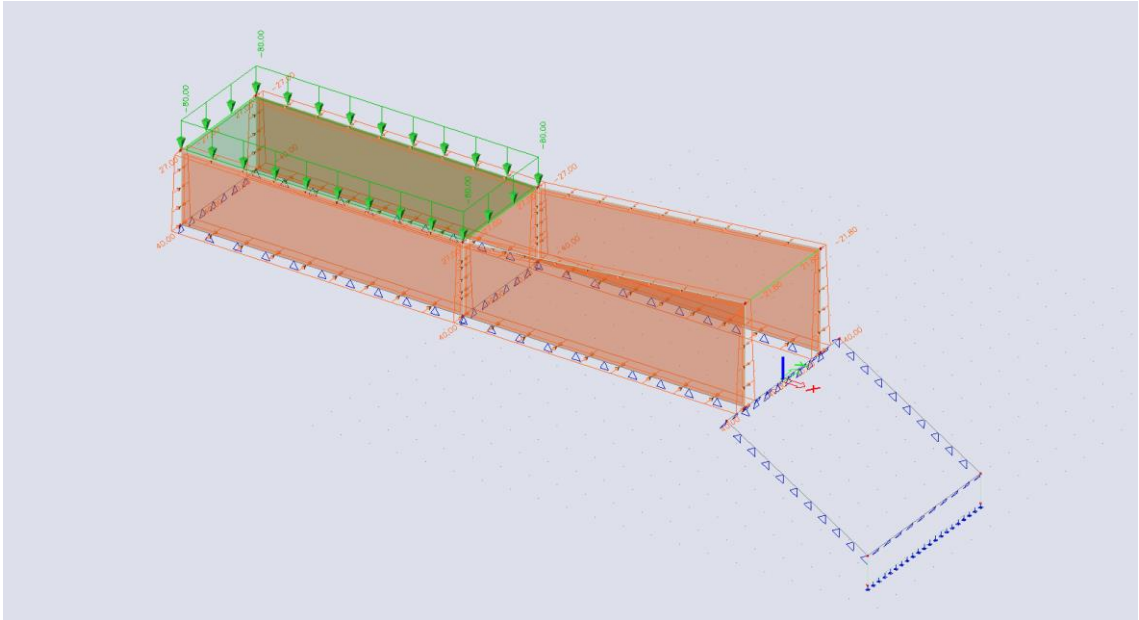
Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=10,0$  kN/m<sup>3</sup>.

## 9.3 Modello di calcolo e carichi applicati

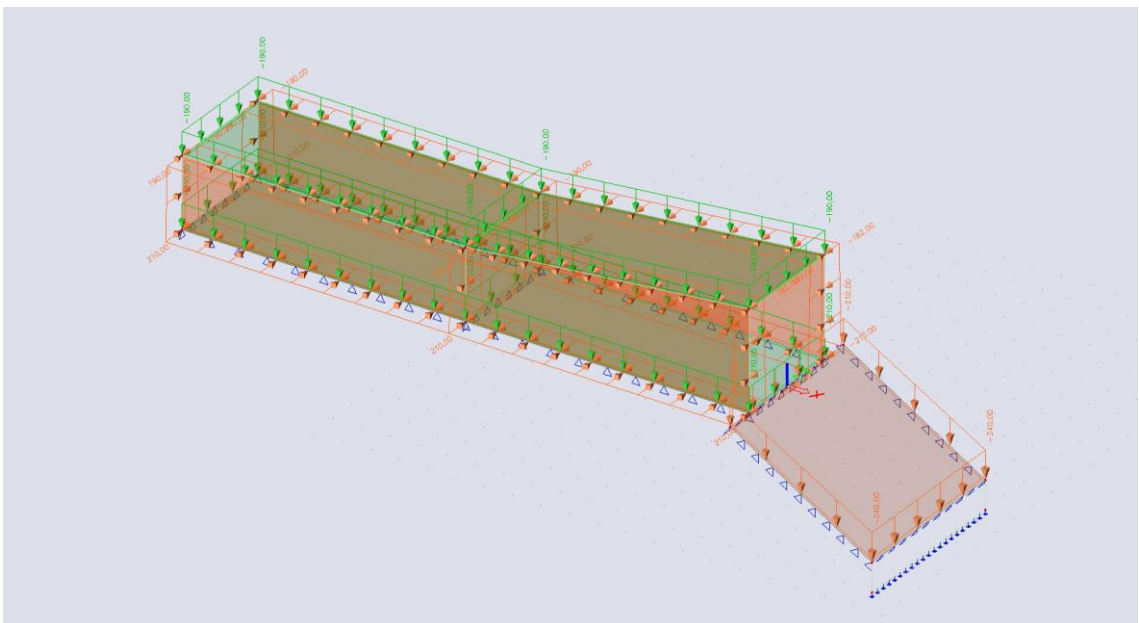
### 9.3.1 Modello di calcolo



### 9.3.2 Carichi applicati



Sovraccarico permanente: peso, spinta del terreno.

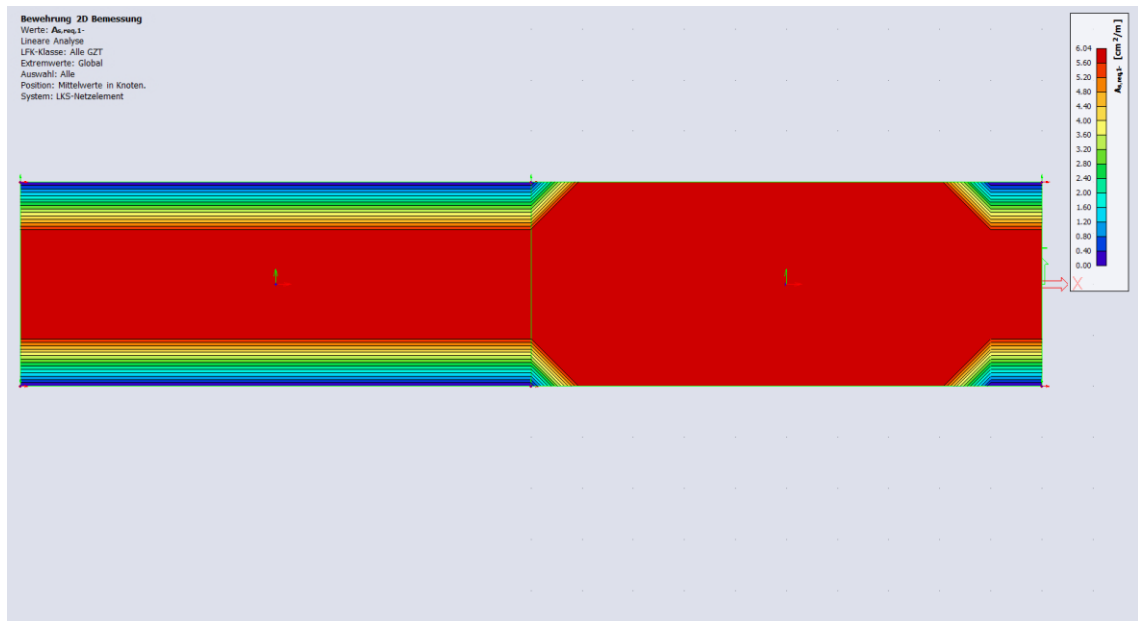


Sovraccarico variabile: peso, spinta dell'acqua.

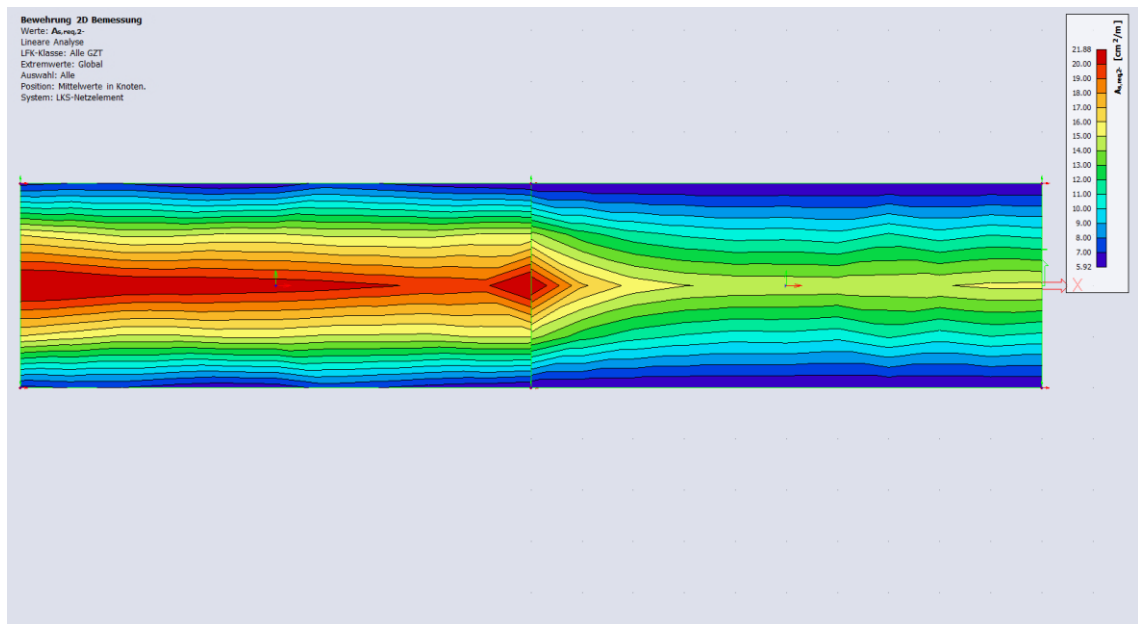
## 9.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 9.4.1 Solaio

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

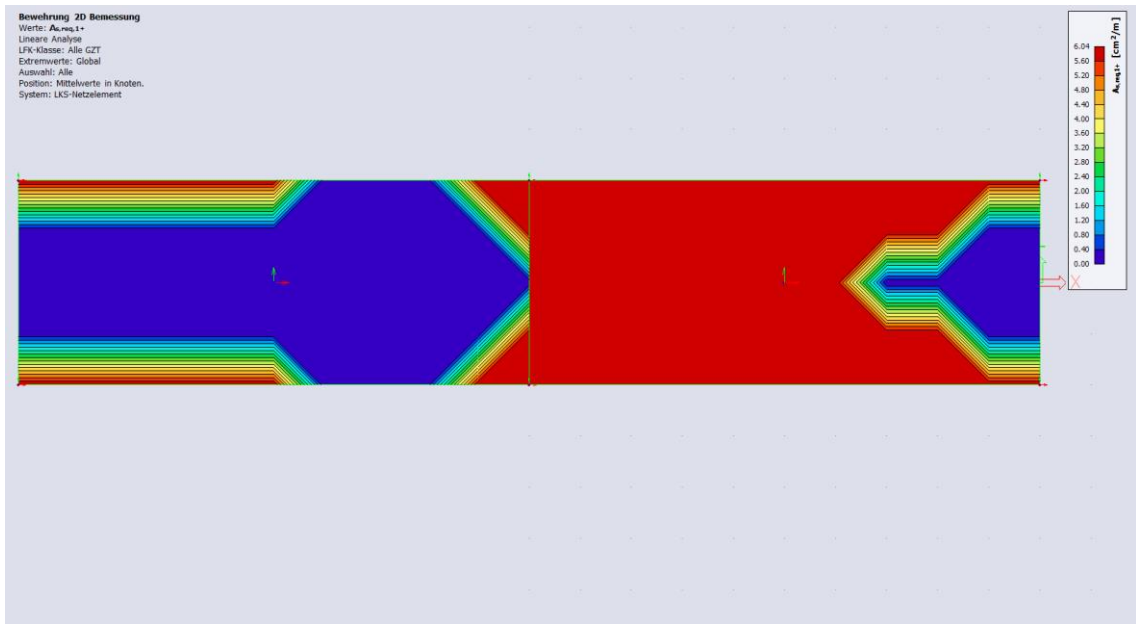


Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.





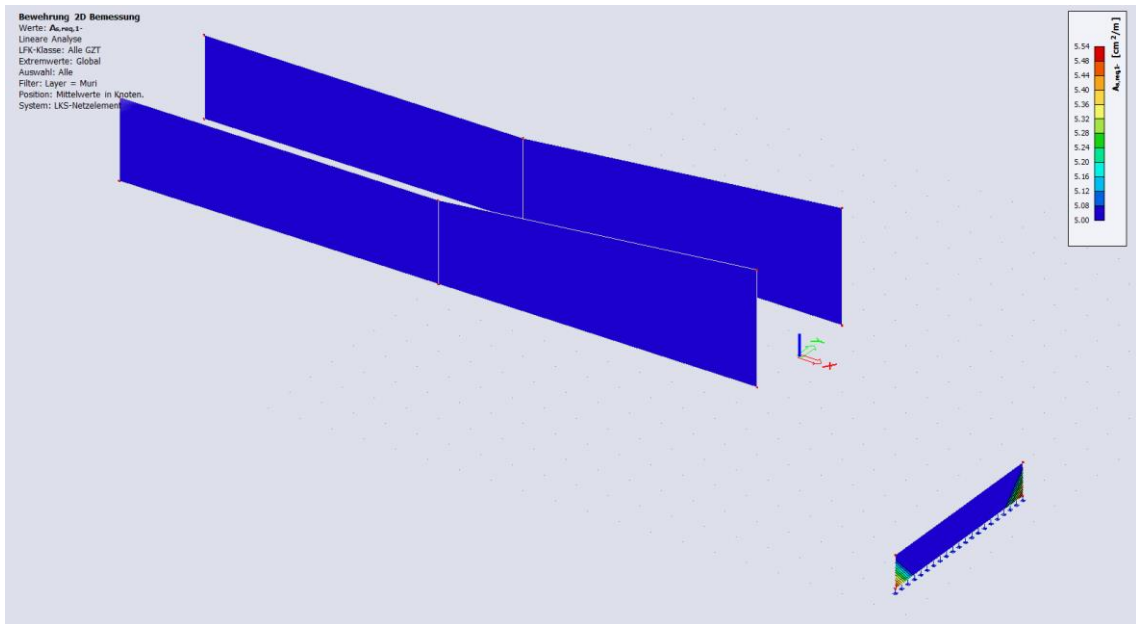
Armatura superiore in direzione 1.



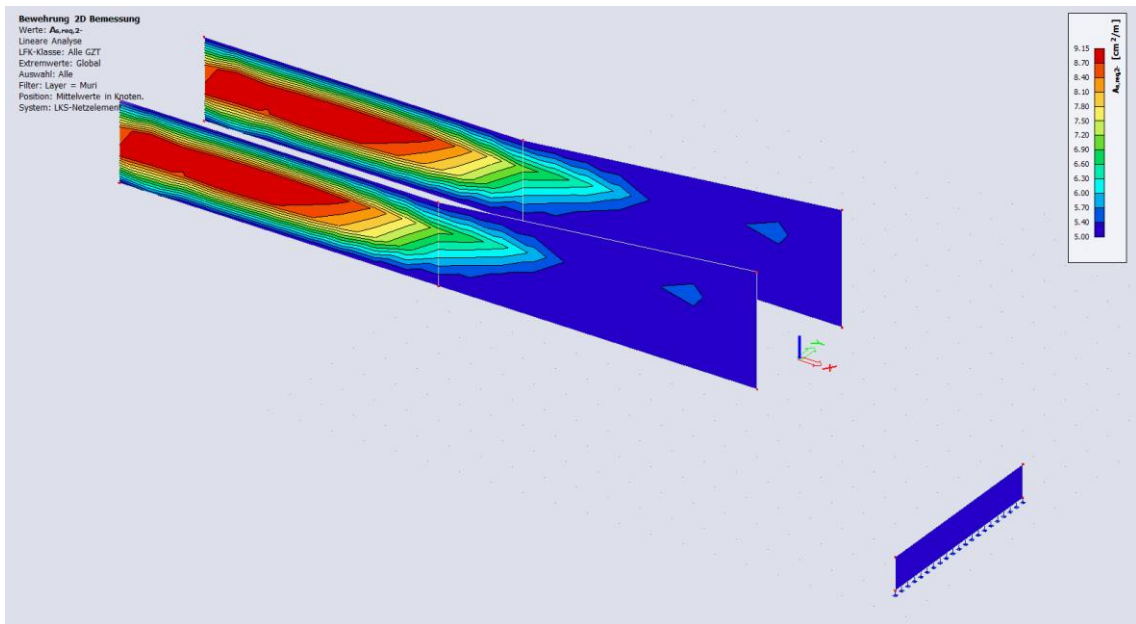
Armatura superiore in direzione 2.

### 9.4.2 Pareti

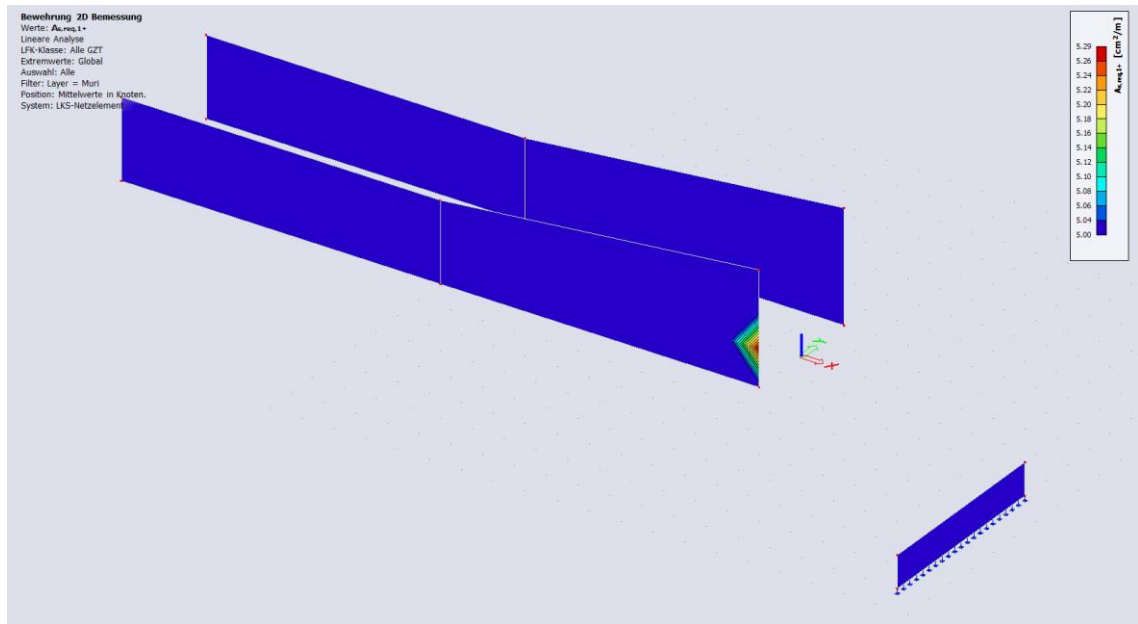
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm<sup>2</sup>/m) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



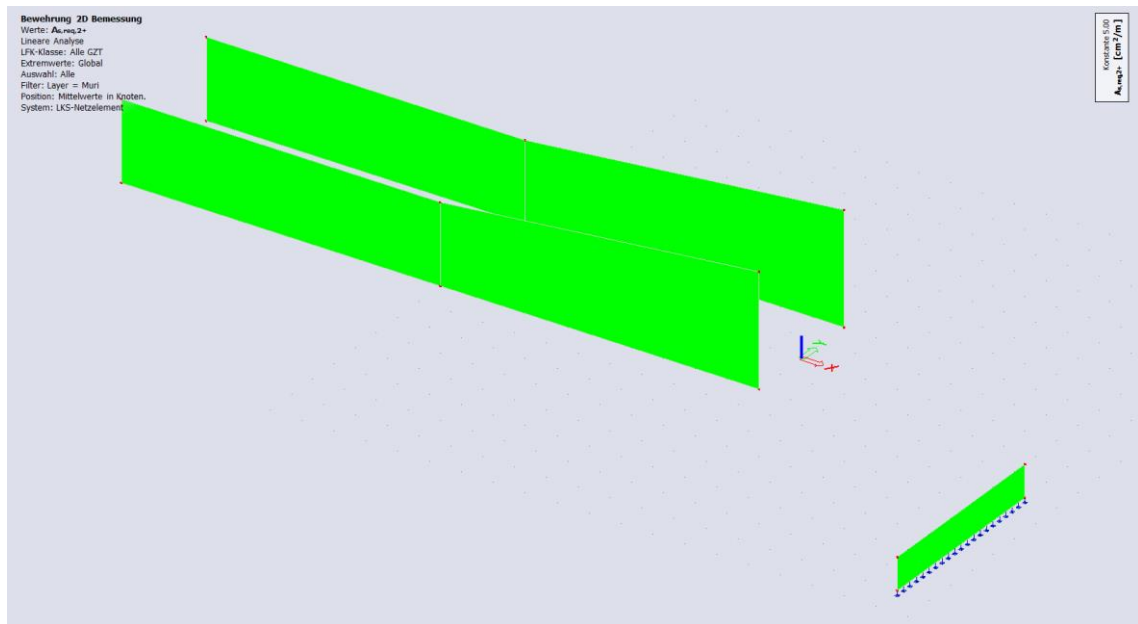
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno a in direzione verticale.



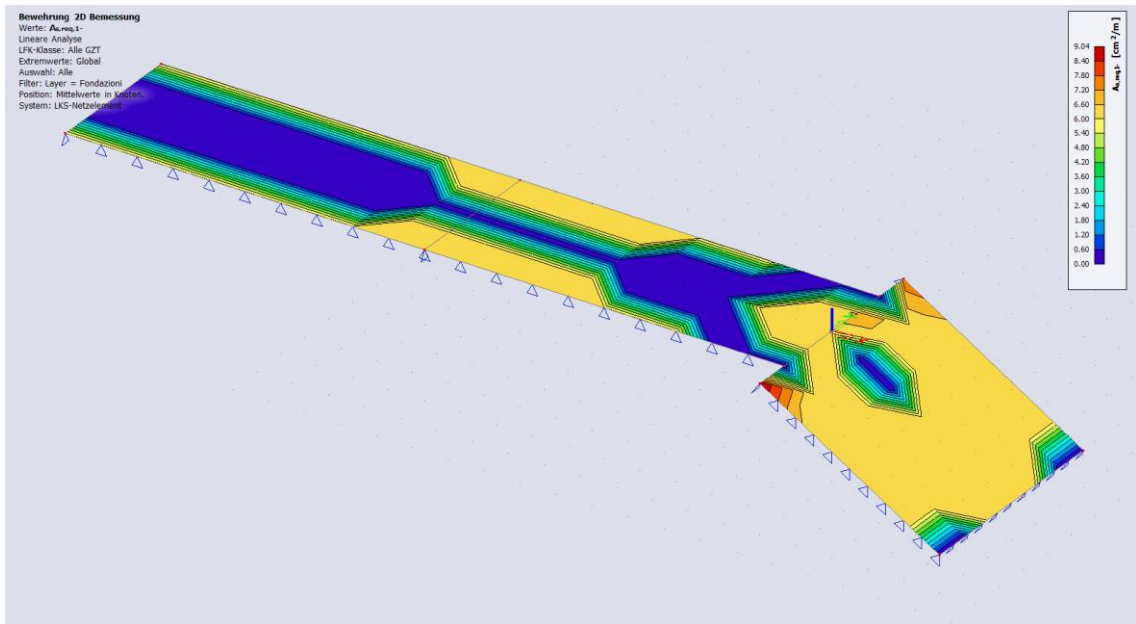
Armatura lato aria in direzione orizzontale.



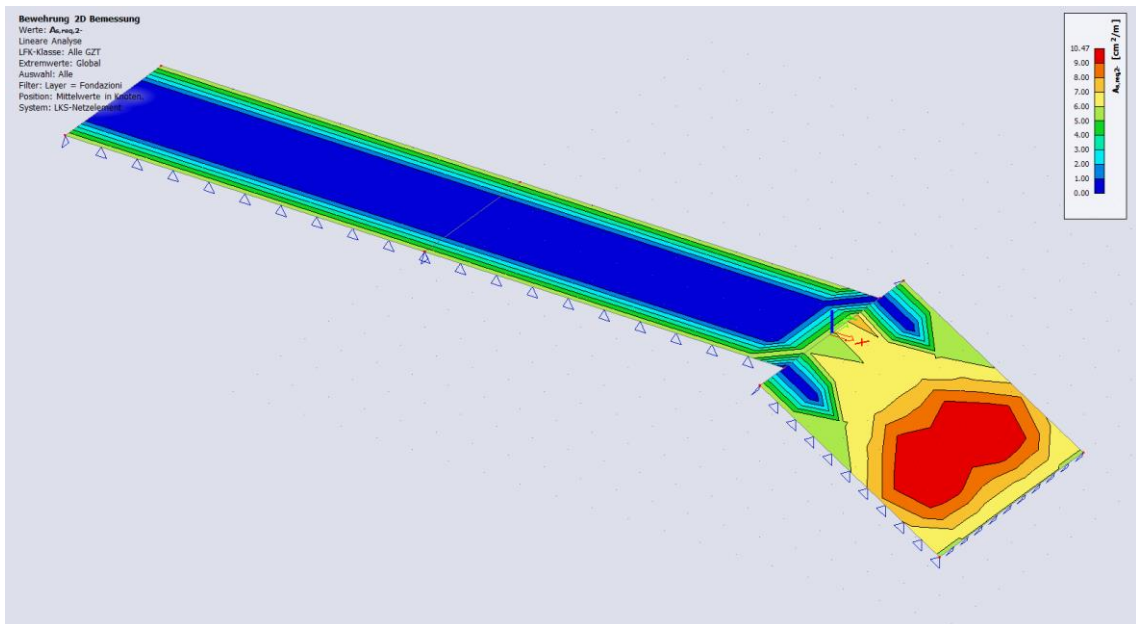
Armatura lato aria in direzione orizzontale.

### 9.4.3 Platea

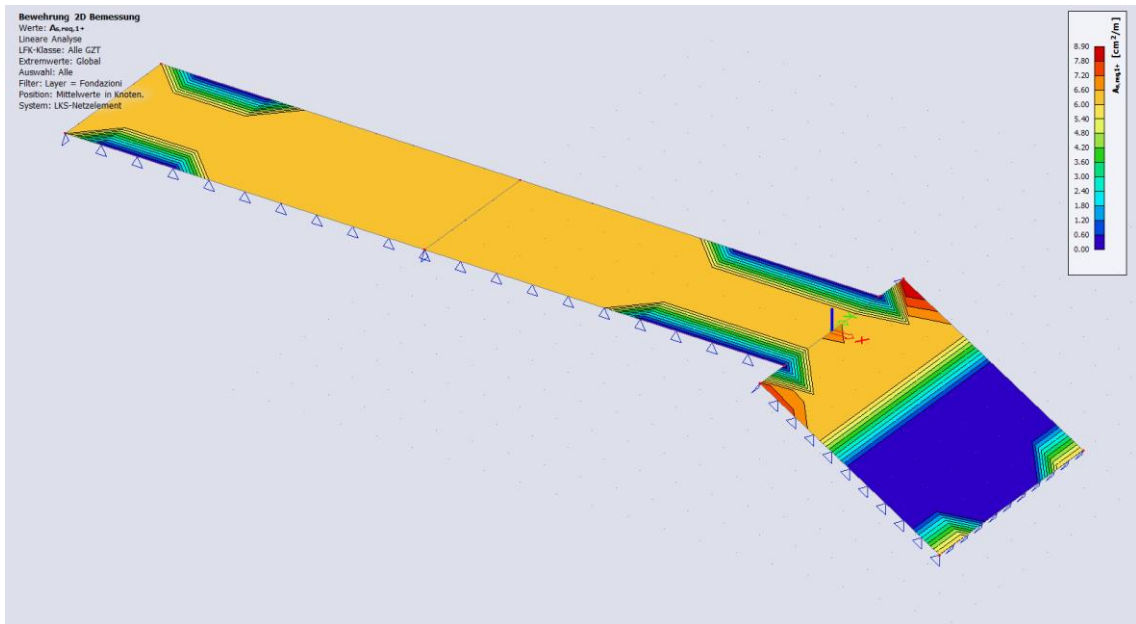
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm<sup>2</sup>/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



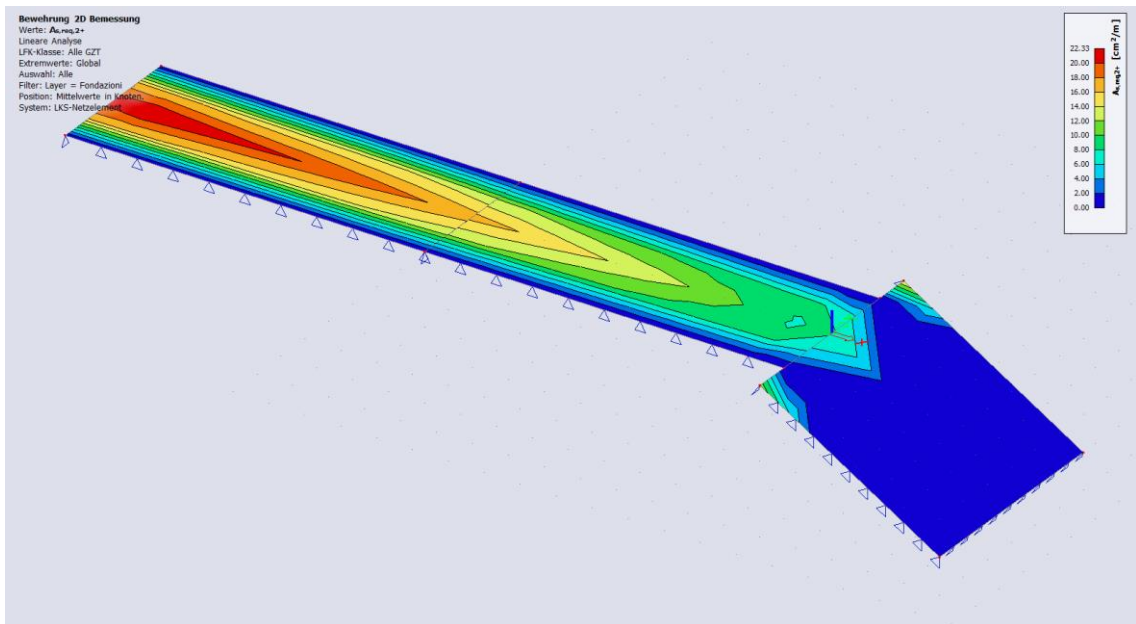
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.



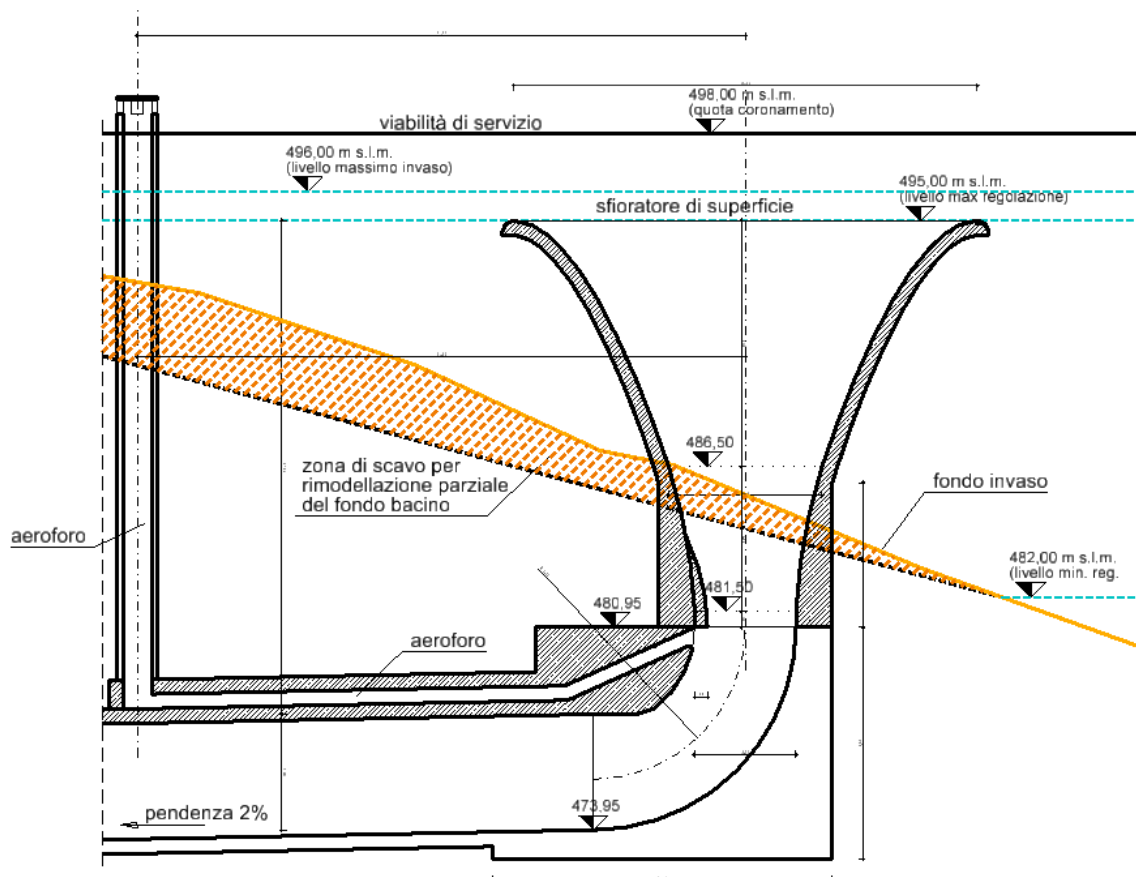
Armatura superiore in direzione 2.

## 10. Invaso di valle – Sfiatore 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 calice:  $s=50-125$  cm.



Le pareti della struttura a calice hanno spessore 50 cm, che aumenta fino a 125 cm nella parte bassa (ultimi cinque metri). 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.

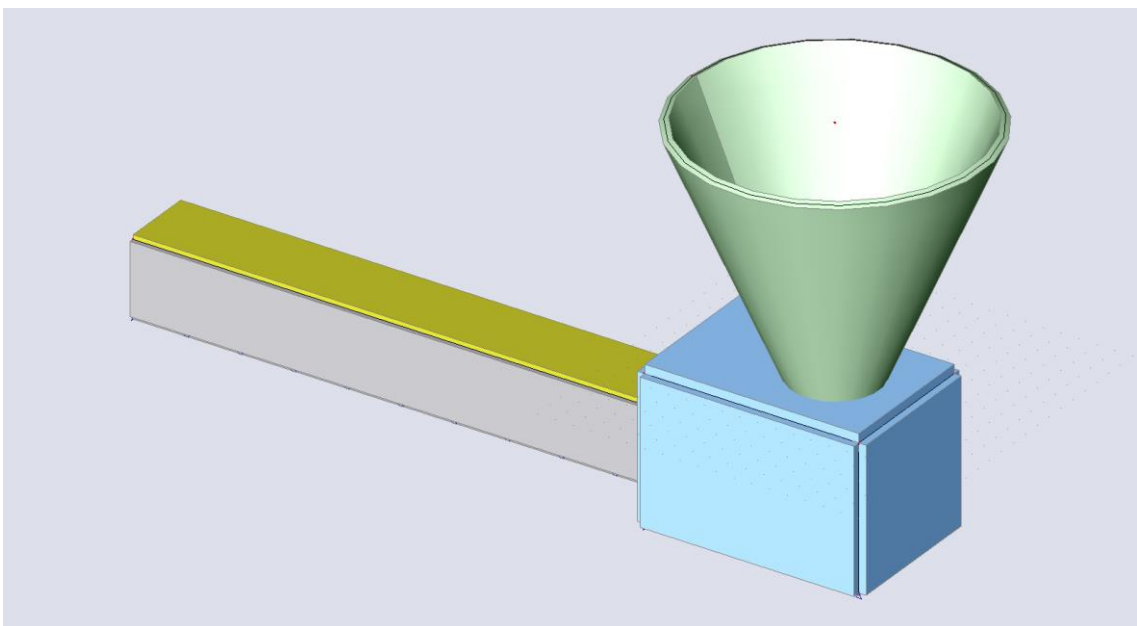
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$  e un coefficiente di spinta attiva  $k_a=0,3$ .

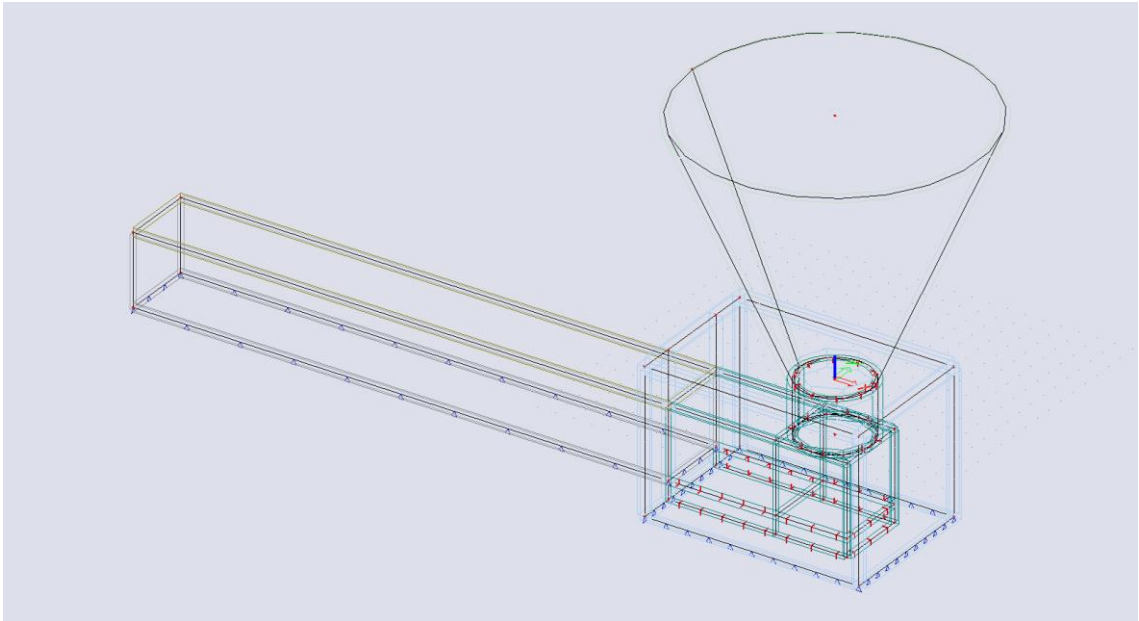
### 10.2.2 Carichi variabili

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

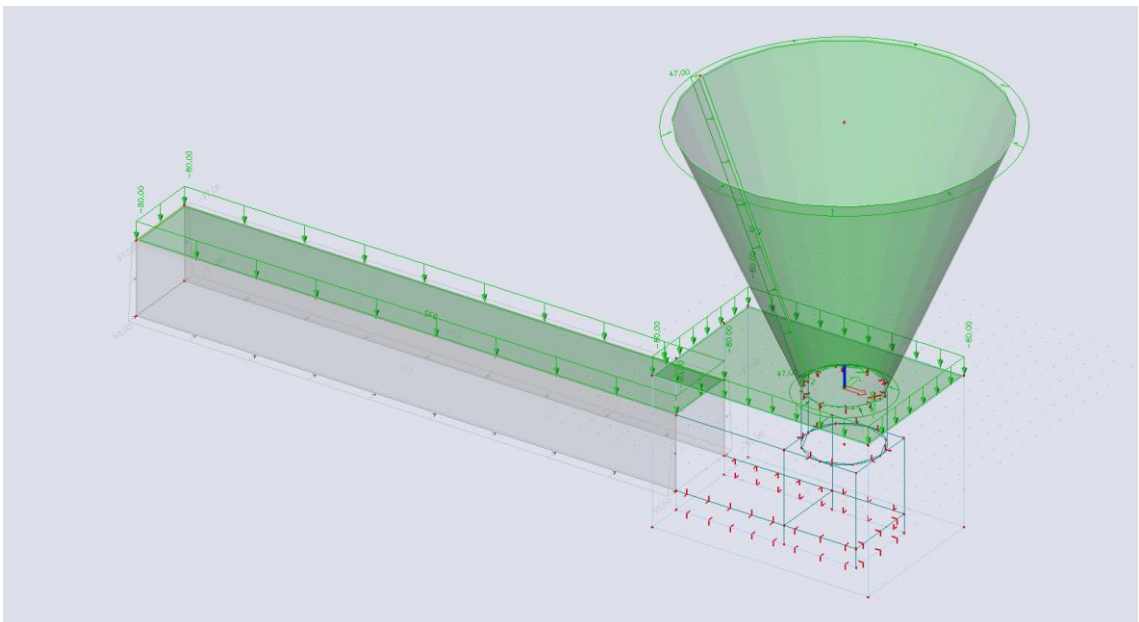
## 10.3 Modello di calcolo e carichi applicati

### 10.3.1 Modello di calcolo



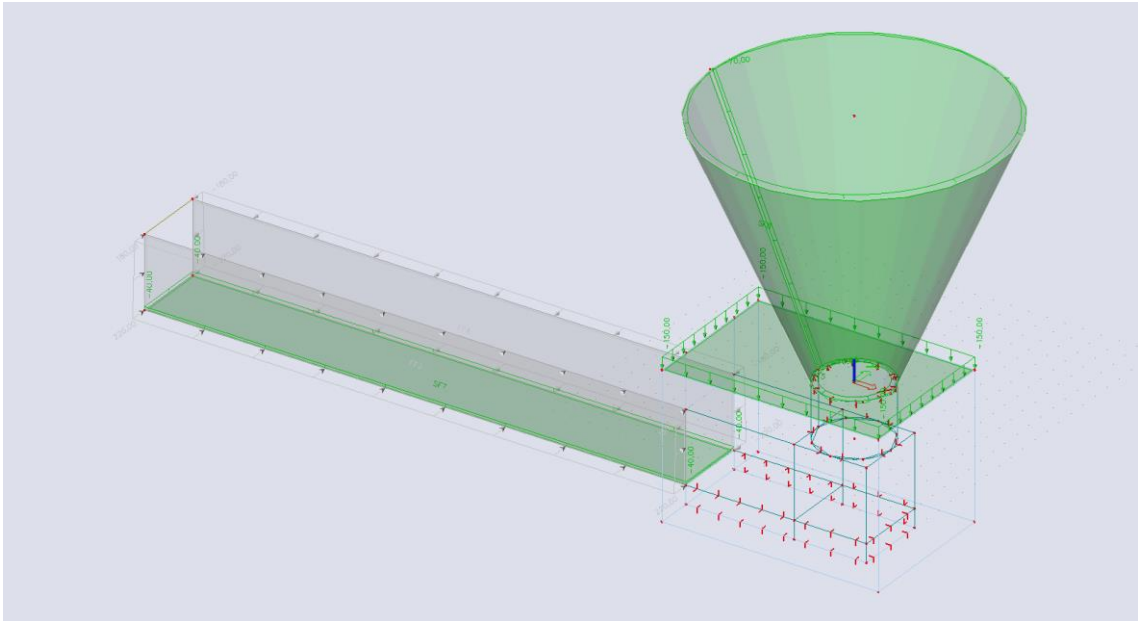


### 10.3.2 Carichi applicati



Sovraccarico permanente peso/spinta terreno.



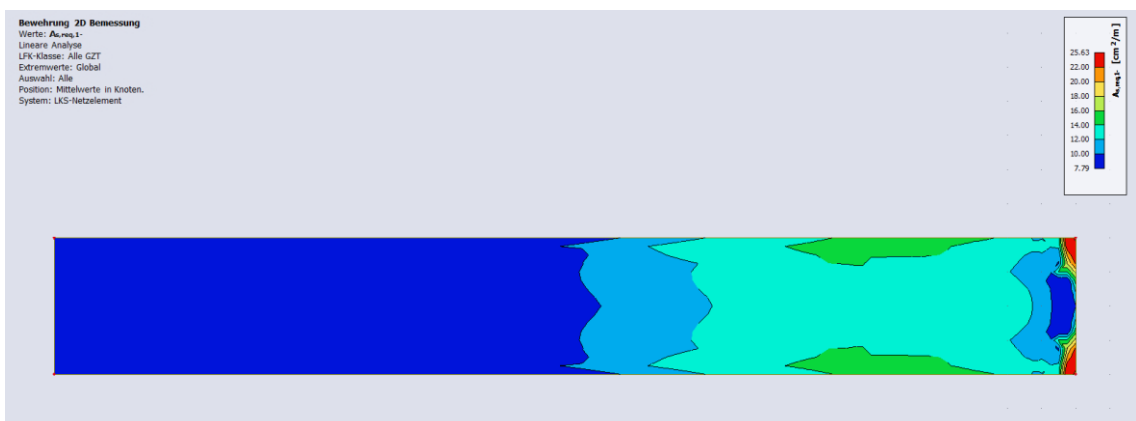


Sovraccarico variabile idrostatico.

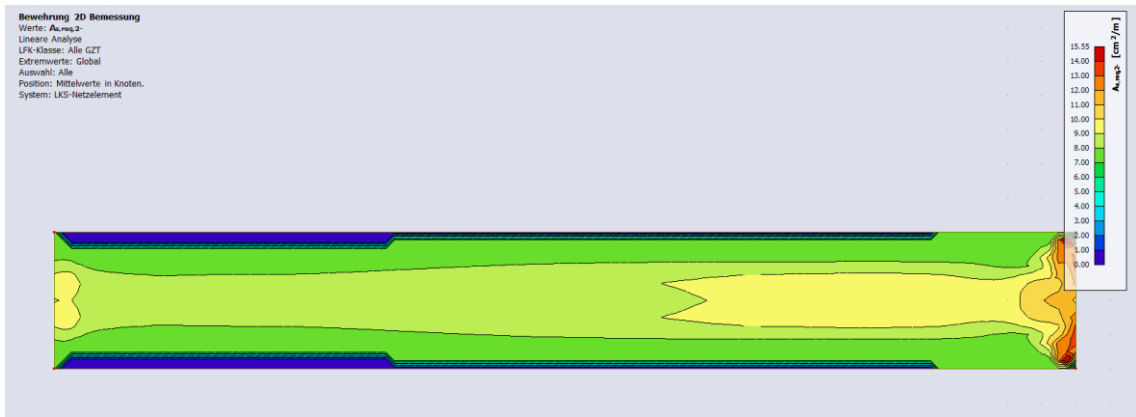
## 10.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 10.4.1 Solaio galleria

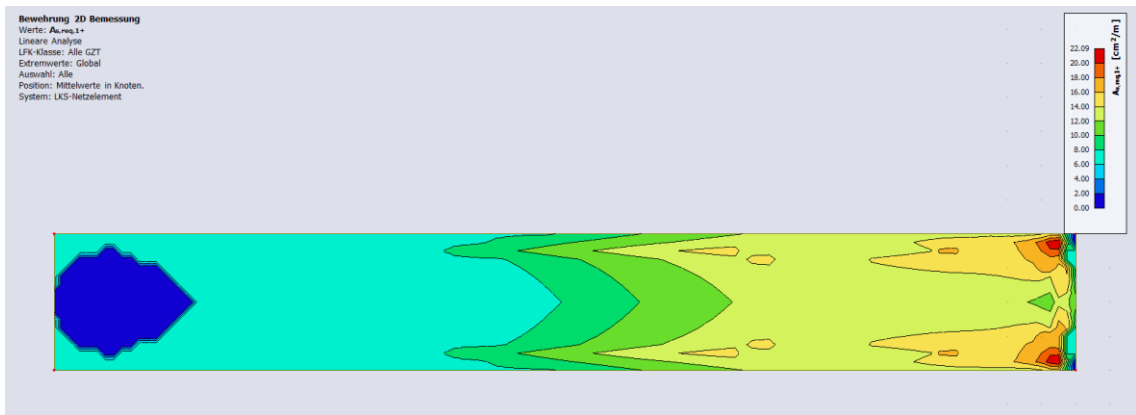
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



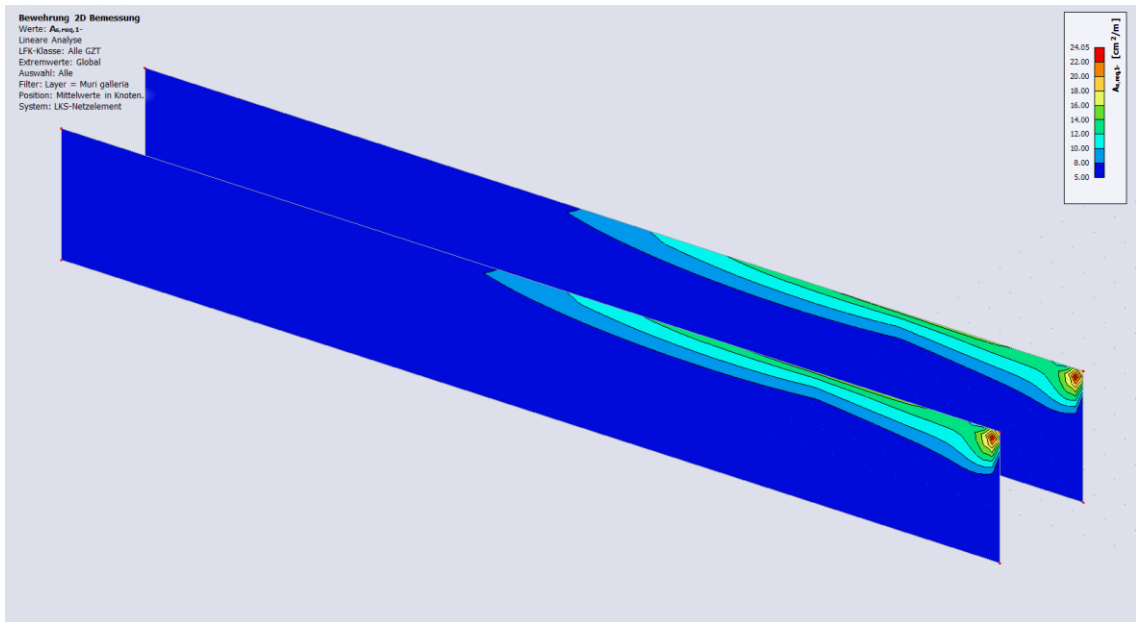
Armatura superiore in direzione 1.



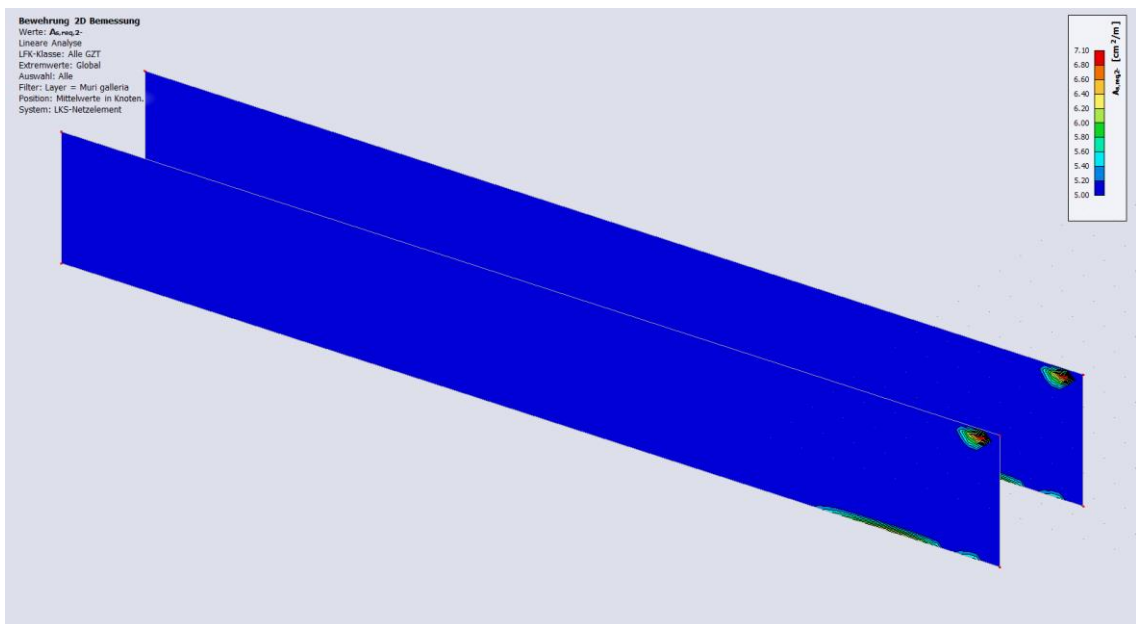
Armatura superiore in direzione 2.

### 10.4.2 Pareti galleria

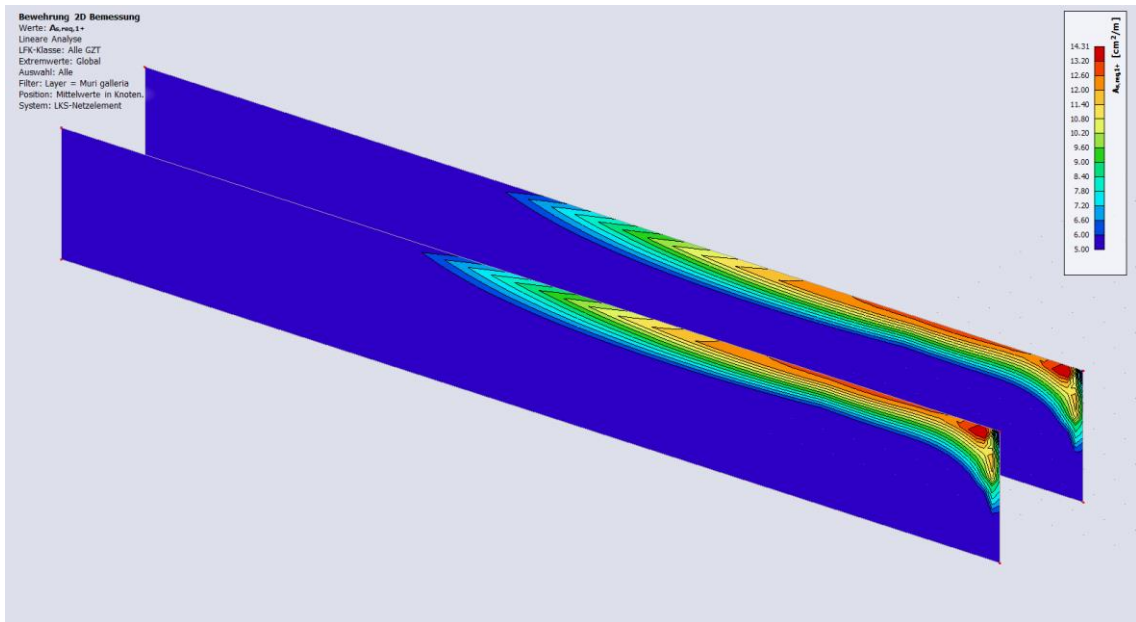
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



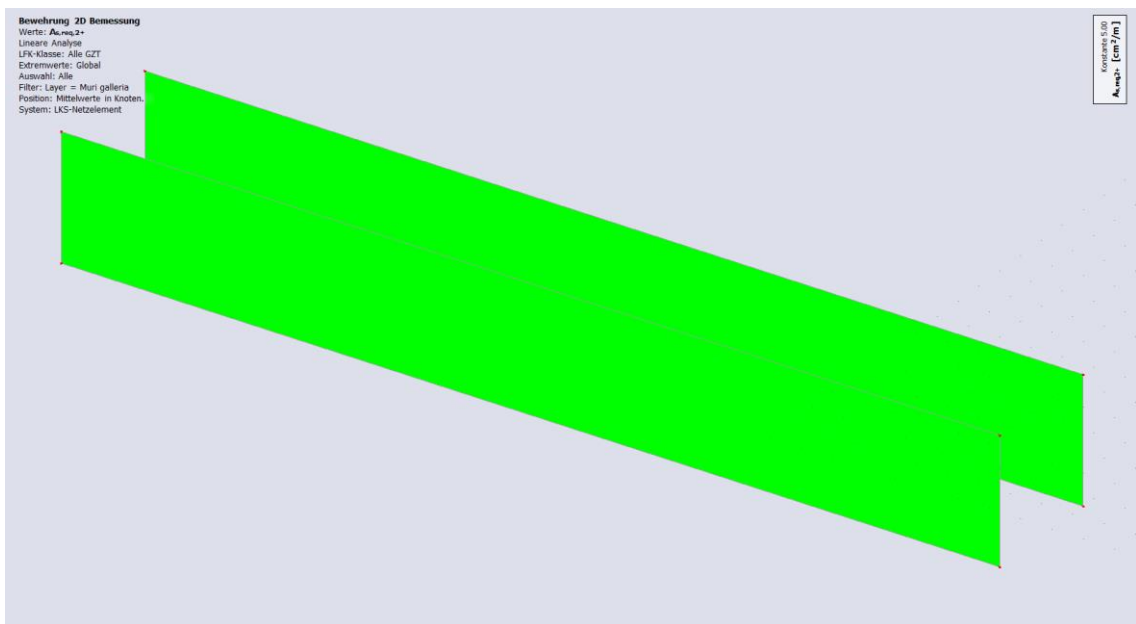
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



Armatura lato aria in direzione orizzontale.



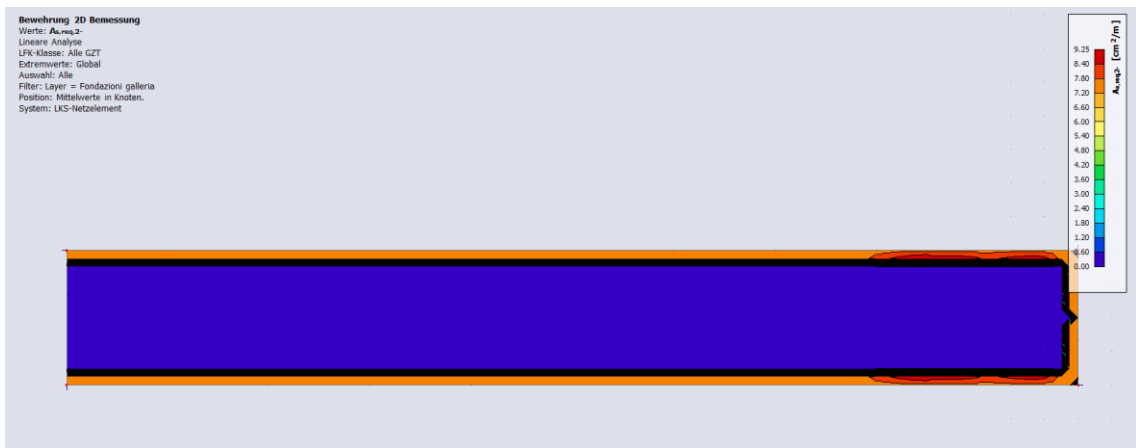
Armatura lato aria in direzione verticale.

### 10.4.3 Platea galleria

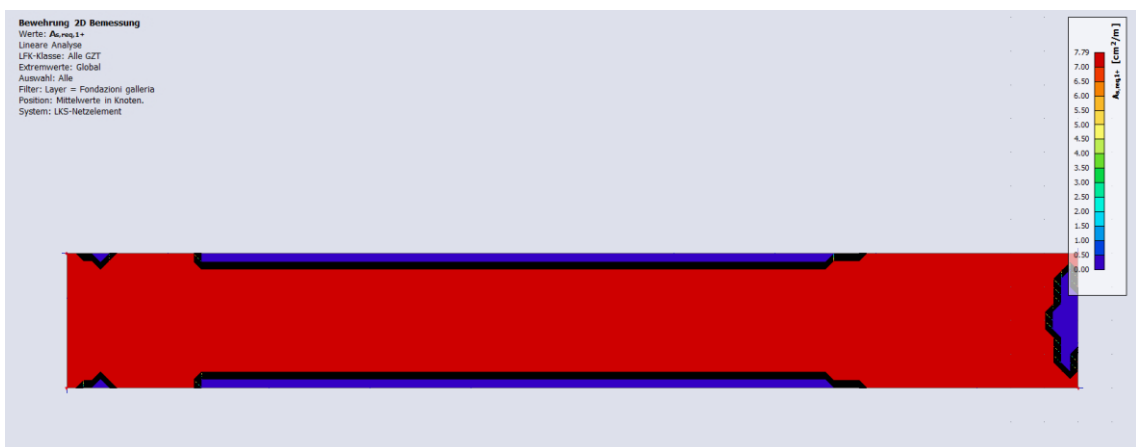
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm<sup>2</sup>/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



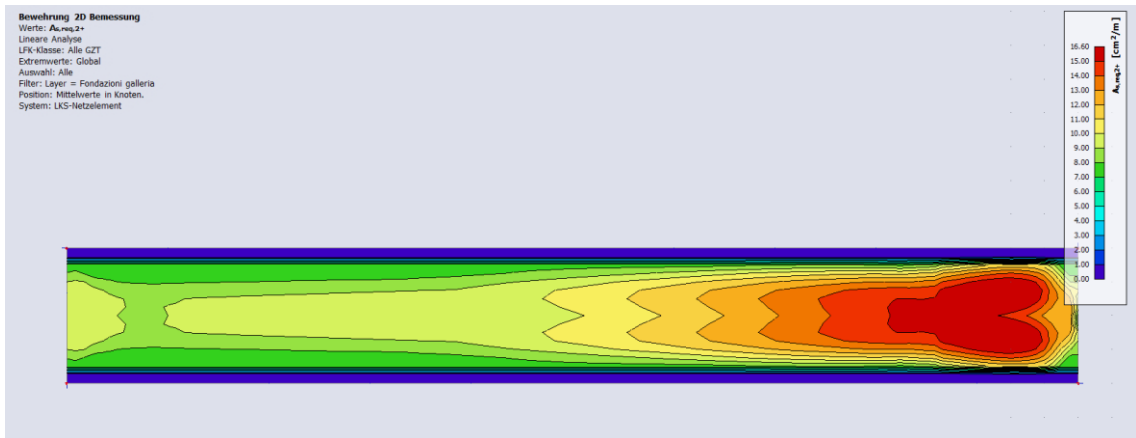
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



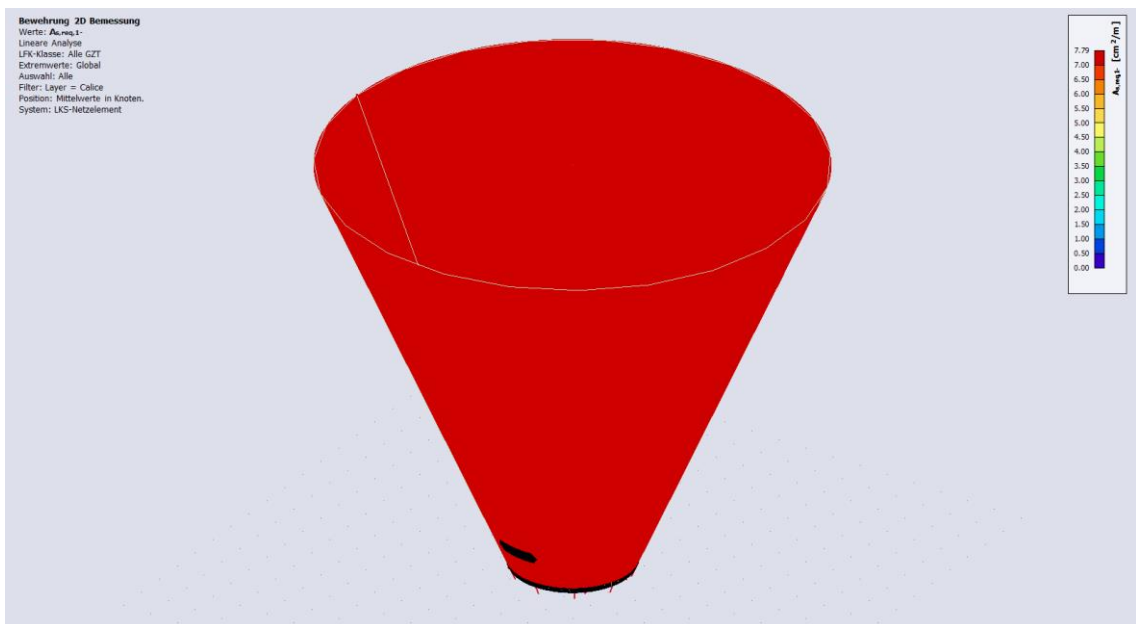
Armatura superiore in direzione 1.



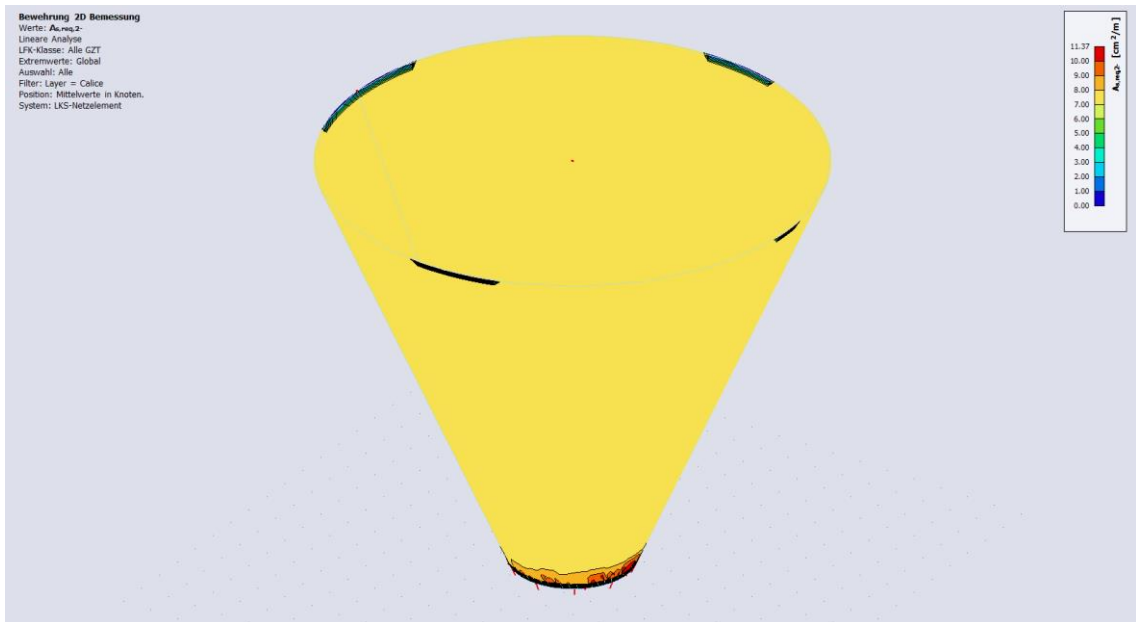
Armatura superiore in direzione 2.

#### 10.4.4 Struttura ad imbuto verticale

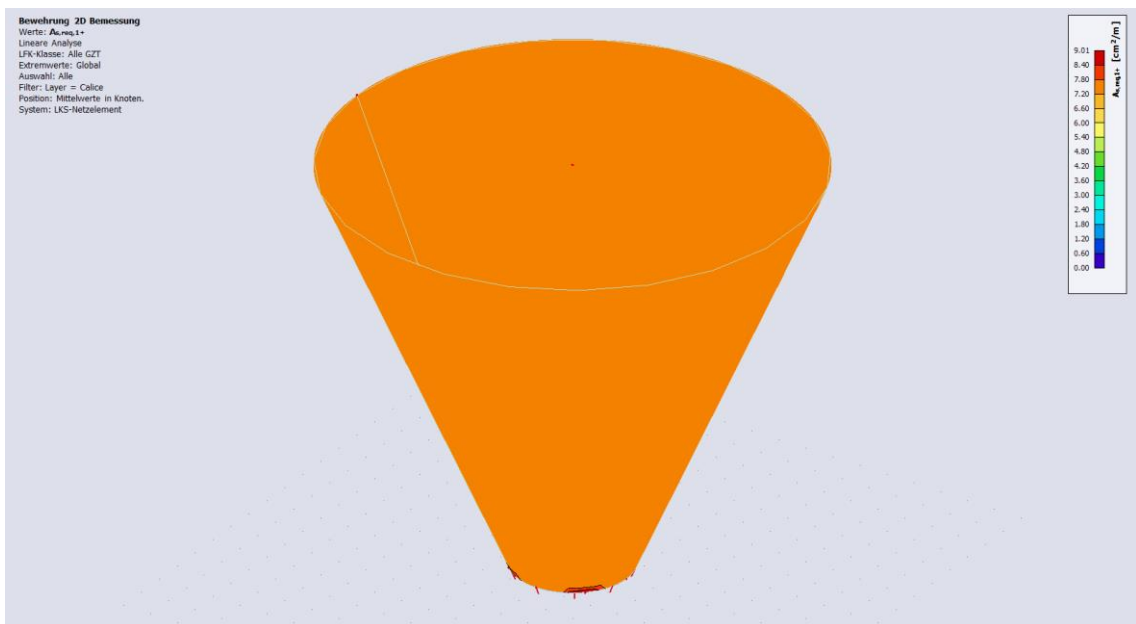
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



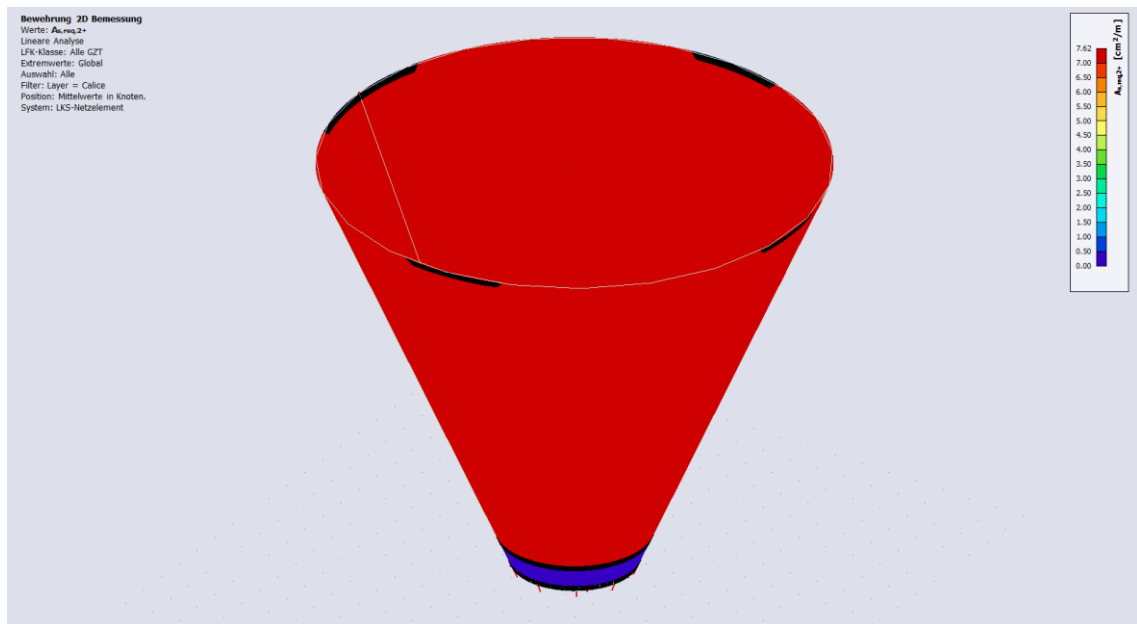
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



Armatura lato aria in direzione orizzontale.



Armatura lato aria in direzione verticale.

## 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 elemento 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

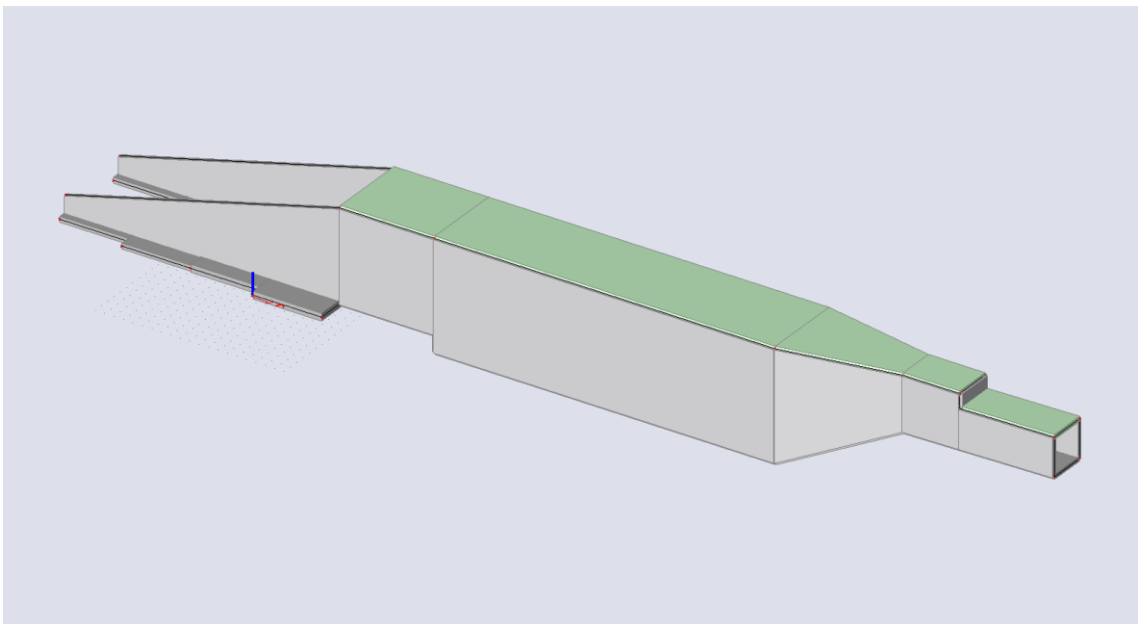
Peso e spinta del terreno: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$  e un coefficiente di spinta attiva  $k_a=0,3$ .

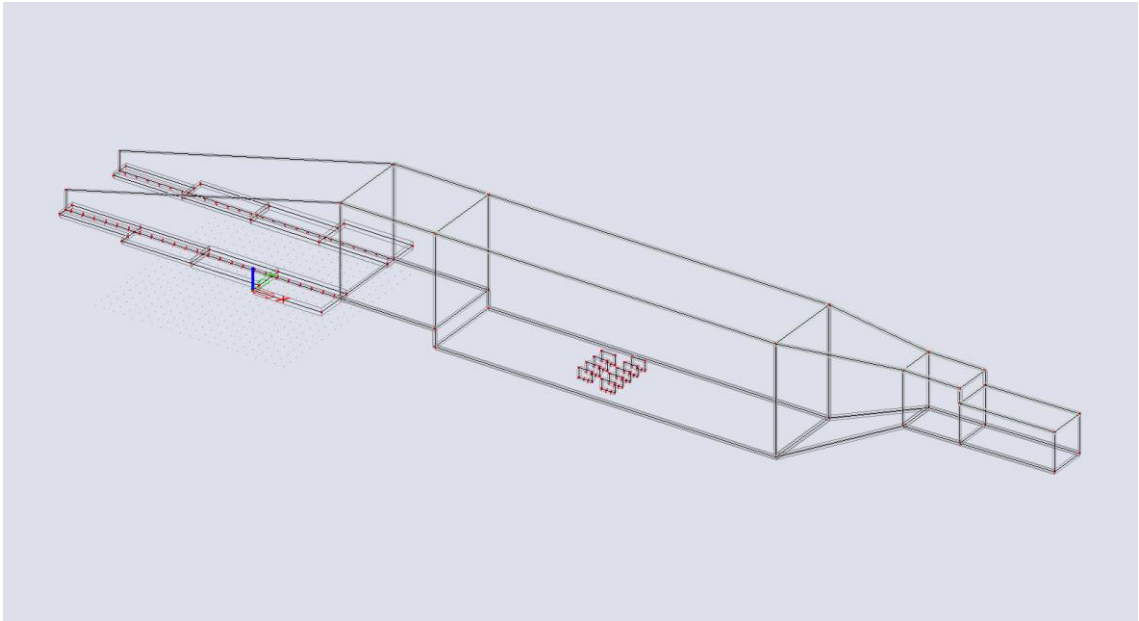
### 11.2.2 Carichi variabili

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

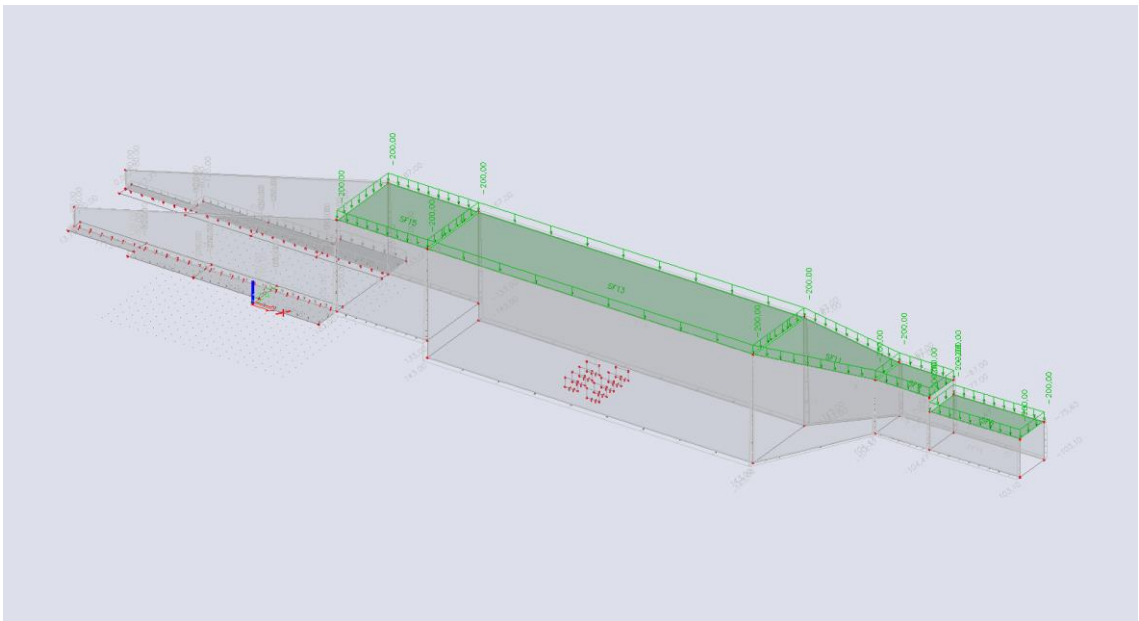
## 11.3 Modello di calcolo e carichi applicati

### 11.3.1 Modello di calcolo

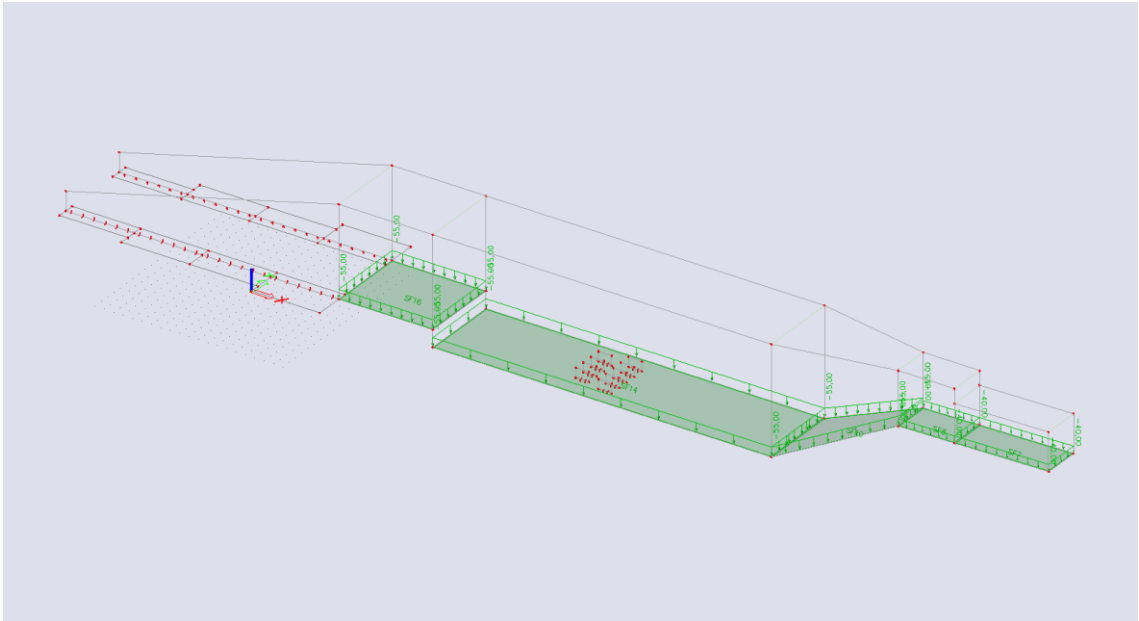




### 11.3.2 Carichi applicati



Sovraccarico permanente: peso, spinta del terreno.

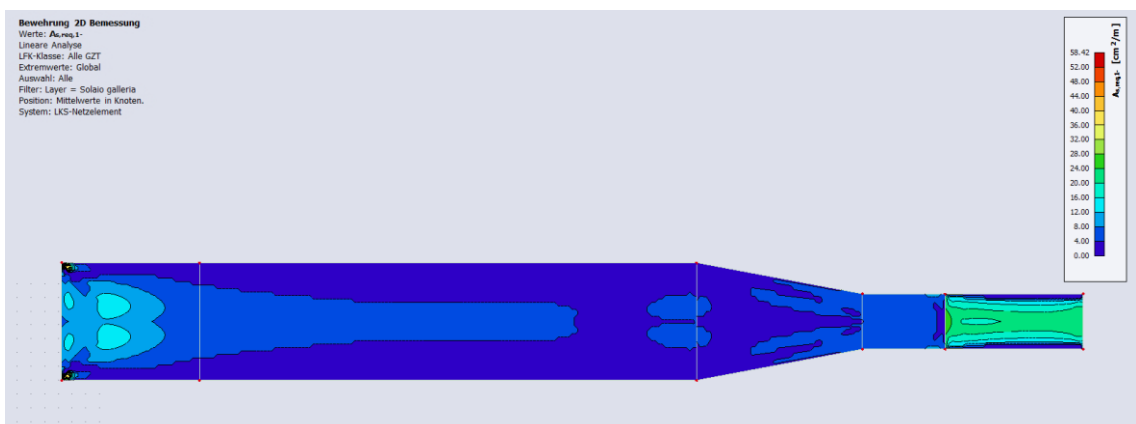


Sovraccarico variabile: peso, spinta dell'acqua.

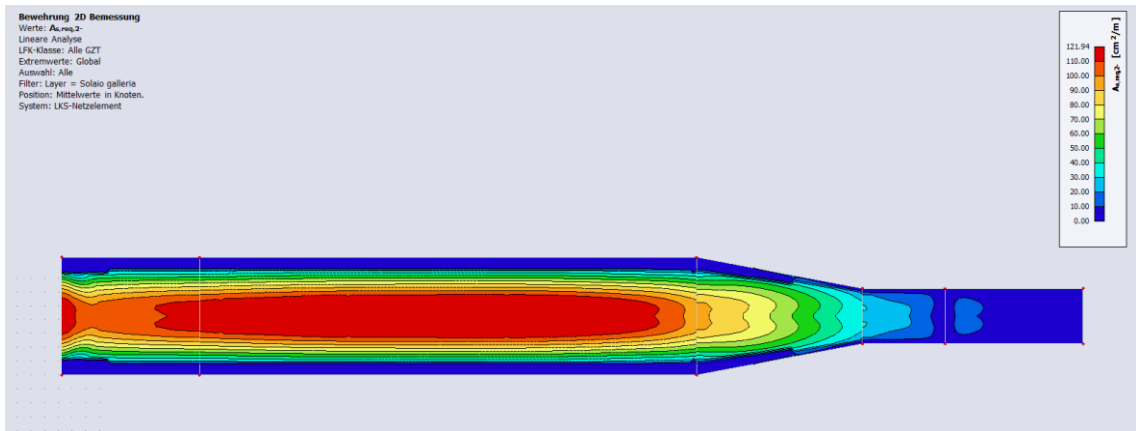
## 11.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 11.4.1 Solaio

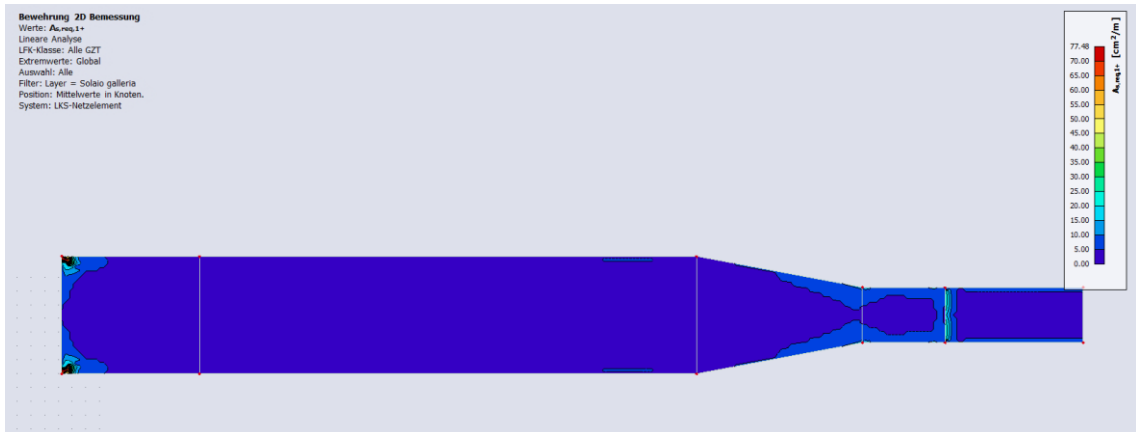
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



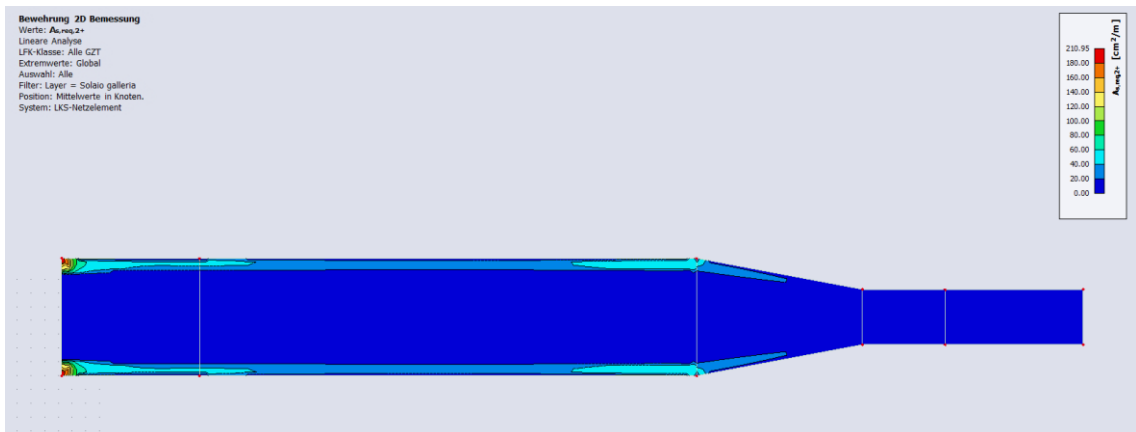
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



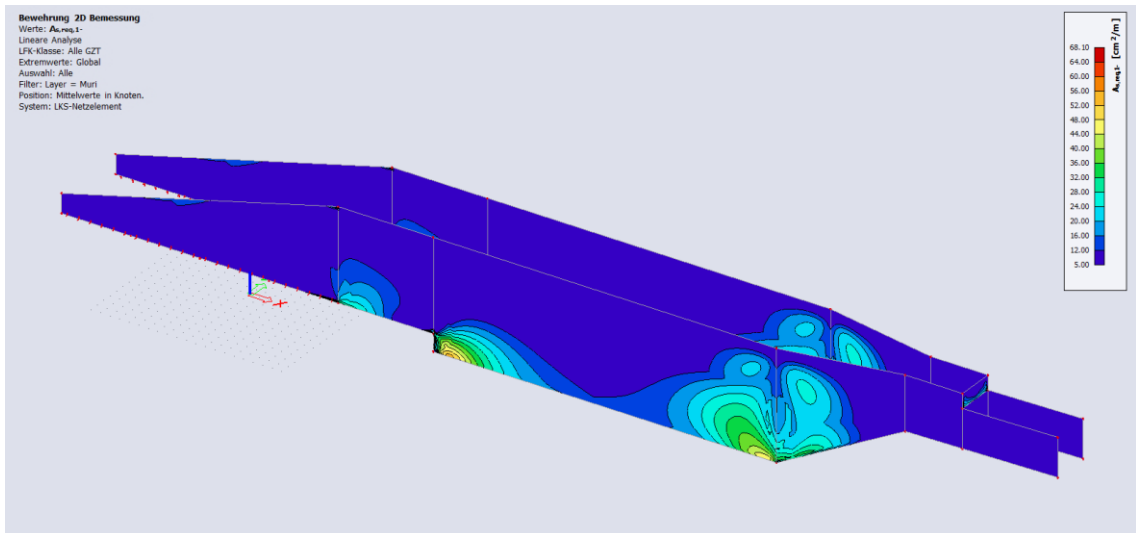
Armatura superiore in direzione 1.



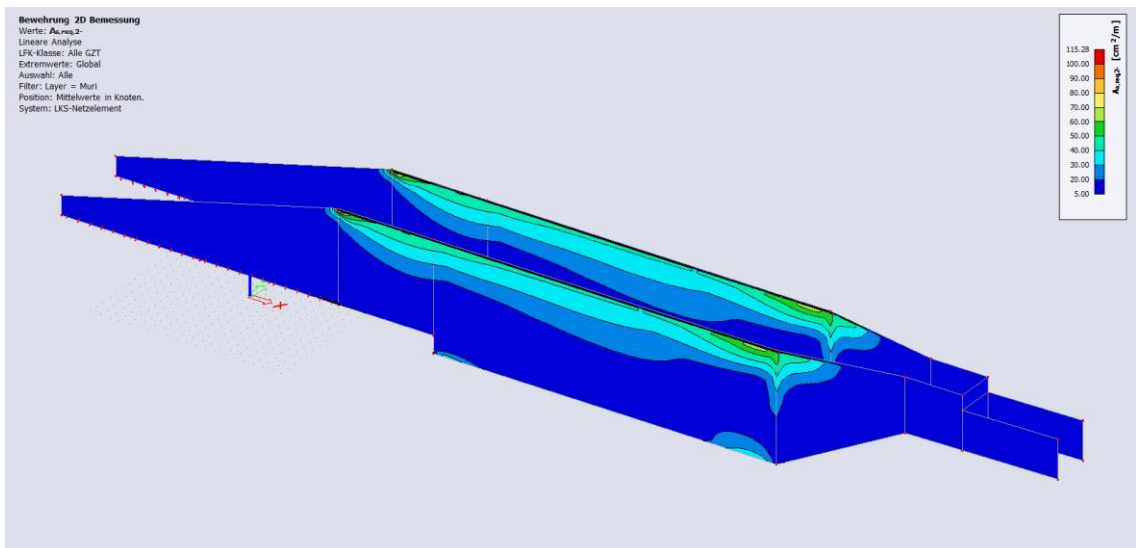
Armatura superiore in direzione 2.

### 11.4.2 Pareti

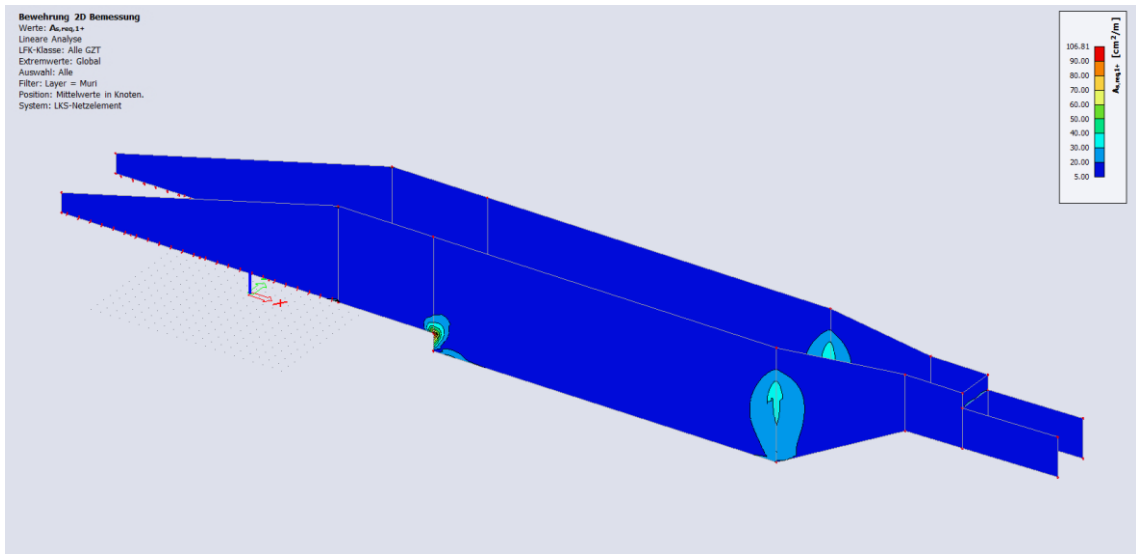
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato terreno e lato aria, in direzione orizzontale e verticale.



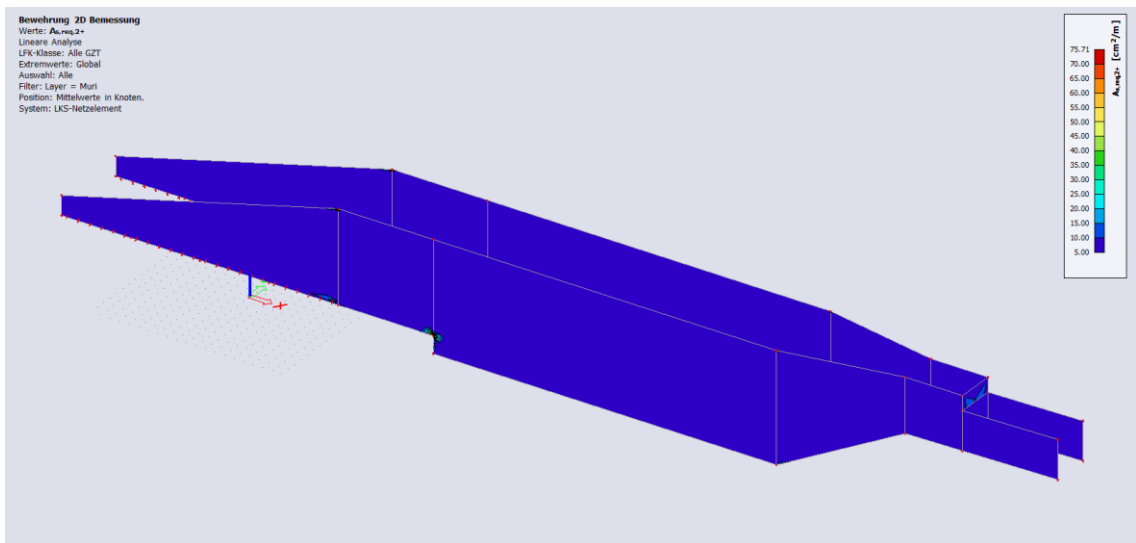
Armatura lato terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato terreno in direzione verticale.



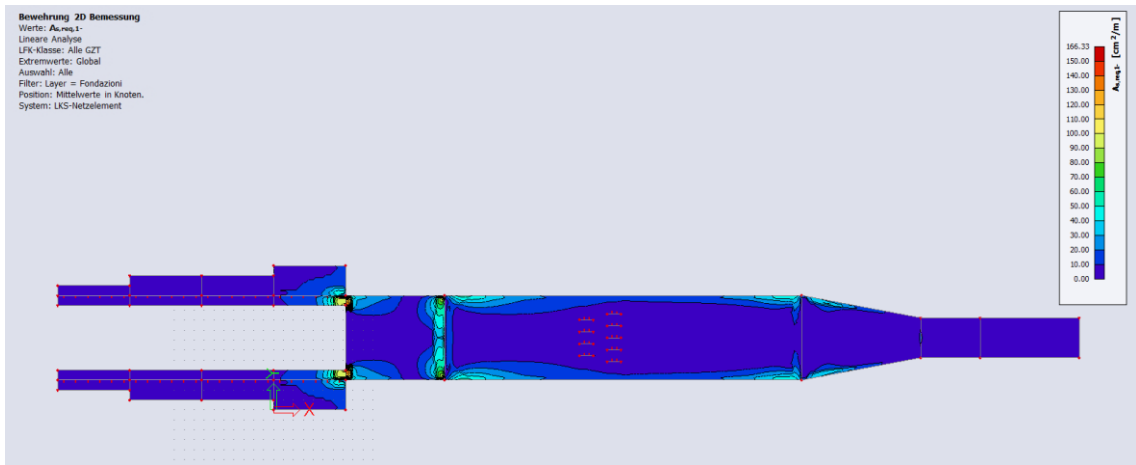
Armatura lato aria in direzione orizzontale.



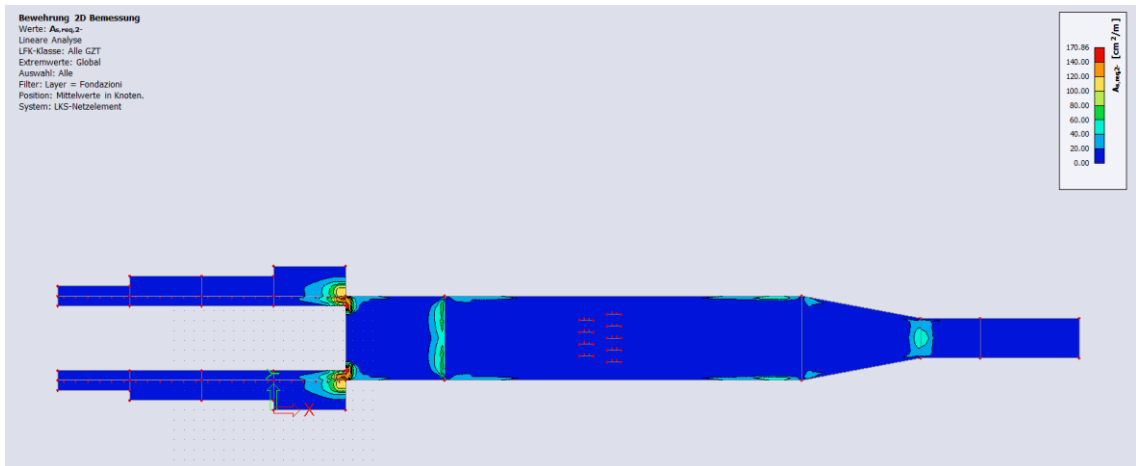
Armatura lato aria in direzione orizzontale.

### 11.4.3 Fondazioni (platee, travi rovesce)

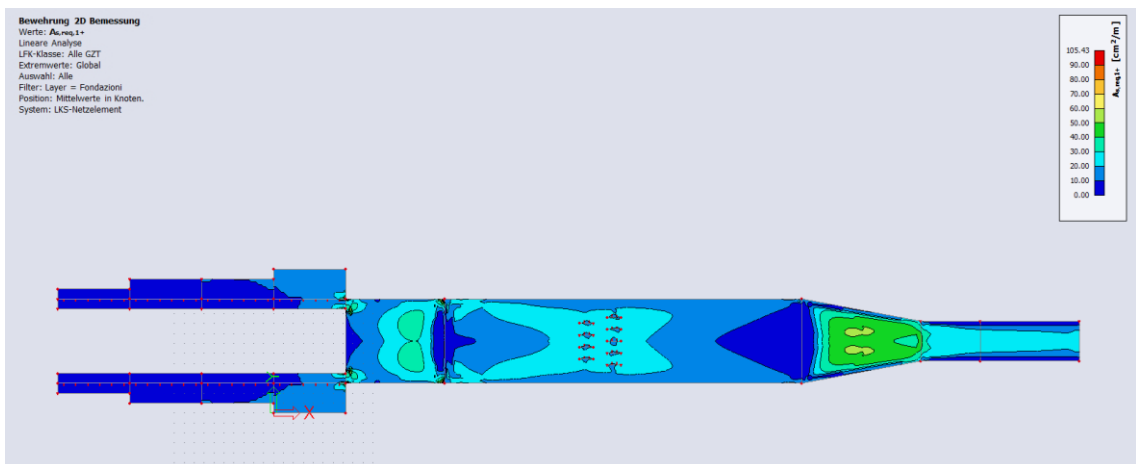
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



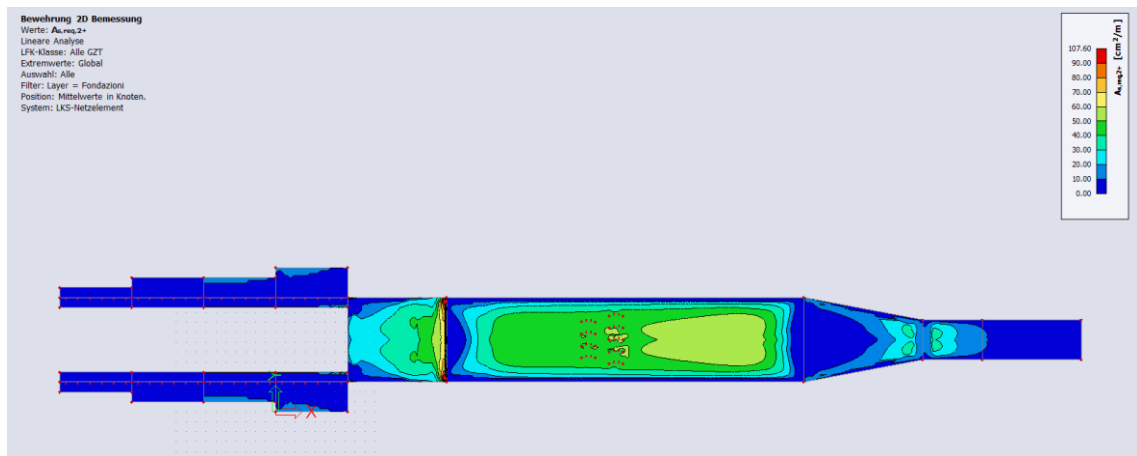
Armatura inferiore in direzione 1.



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.

- solaio mezzanino locale ingresso                      s=50 cm,
- solaio ingresso locale trasformatori                      s=80 cm,
- solaio vano ascensore                                      s=25 cm,
- altri solai    s=100 cm,
- fondazioni    s=100 cm,
- pareti esterne sopra piano campagna                      s=100 cm,
- pareti esterne interrate                                      s=100 cm,
- pareti vano ascensore                                      s=30 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 <sup>2</sup>
Carico generatori		
Due generatori da 360 tonn ciascuno	$g_3 =$	3600 kN
Carico trasformatori		
Due trasformatori da 150 tonn ciascuno	$g_4 =$	1500 kN
Due trasformatori da 75 tonn ciascuno	$g_5 =$	750 kN
Carico gruppi elettrogeni		
Due gruppi elettrogeni da 15 tonn ciascuno	$g_6 =$	450 kN
(incluso incremento per contraccolpo (x2,5/3,0))		
Carico girante (50 tonn)	$g_7 =$	500 kN

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

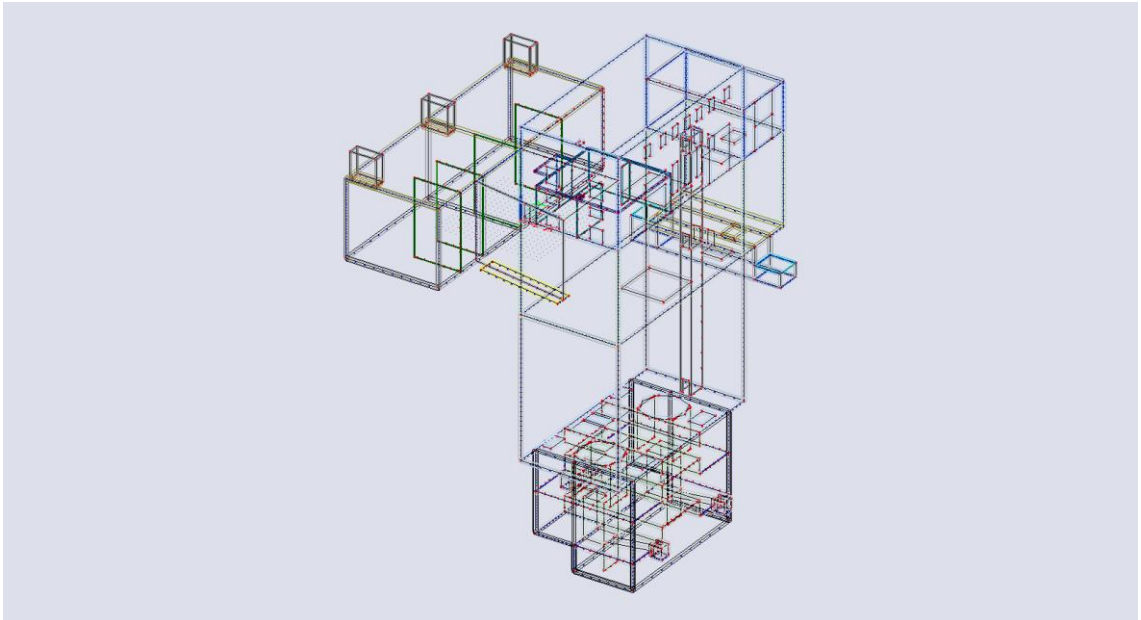
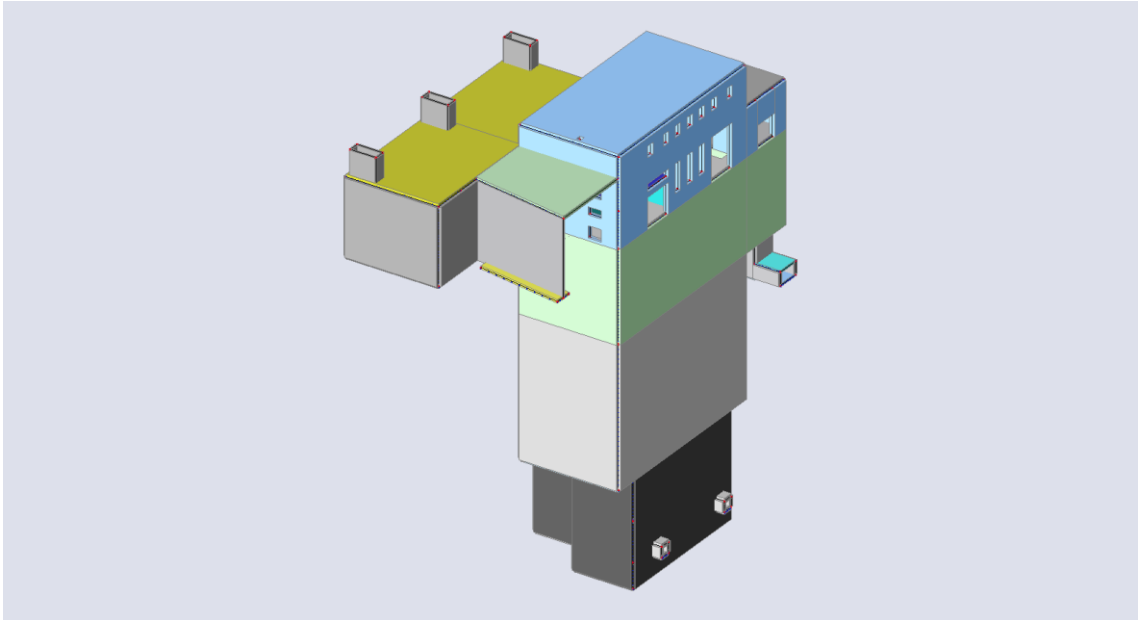
### 12.2.2 Carichi variabili

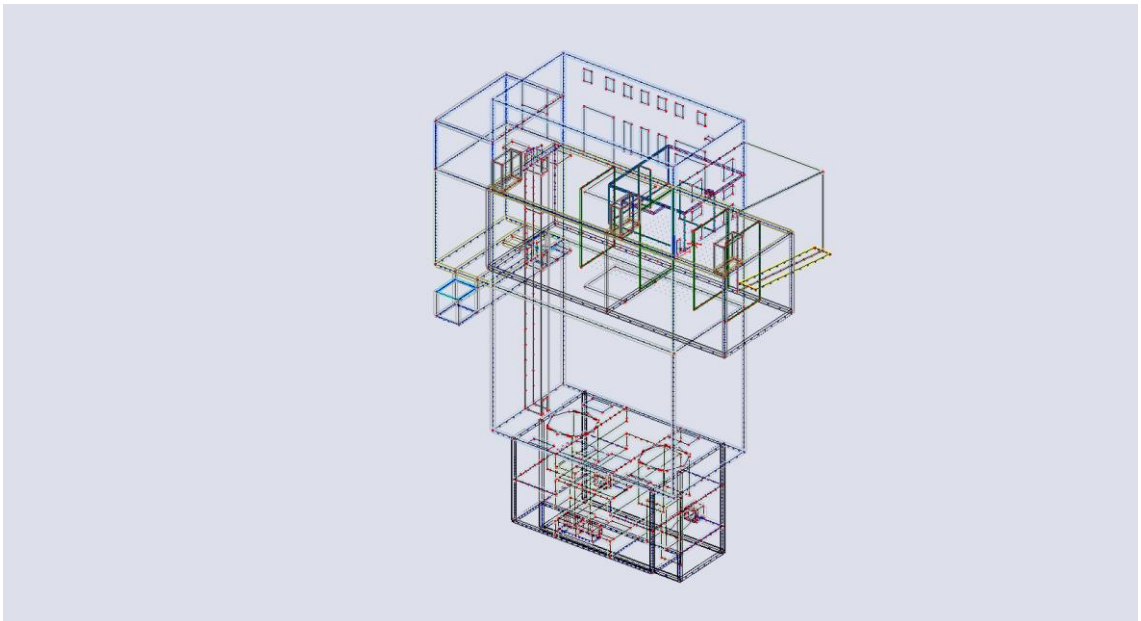
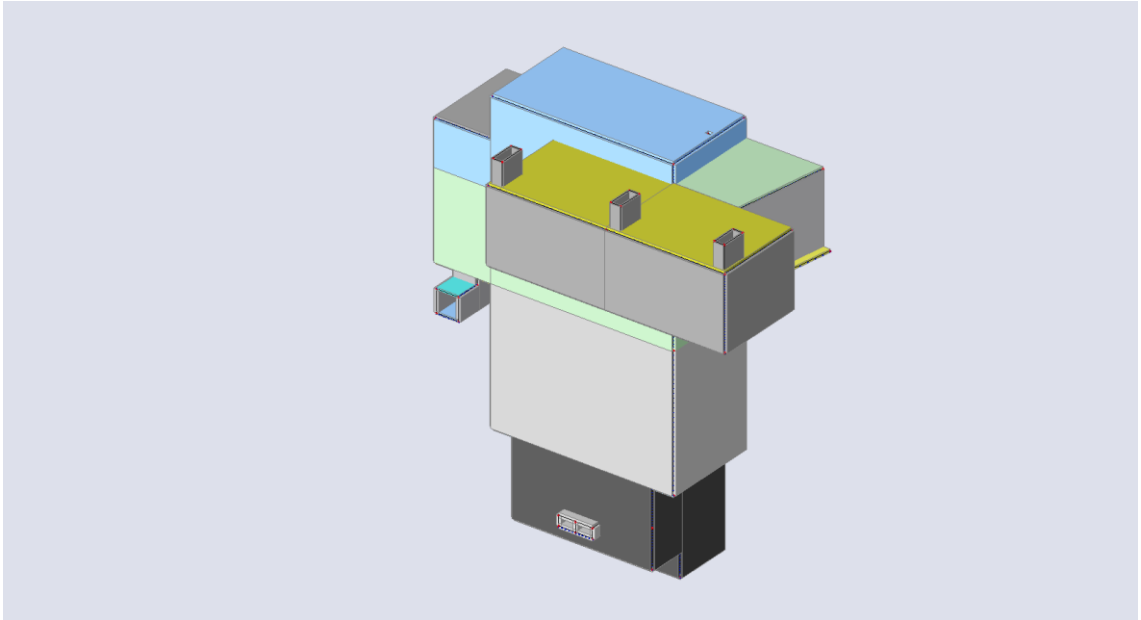
Carico di servizio sui solai	$q_1 =$	2,00/5,00/10,00 kN/m <sup>2</sup>
Carico neve	$q_2 =$	1.06 kN/m <sup>2</sup>

Peso e spinta dell'acqua: sono calcolati considerando un peso specifico  $\gamma=10,0$  kN/m<sup>3</sup>.

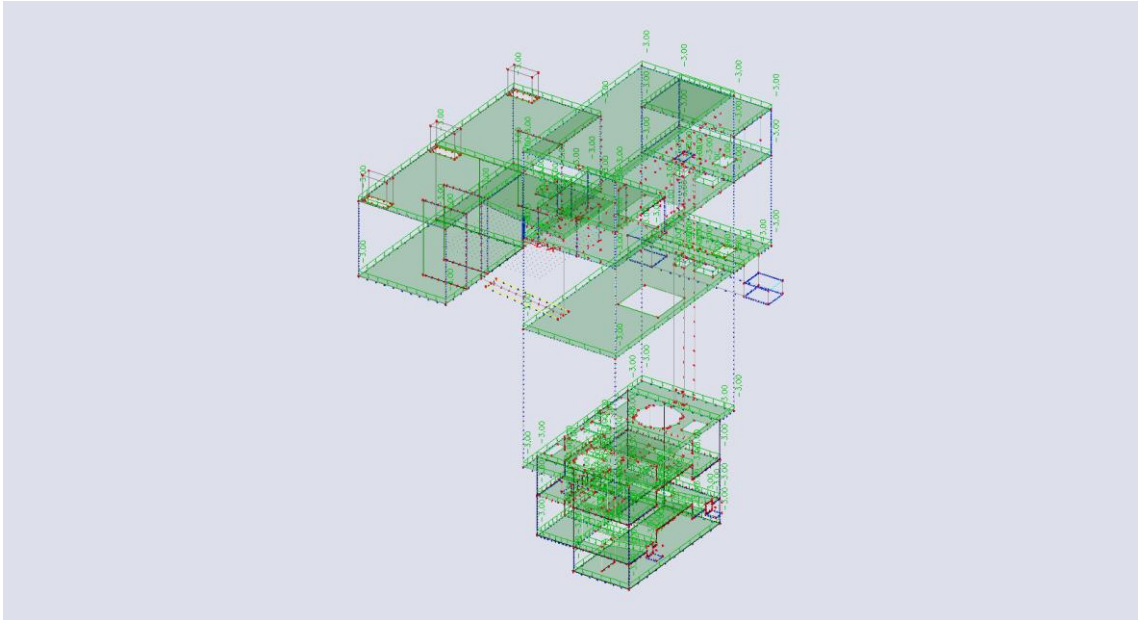
## 12.3 Modello di calcolo e carichi applicati

### 12.3.1 Modello di calcolo

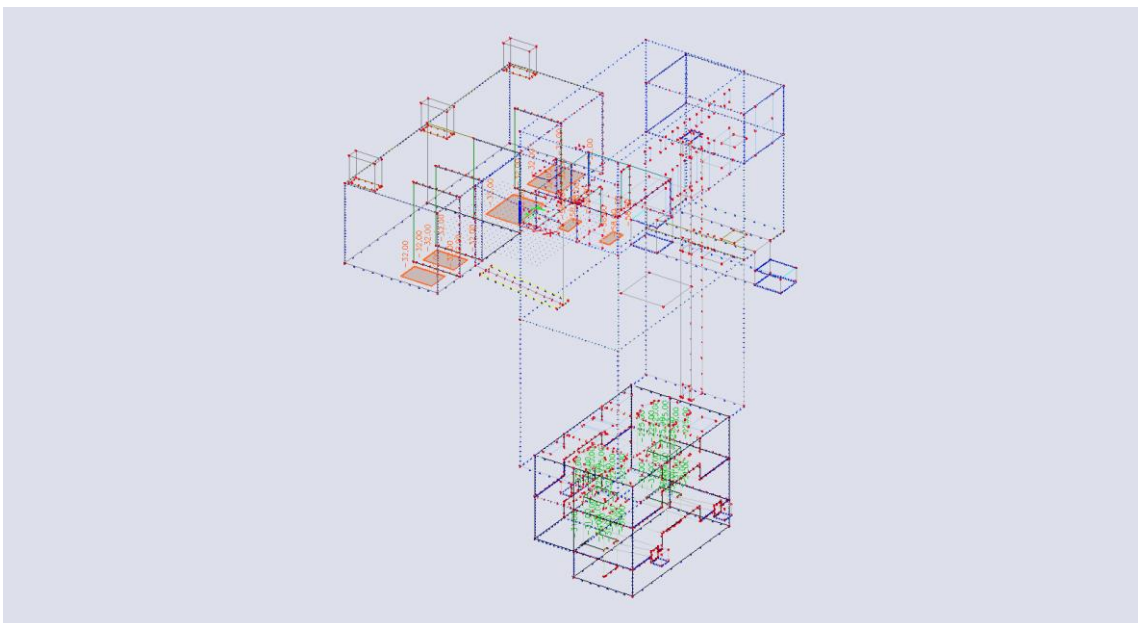




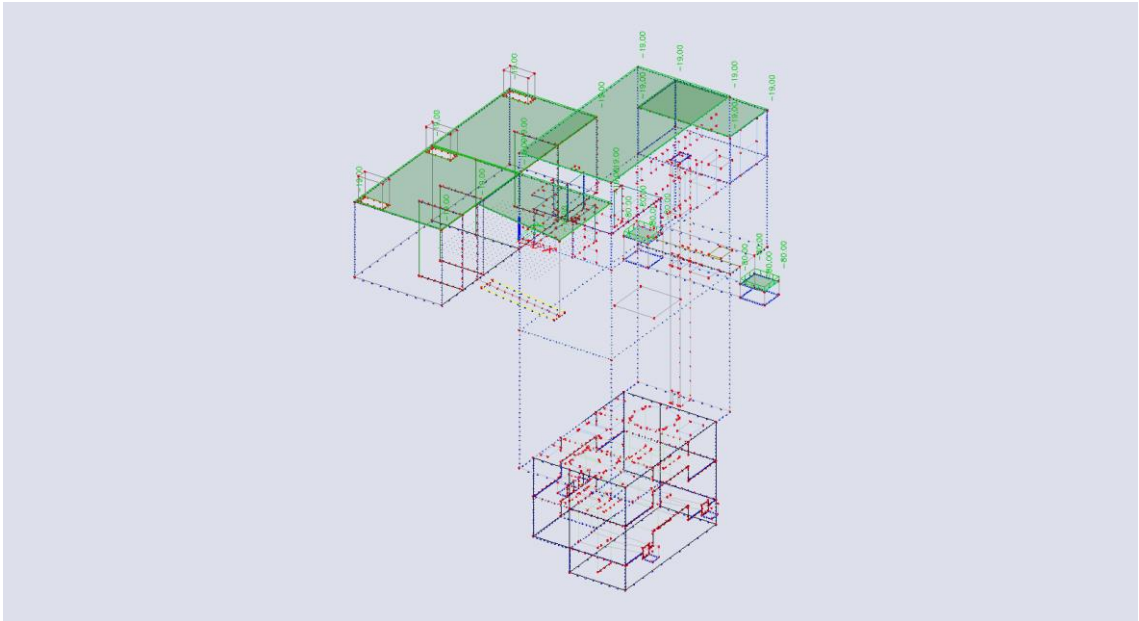
### 12.3.2 Carichi applicati



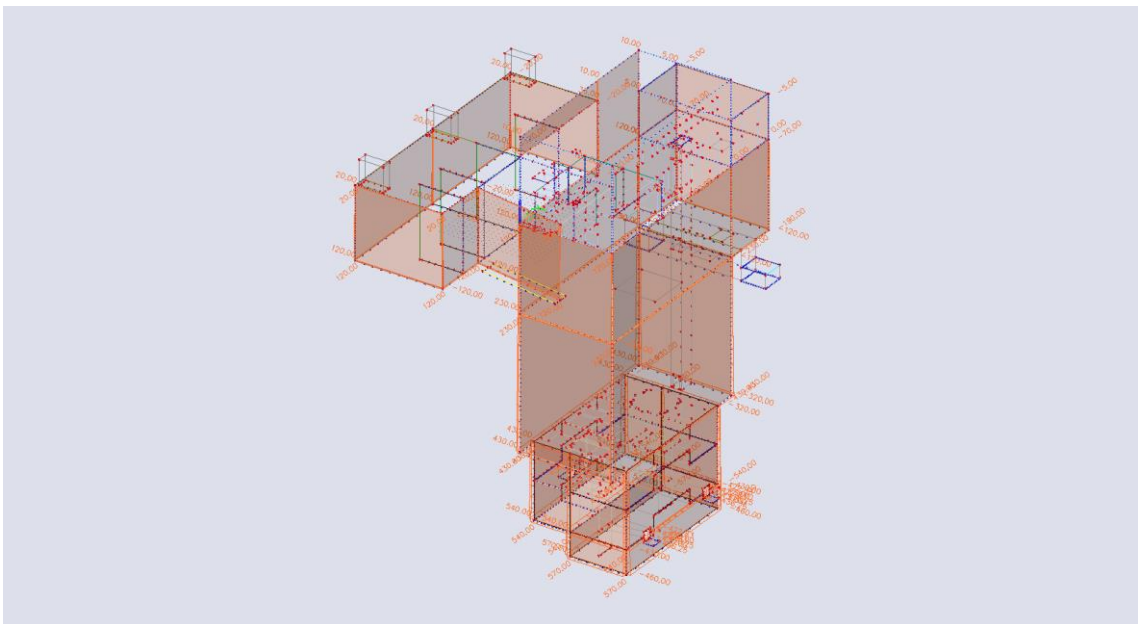
Sovraccarico permanente solai.



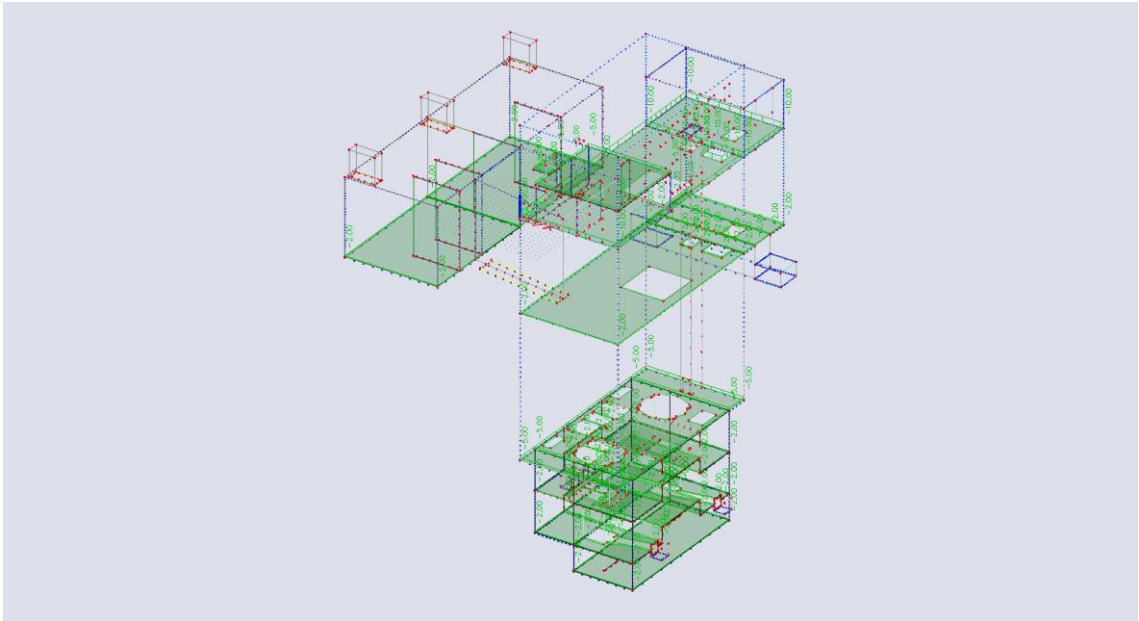
Sovraccarico permanente macchinari.



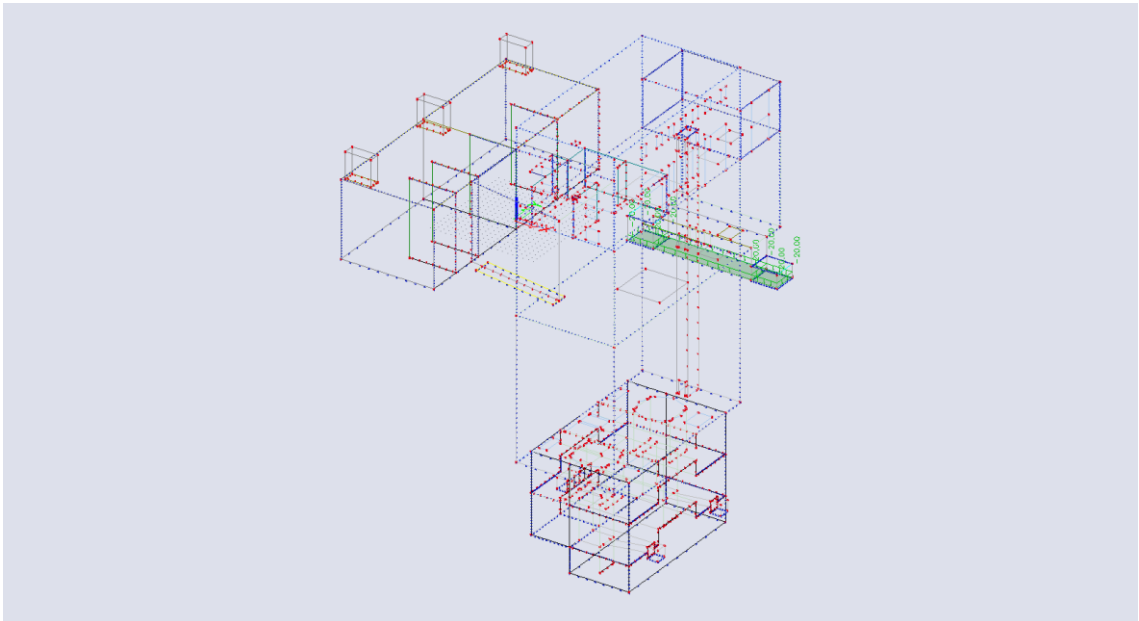
Sovraccarico permanente peso terreno.



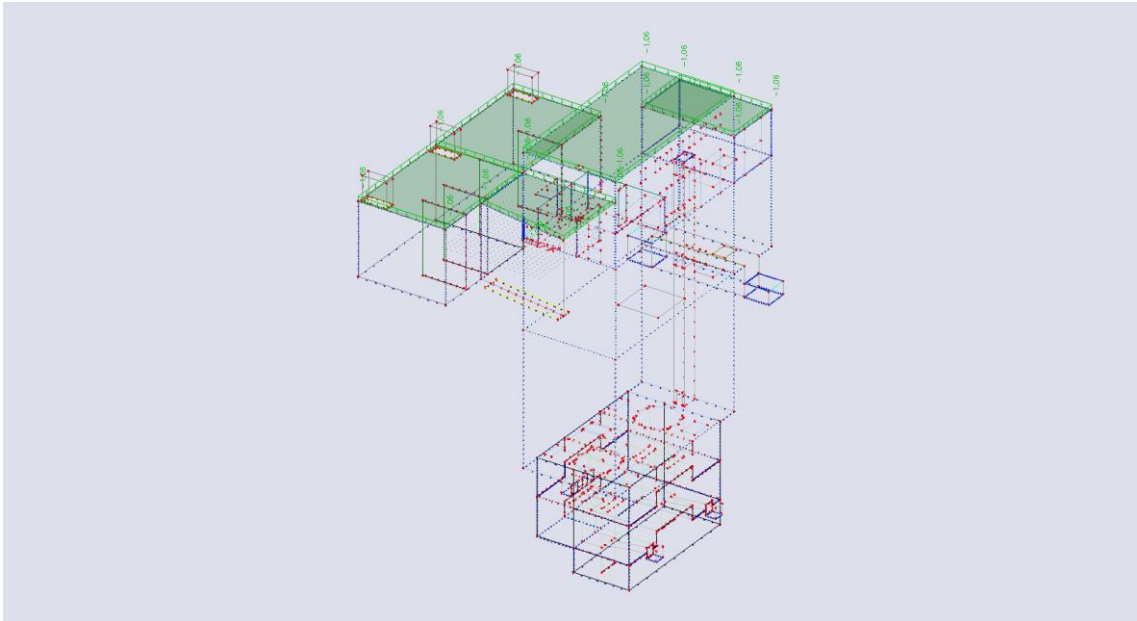
Sovraccarico permanente spinta terreno.



Sovraccarico variabile solai.



Sovraccarico variabile idrostatico.



Sovraccarico variabile neve.

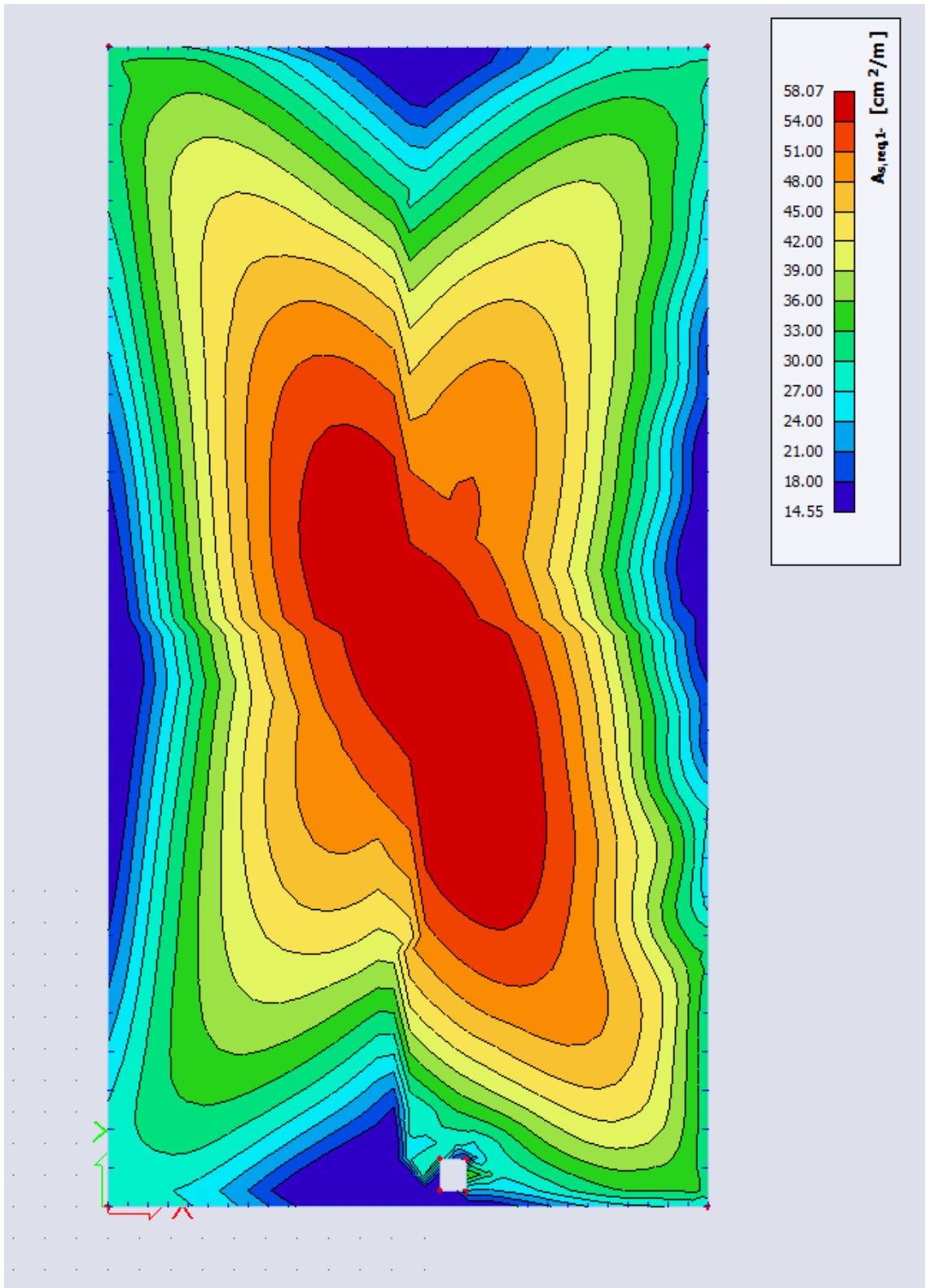
## 12.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

Si riportano di seguito le armature necessarie negli elementi principali della struttura.

### 12.4.1 Solaio copertura edificio principale

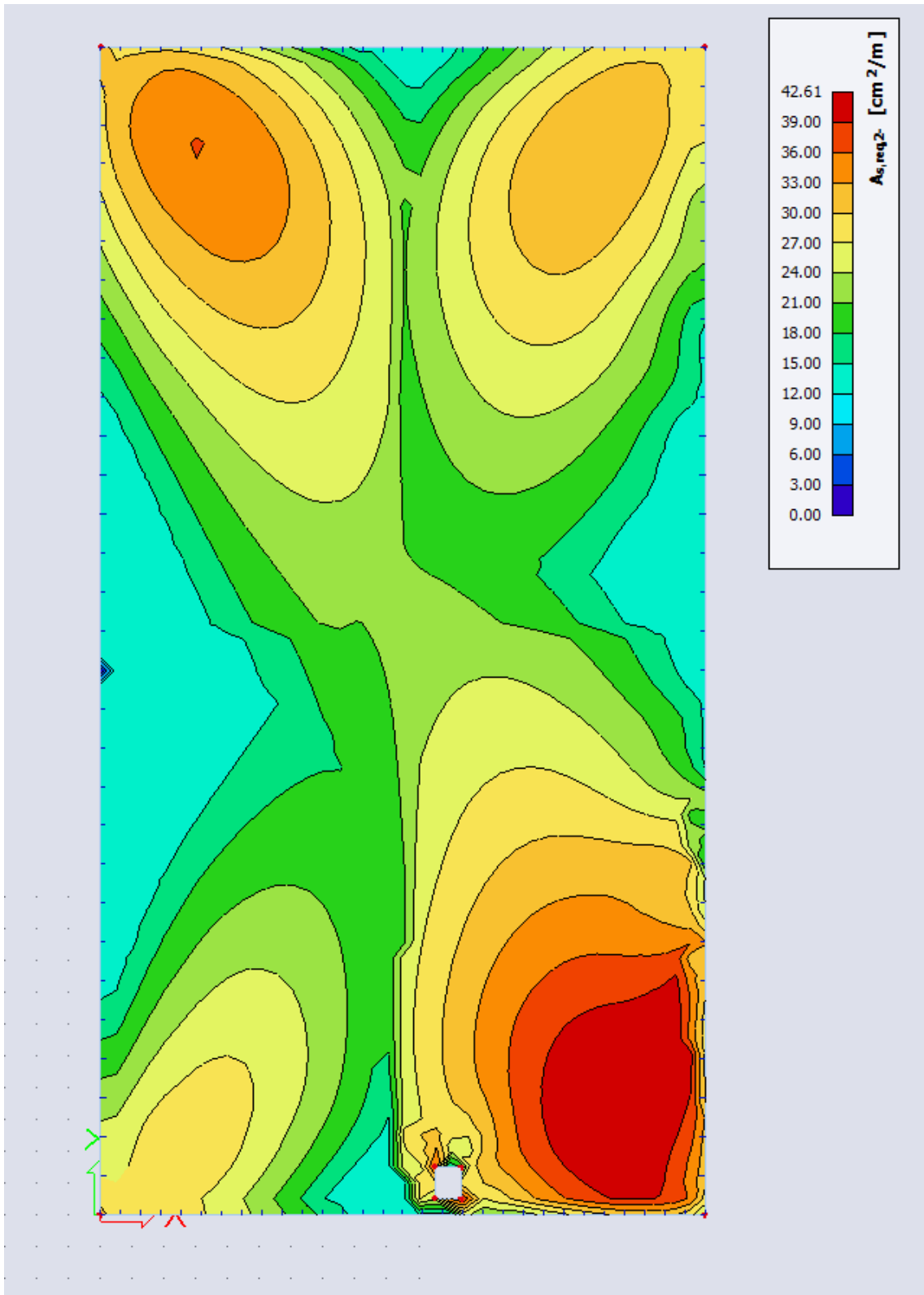
#### 12.4.1.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

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

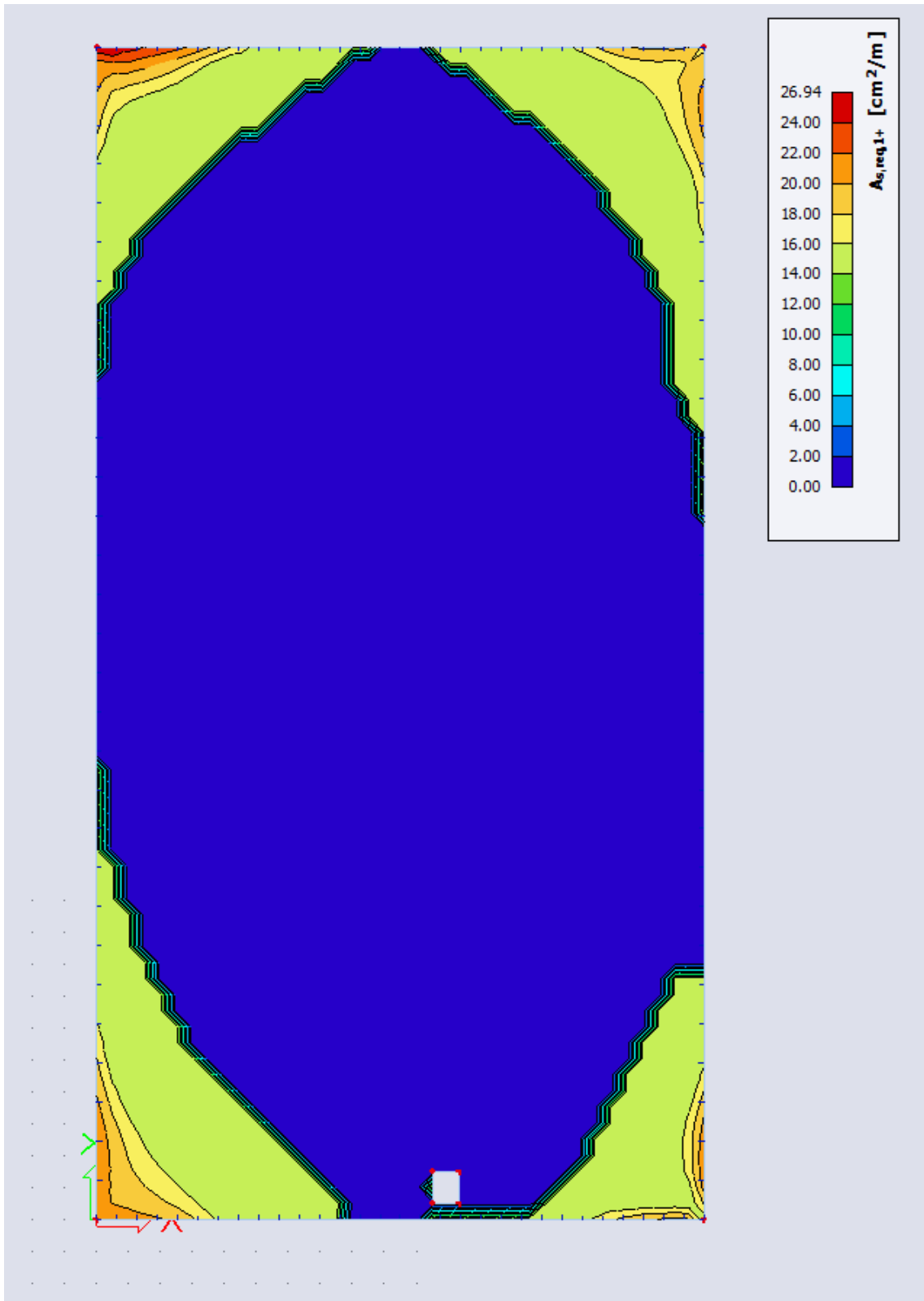


Armatura inferiore in direzione 1.

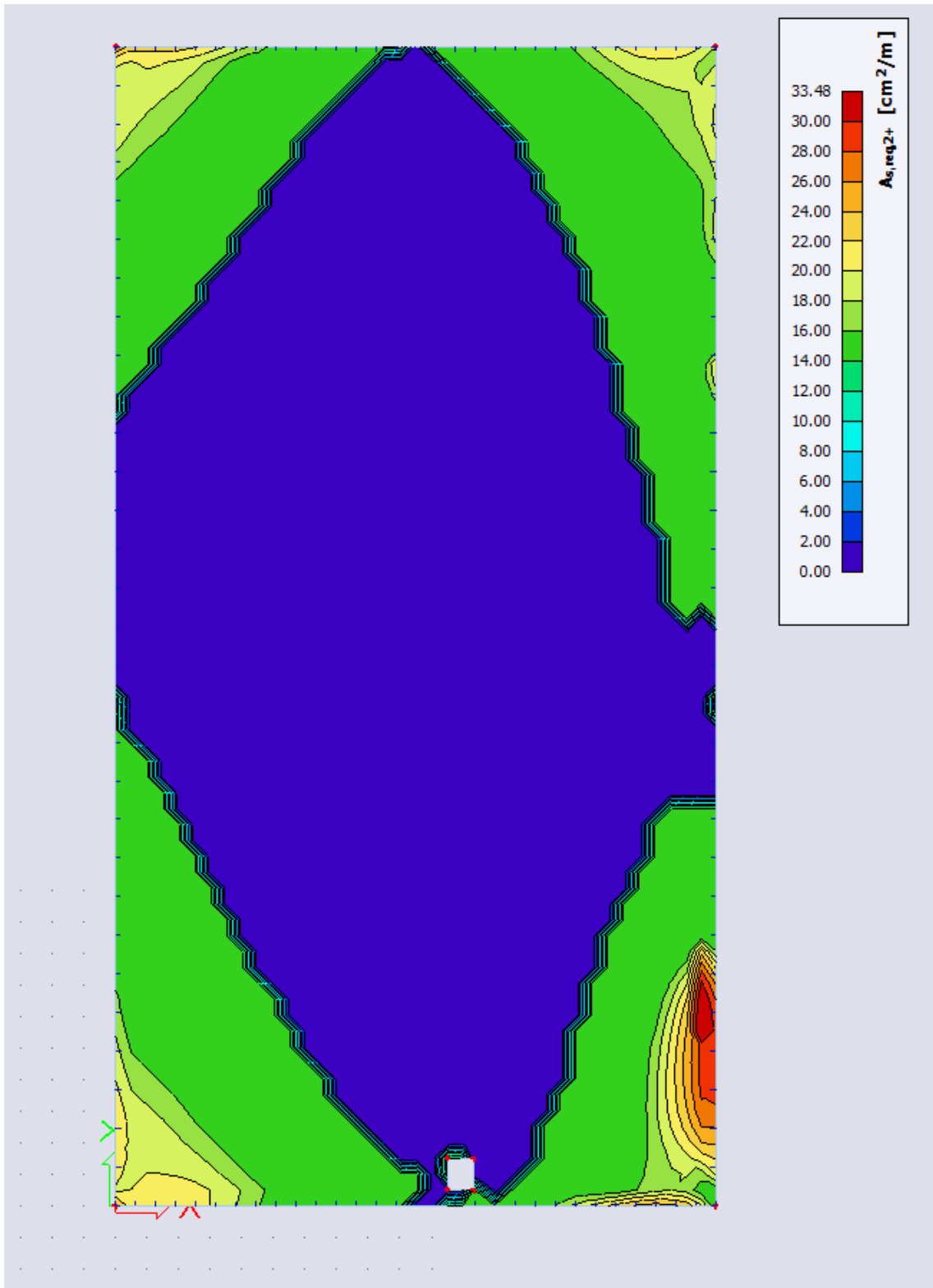




Armatura inferiore in direzione 2.



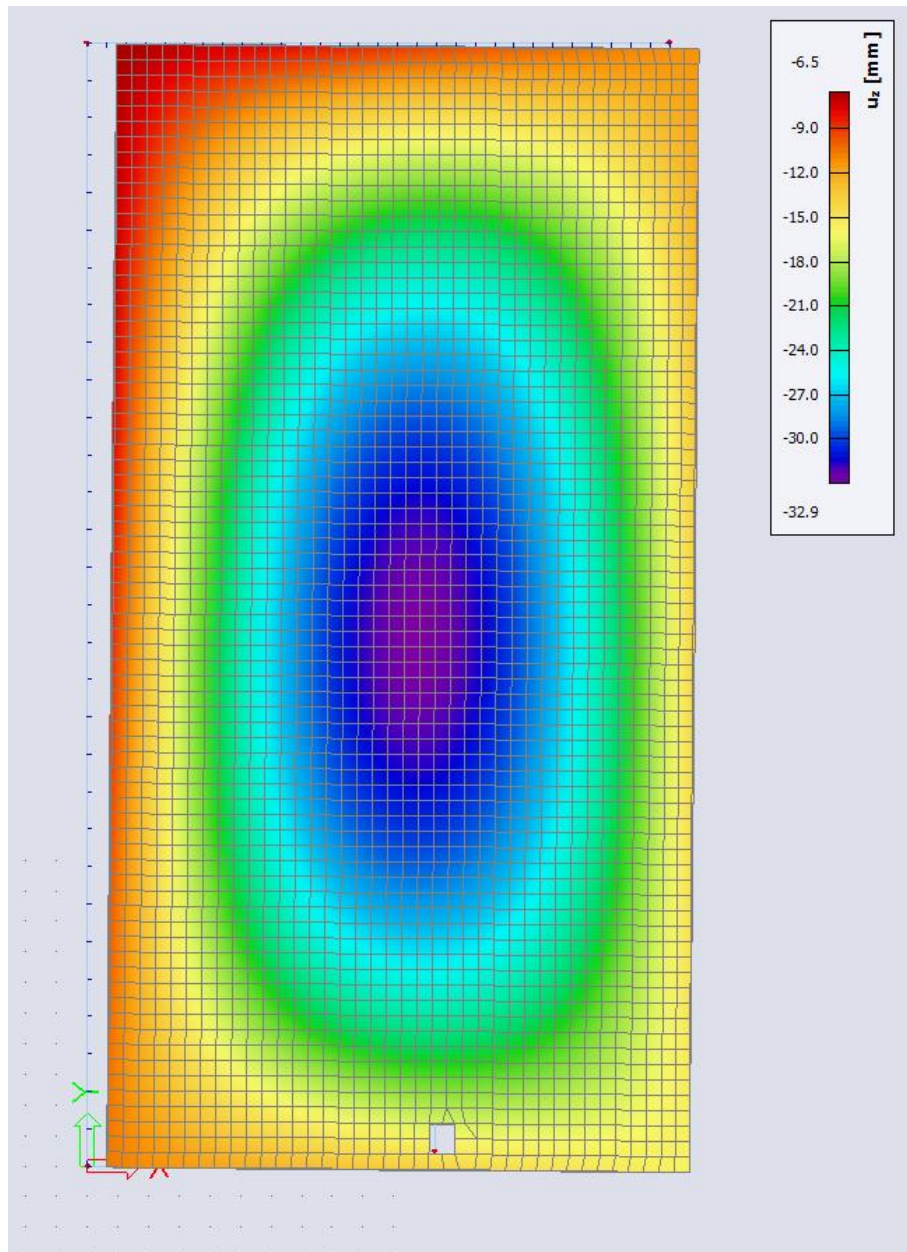
Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

### 12.4.1.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) vale circa  $u_z=27$  mm pari a  $L/704$ .



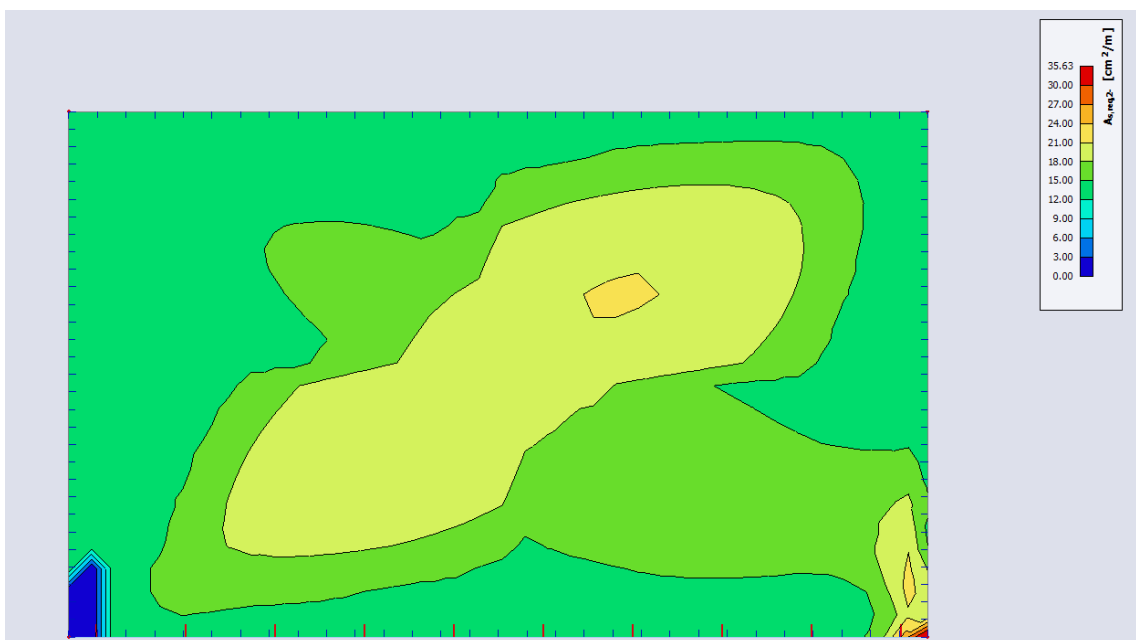
## 12.4.2 Solaio copertura scarico di fondo

### 12.4.2.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

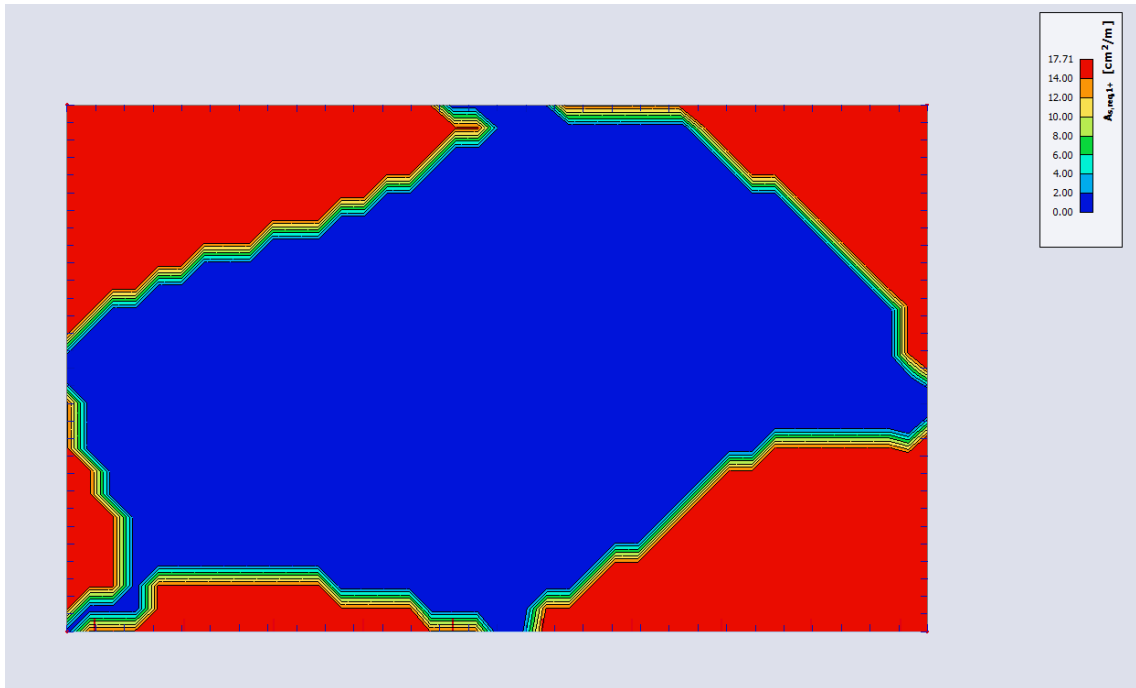
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



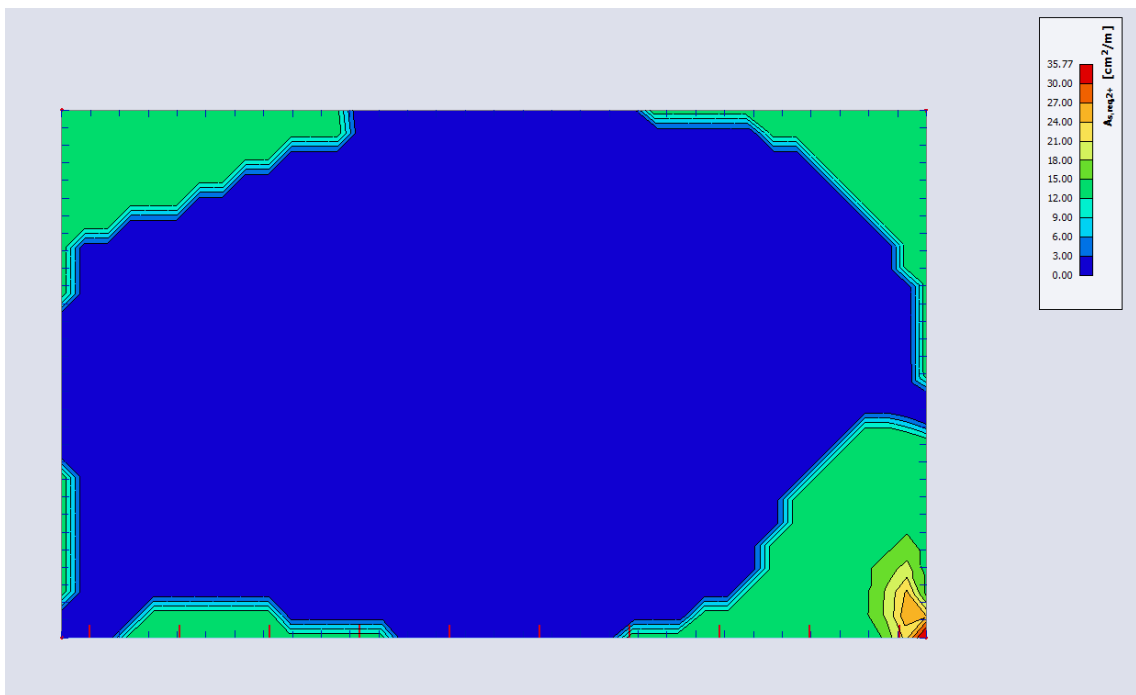
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



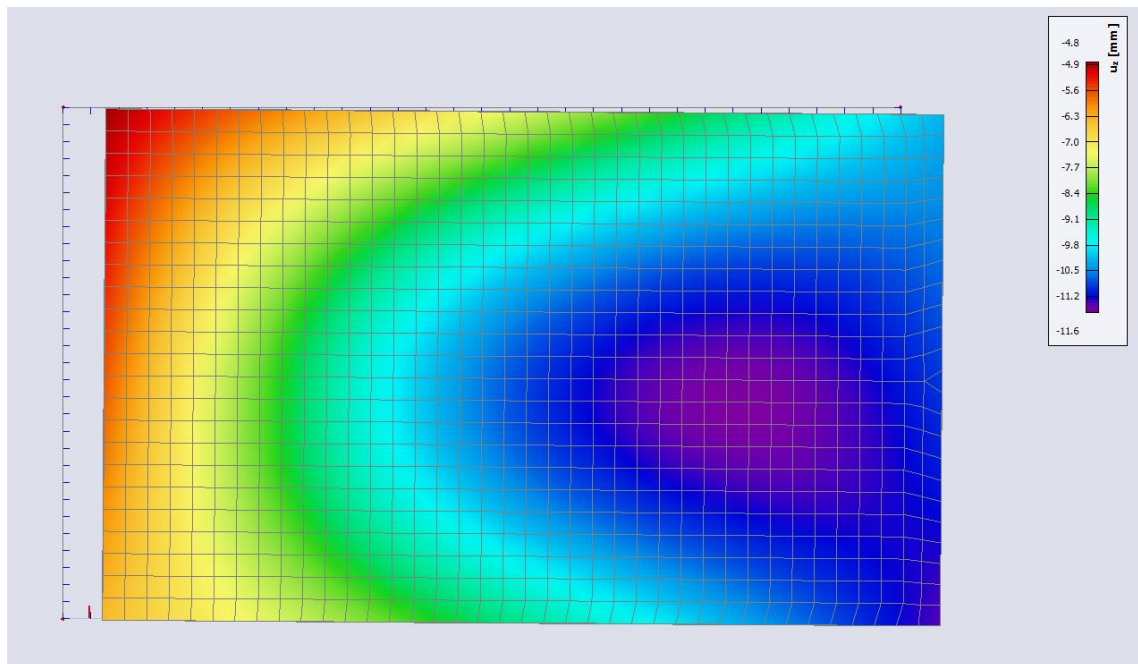
Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

#### 12.4.2.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

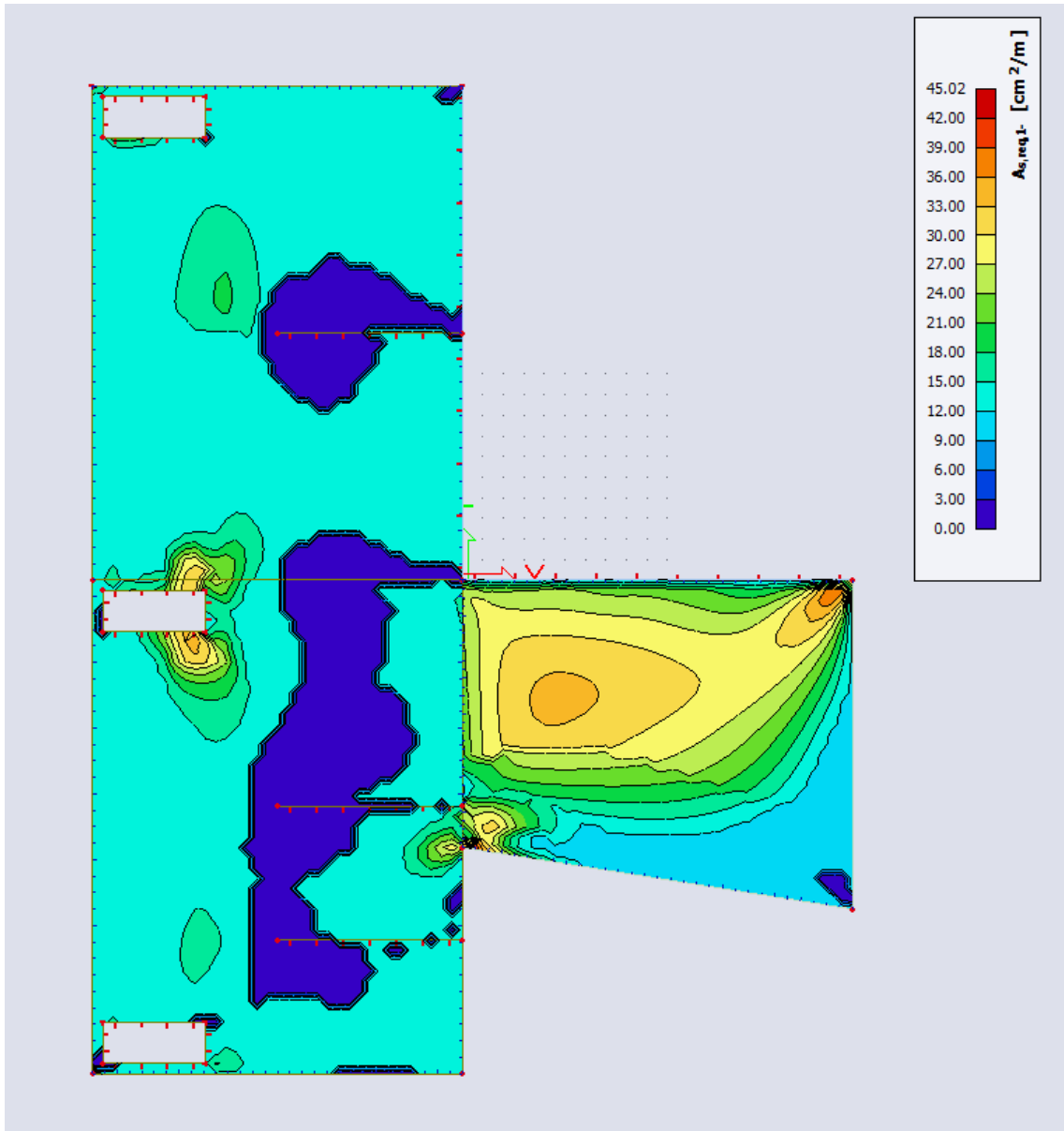
Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) vale circa  $u_z=7$  mm.



#### 12.4.3 Solaio copertura locale trasformatori e solaio copertura ingresso

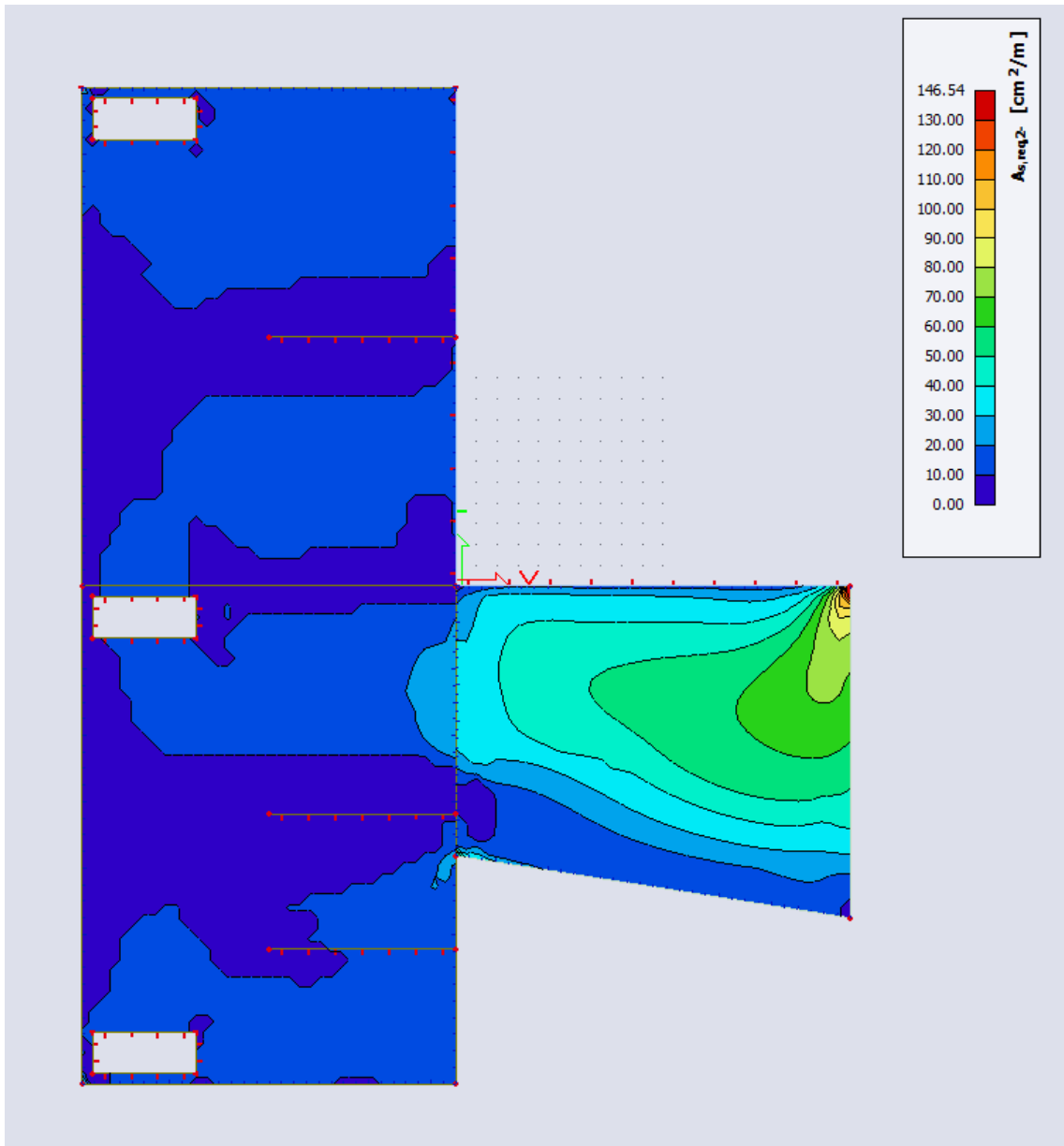
##### 12.4.3.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

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

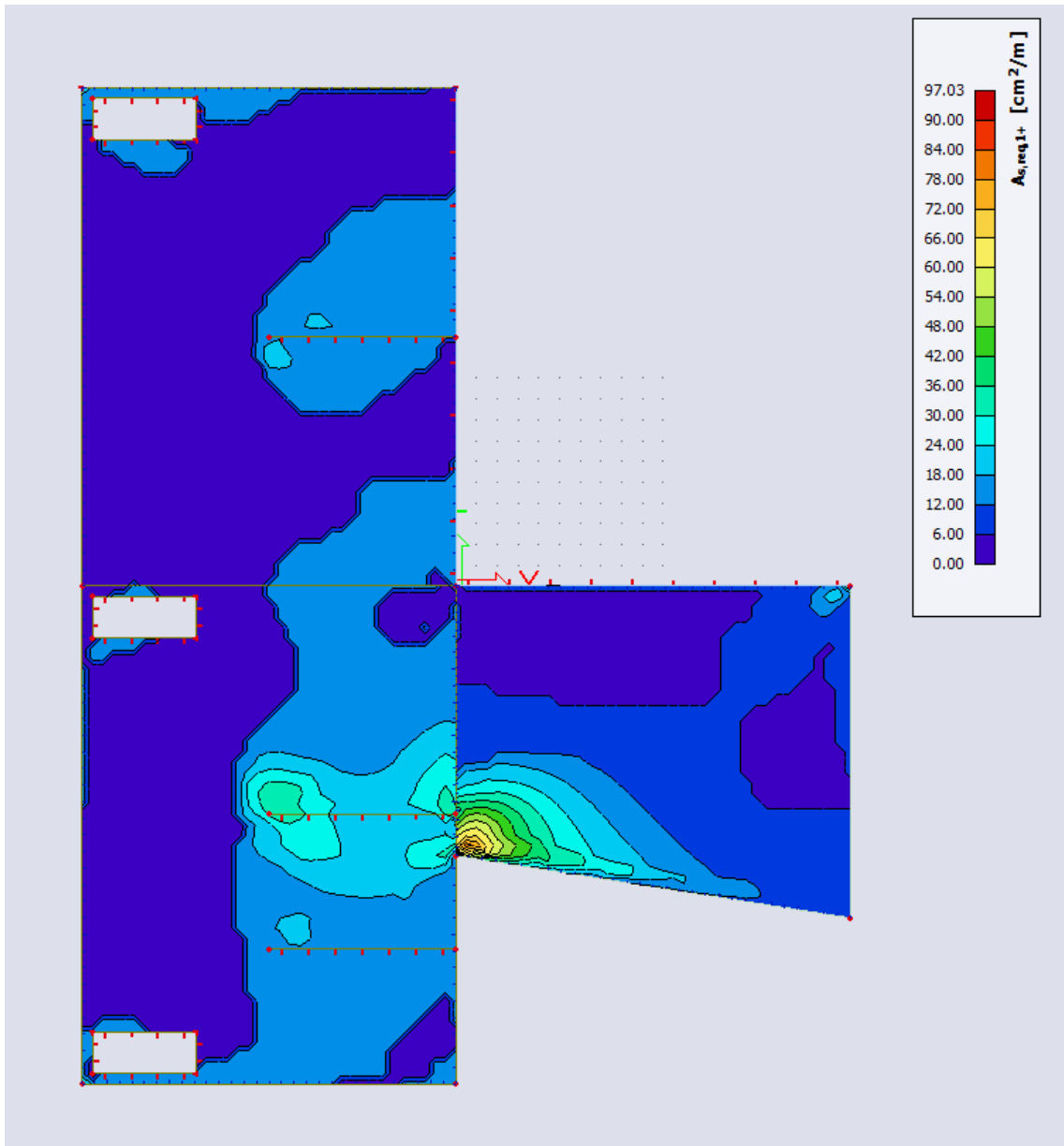


Armatura inferiore in direzione 1.

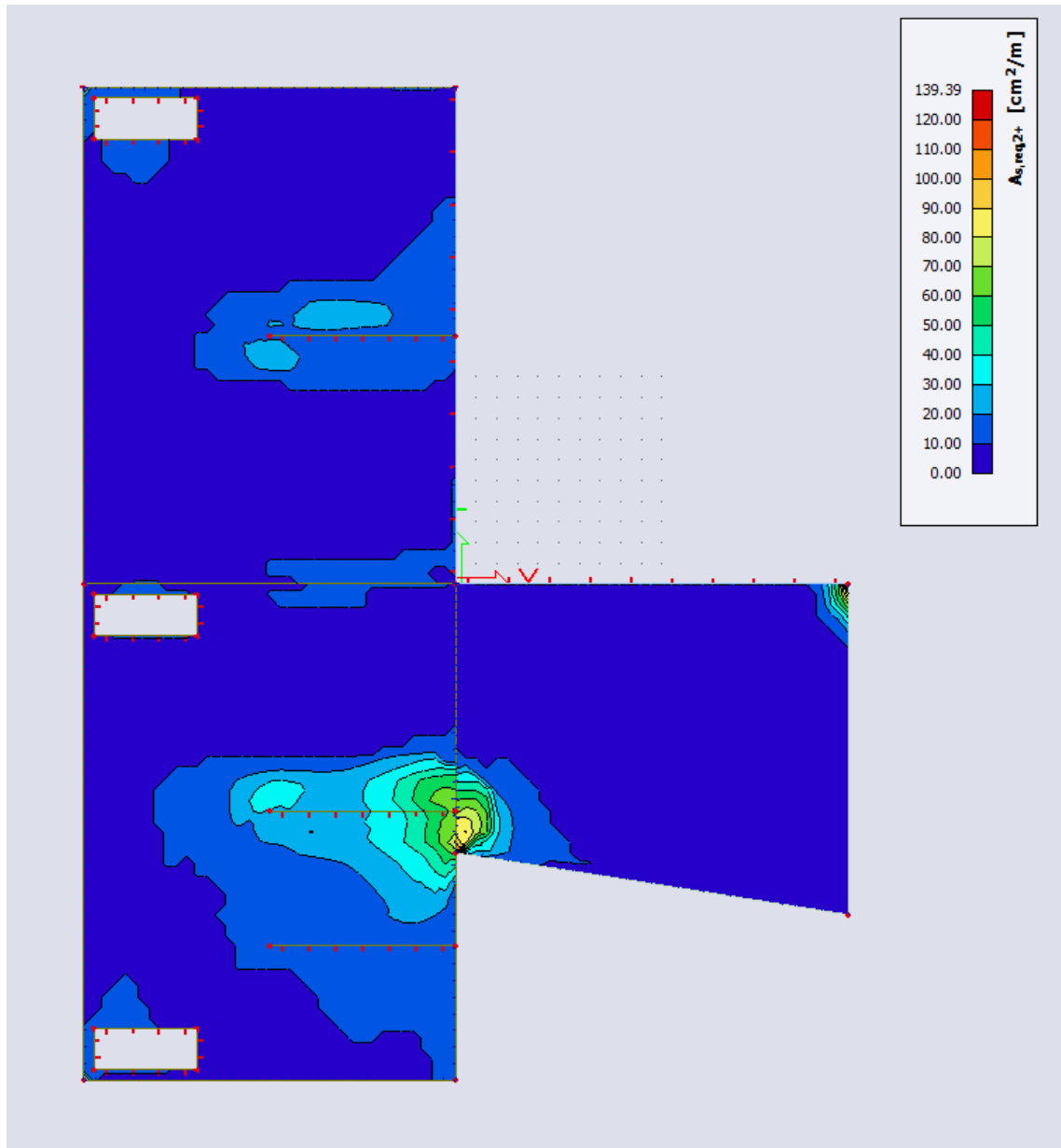




Armatura inferiore in direzione 2.



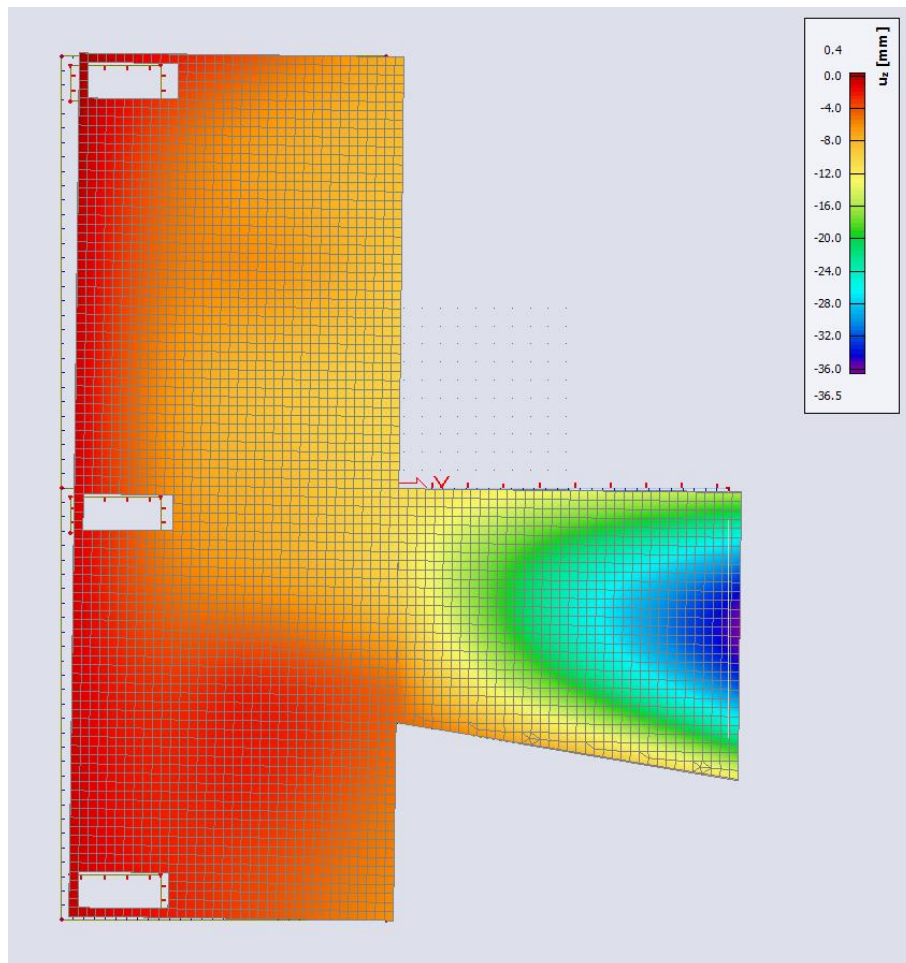
Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

#### 12.4.3.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

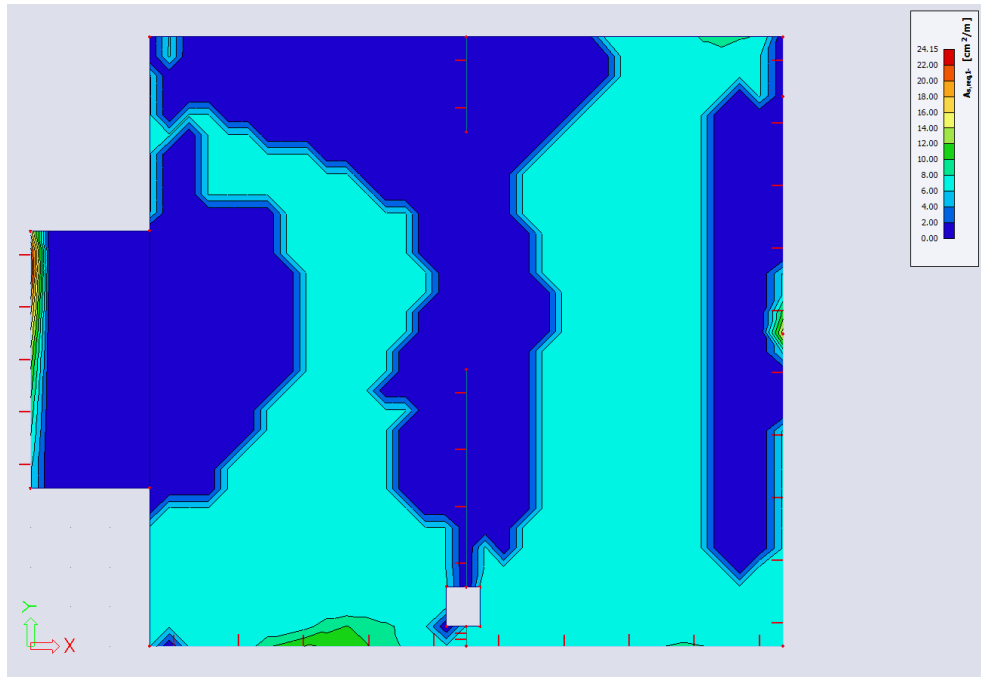
Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) vale circa  $u_z=24$  mm. Si prevede una controfrecchia di circa 25 mm, nel punto di abbassamento massimo.



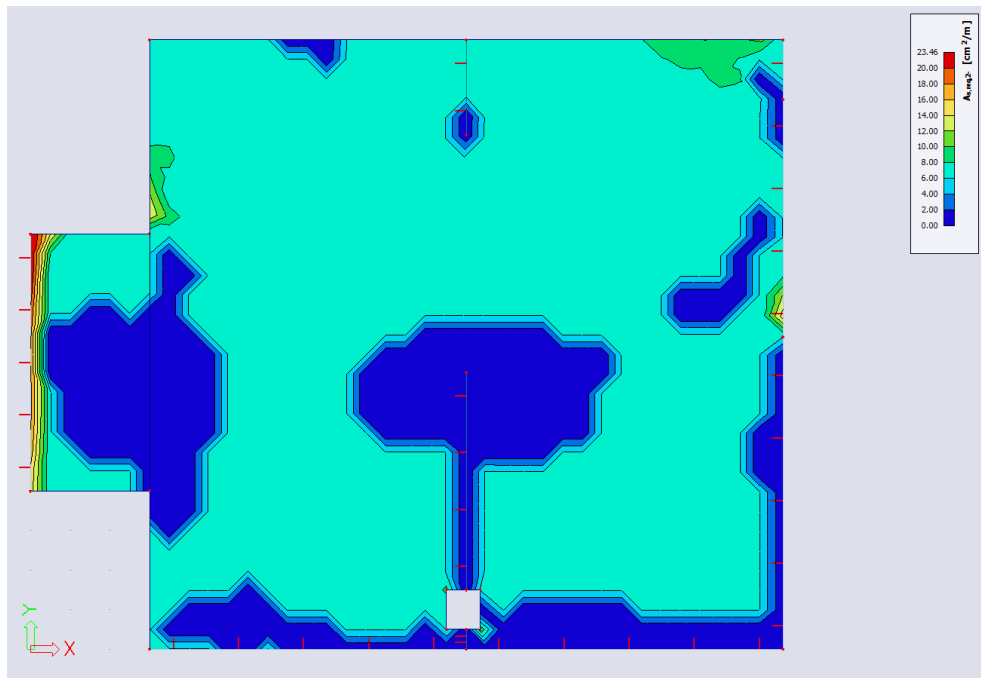
#### 12.4.4 Solaiο mezzanino locale ingresso (+504,50 m)

##### 12.4.4.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

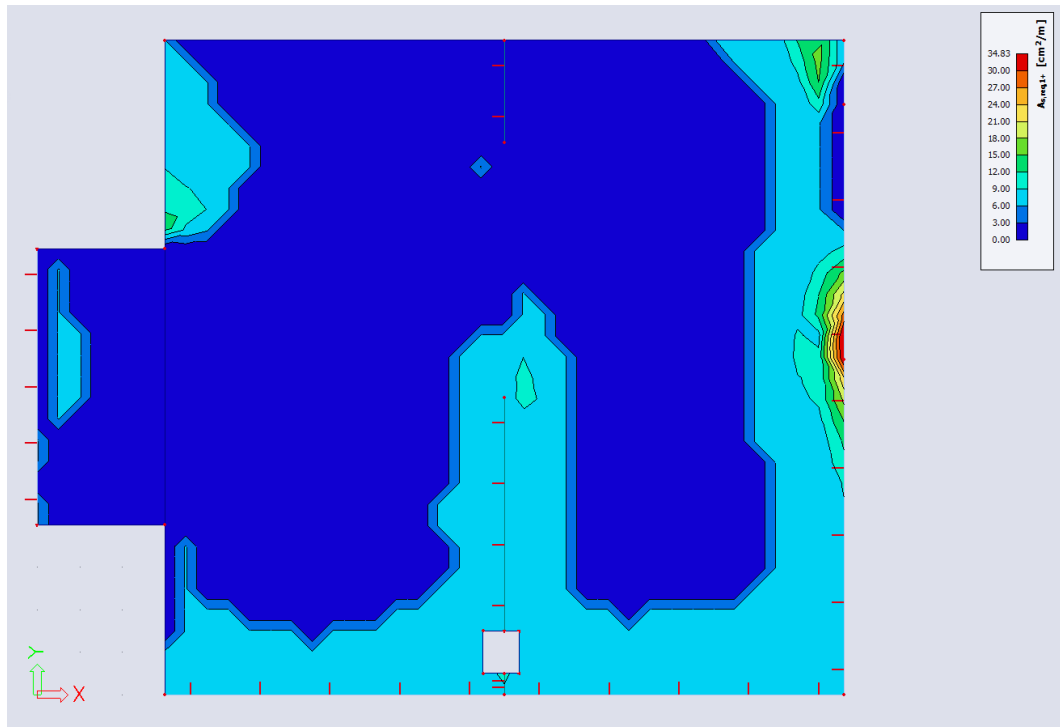
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



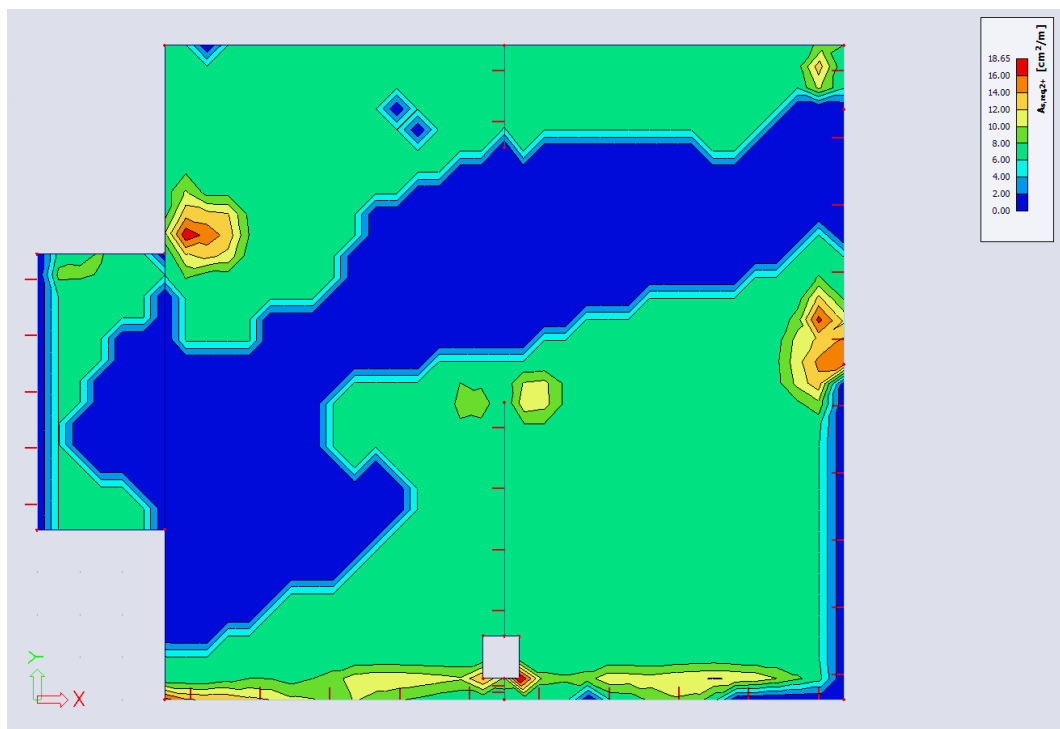
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



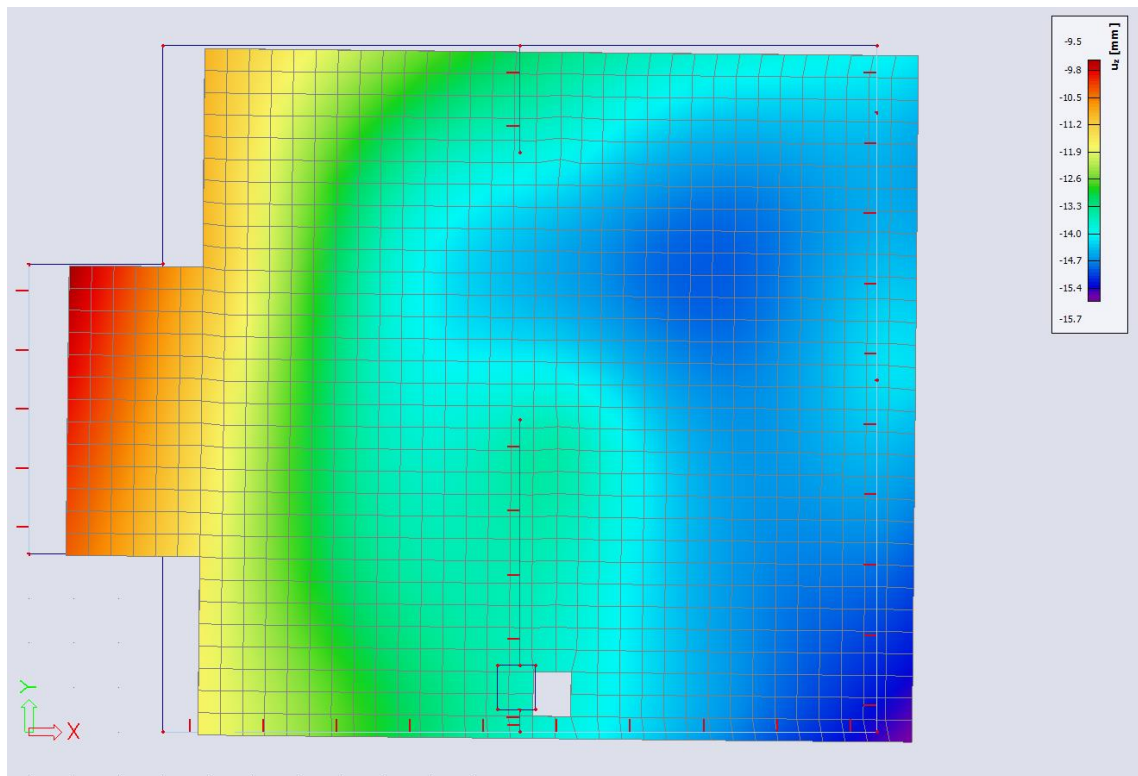
Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

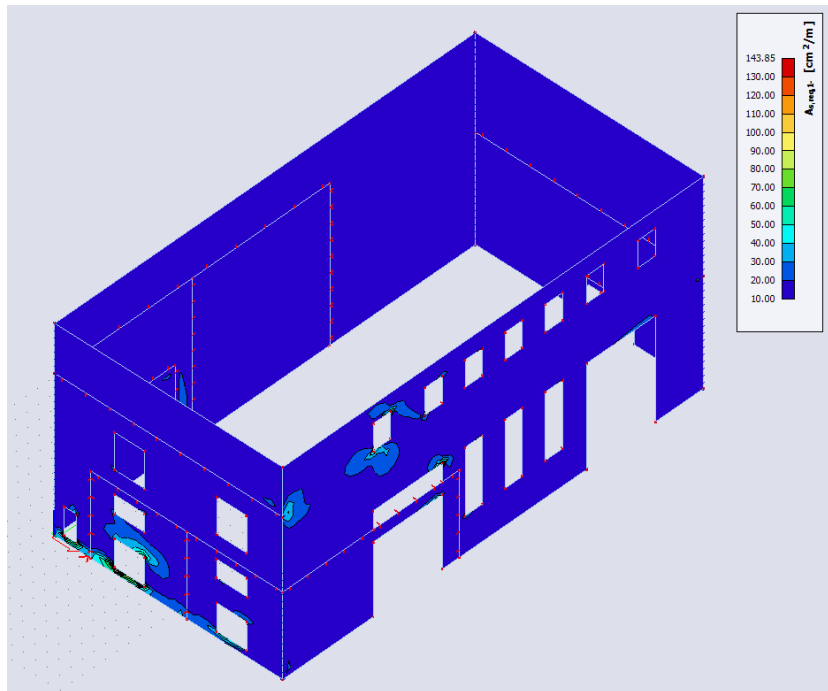
#### 12.4.4.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni.

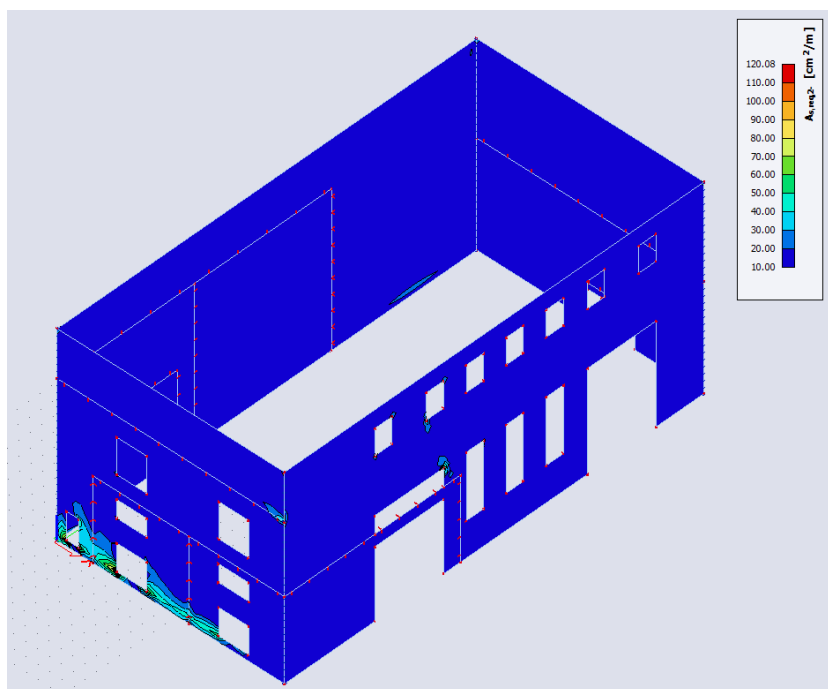


#### 12.4.5 Pareti esterne piano terra

Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato esterno/terreno e lato interno/aria, in direzione orizzontale e verticale.

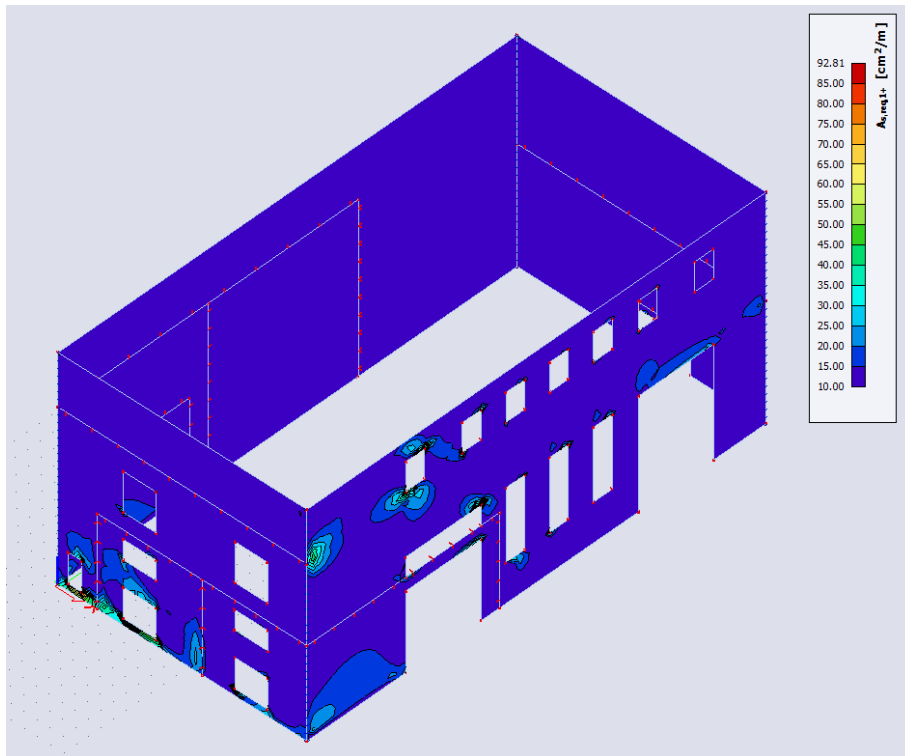


Armatura lato esterno/terreno in direzione orizzontale.

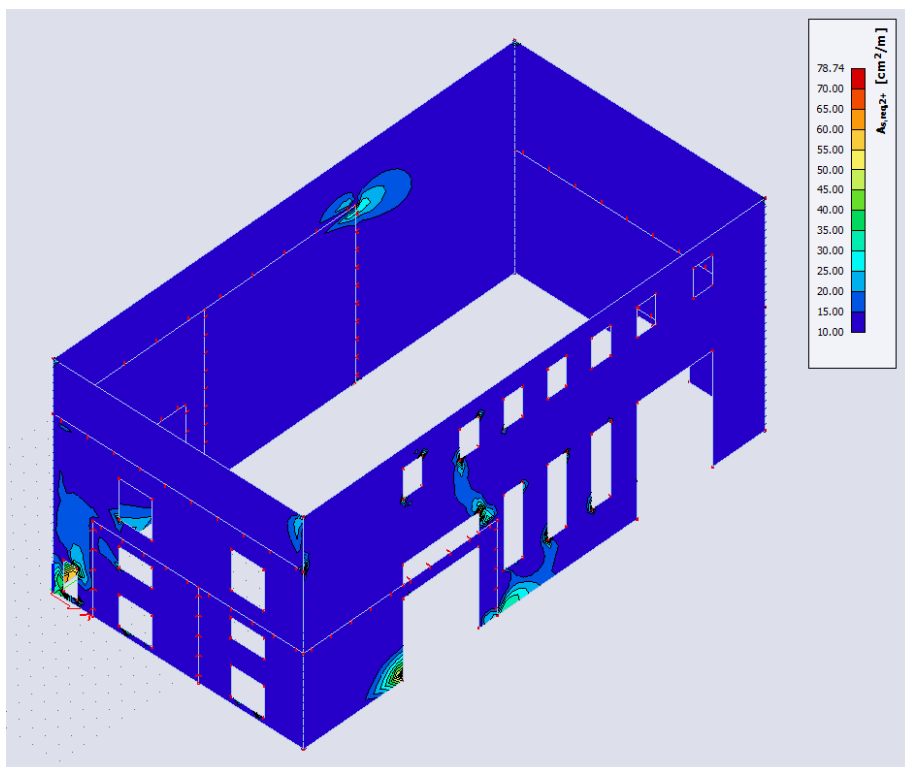


Armatura lato esterno/terreno in direzione verticale.





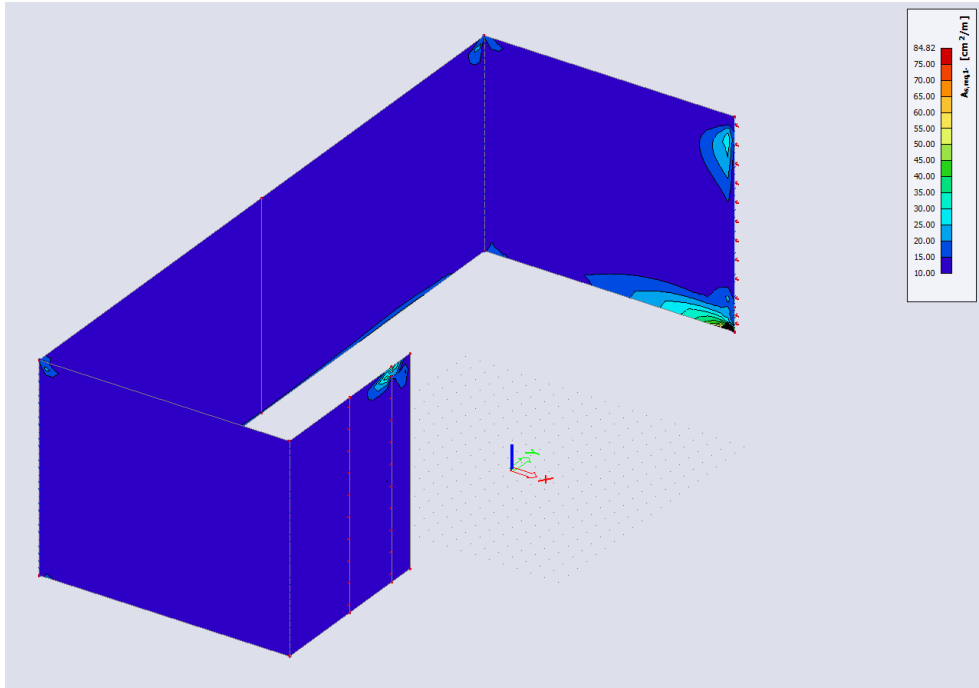
Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.



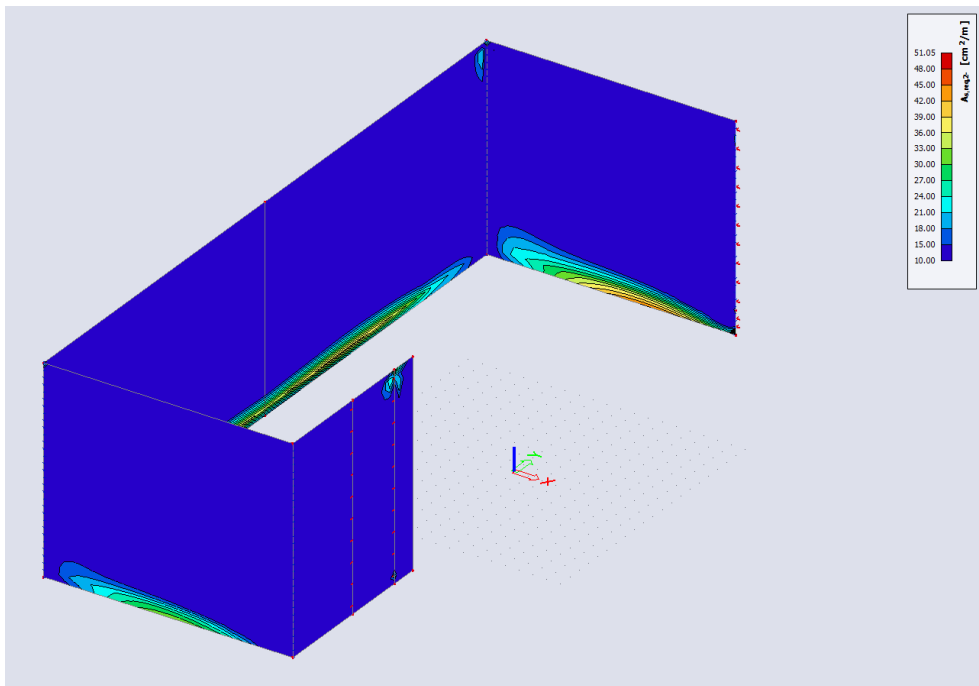
Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

### 12.4.6 Pareti esterne locale trasformatori

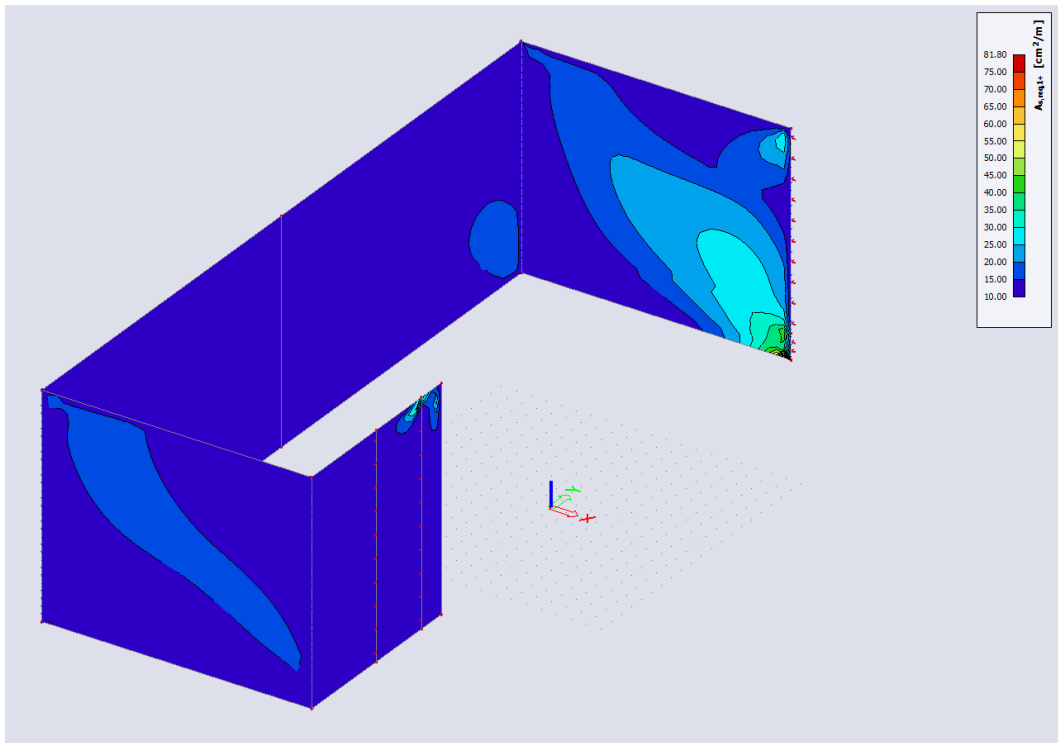
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato esterno/terreno e lato interno/aria, in direzione orizzontale e verticale.



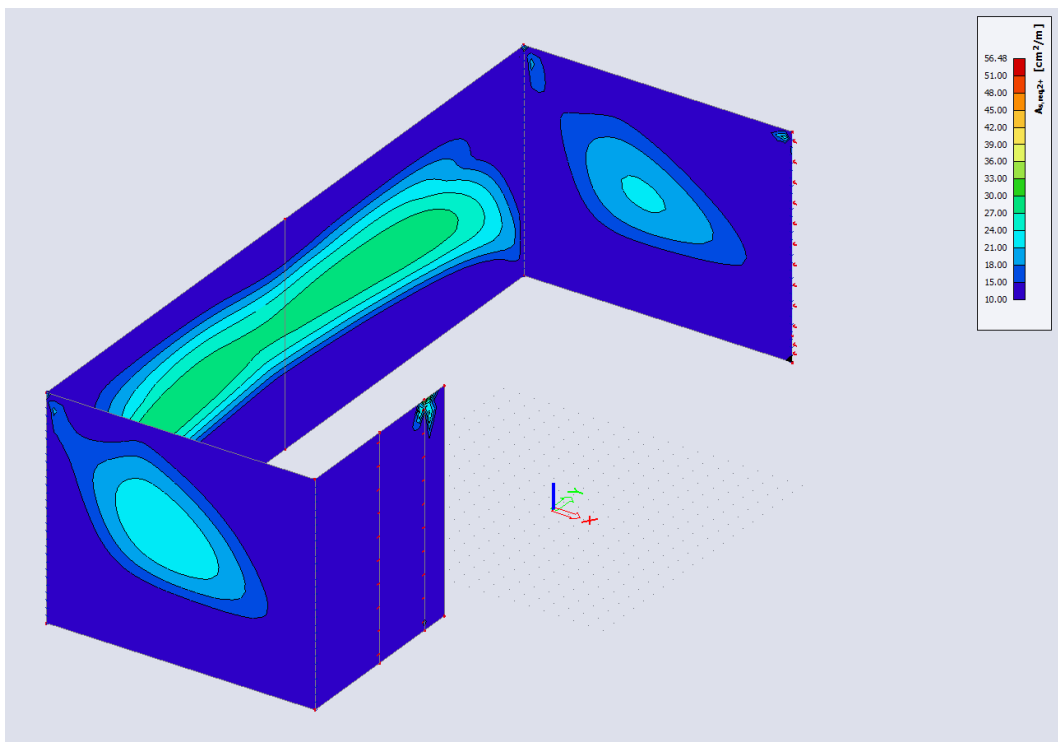
Armatura lato esterno/terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato esterno/terreno in direzione verticale.



Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

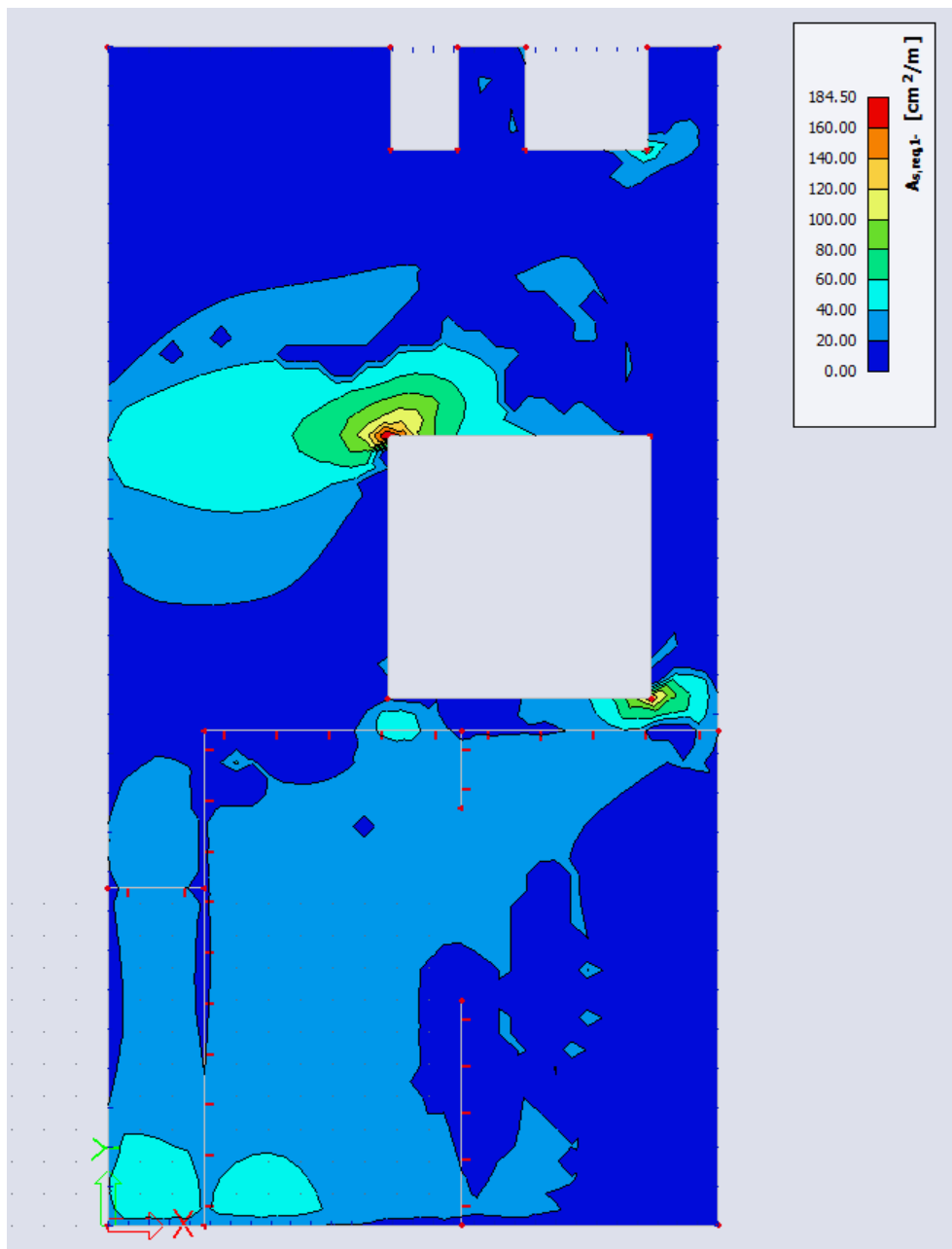


Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

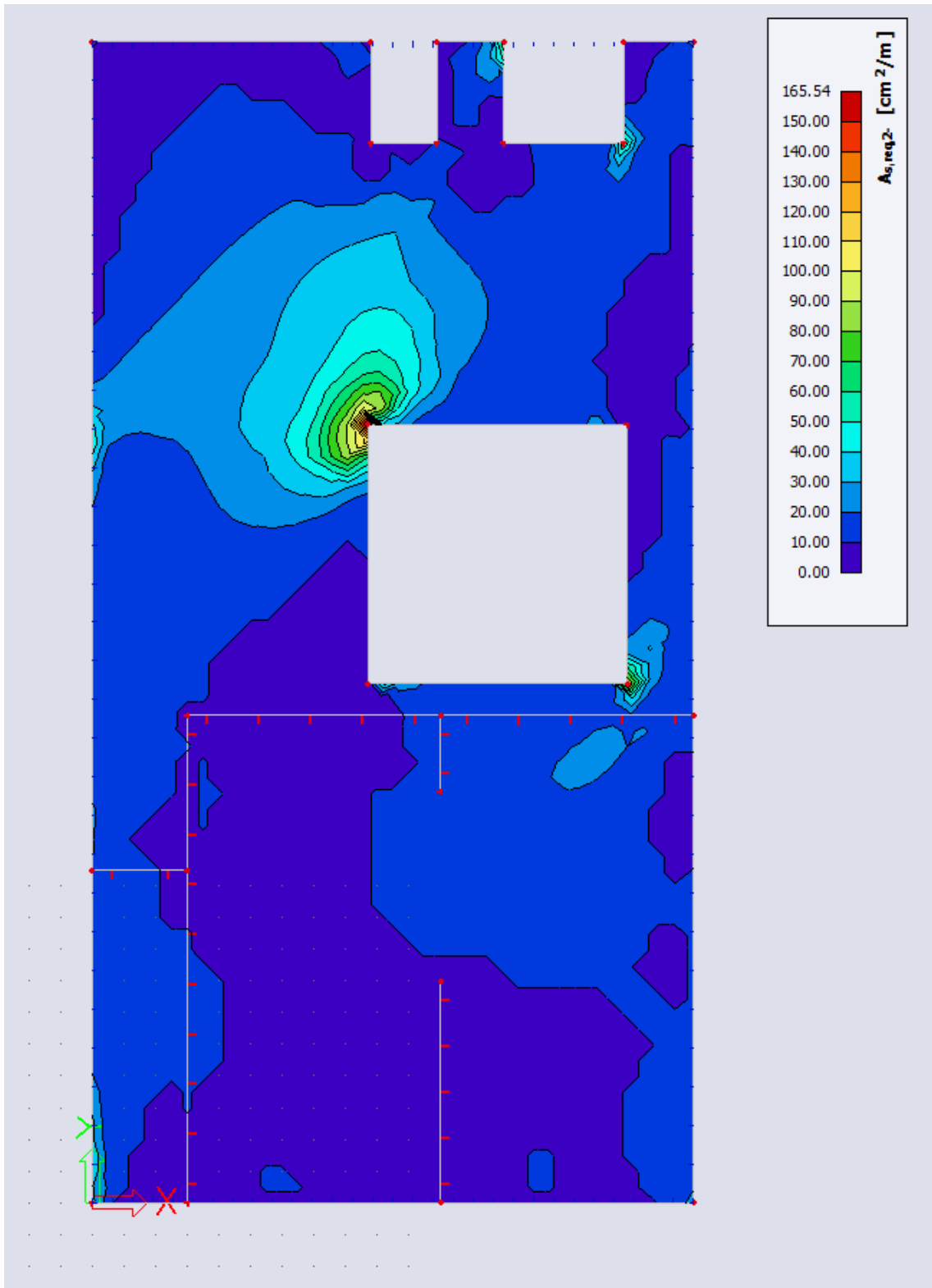
### 12.4.7 Solai livello ingresso (+498,00 m)

#### 12.4.7.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

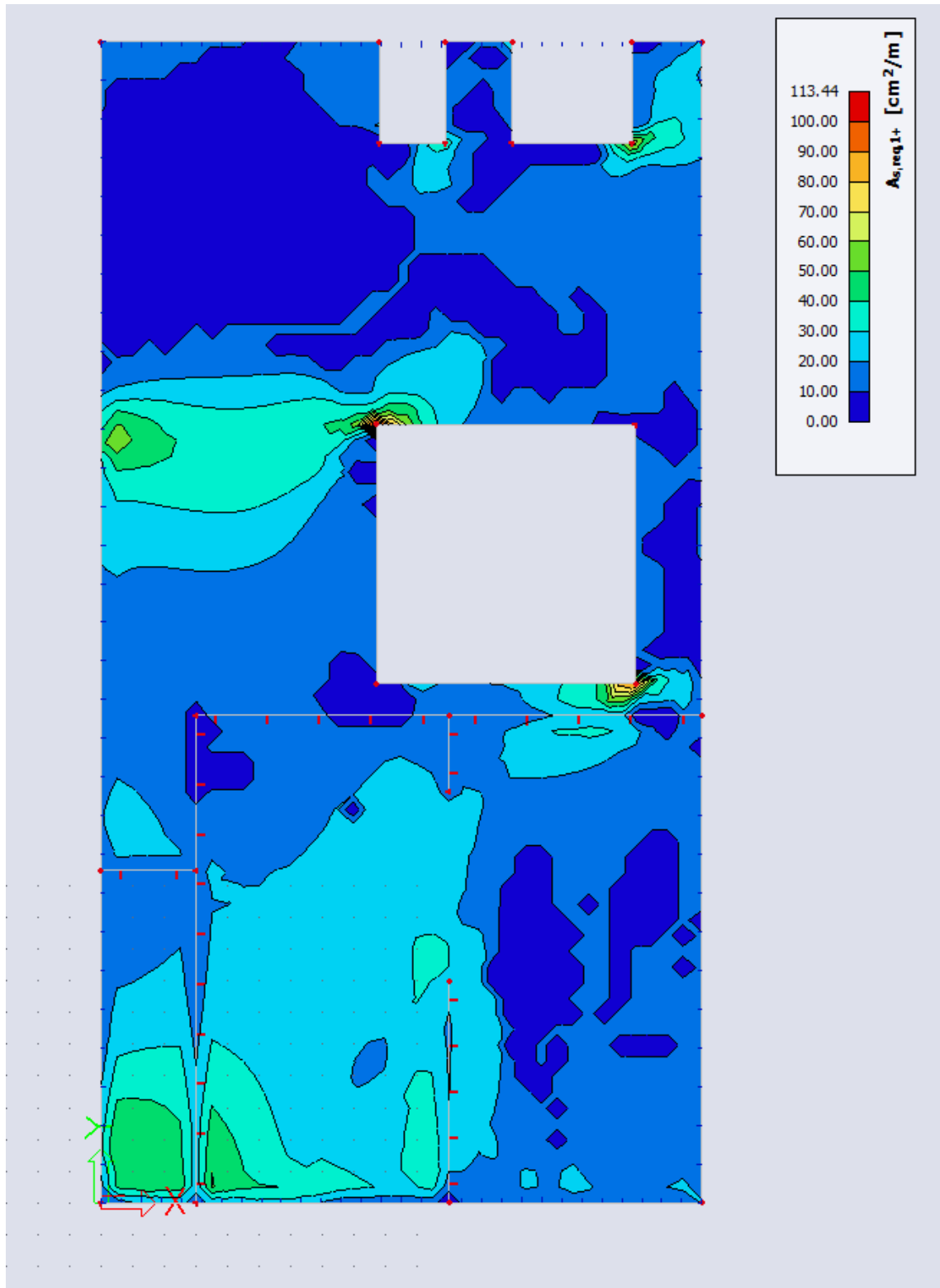
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



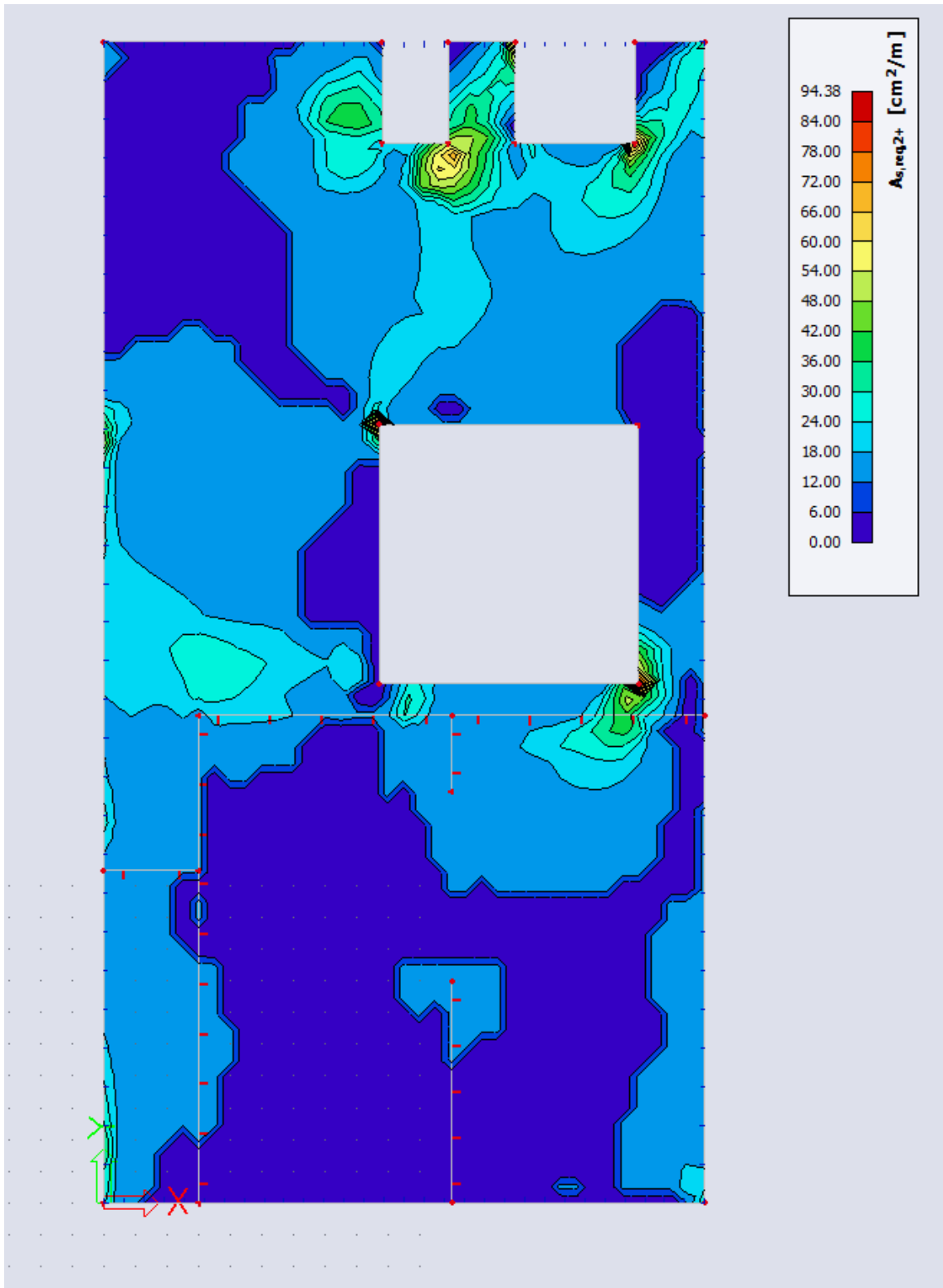
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



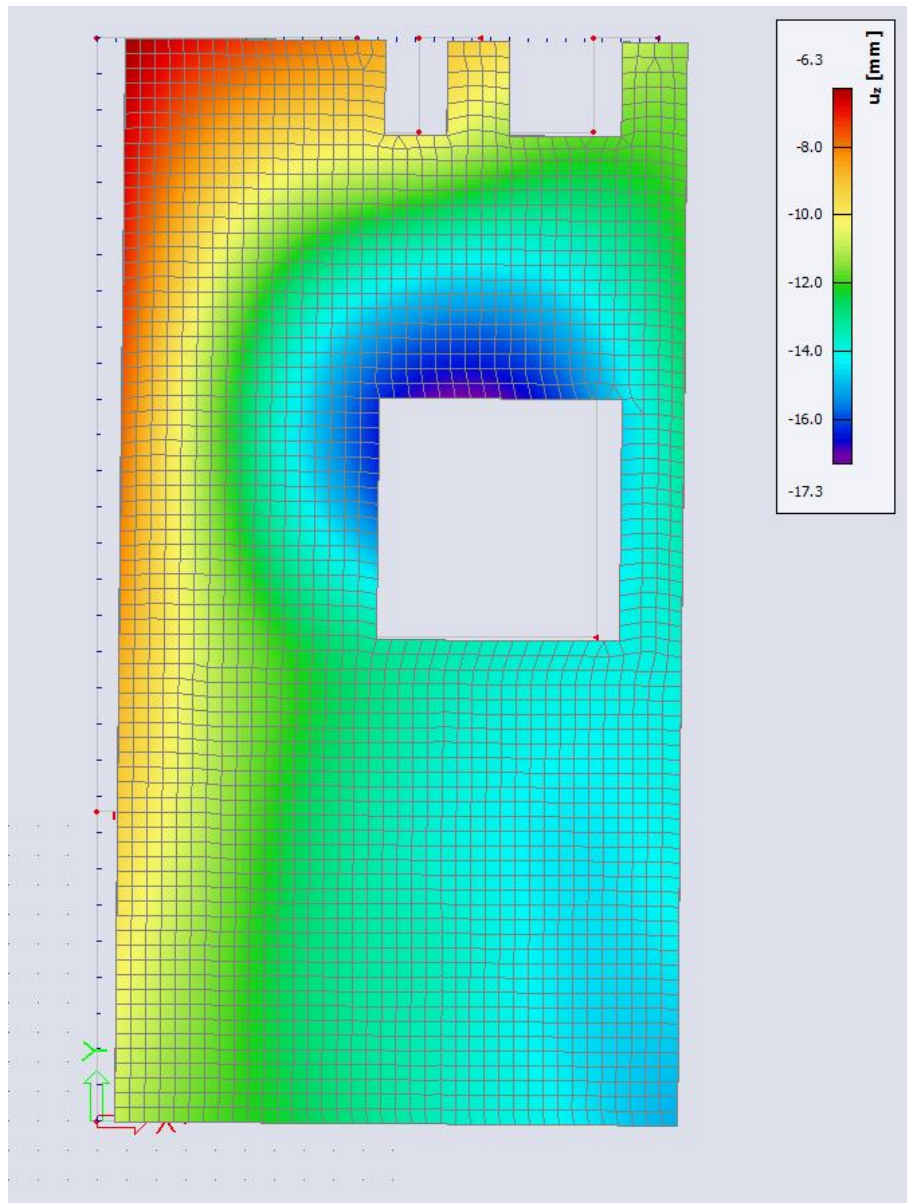
Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

### 12.4.7.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

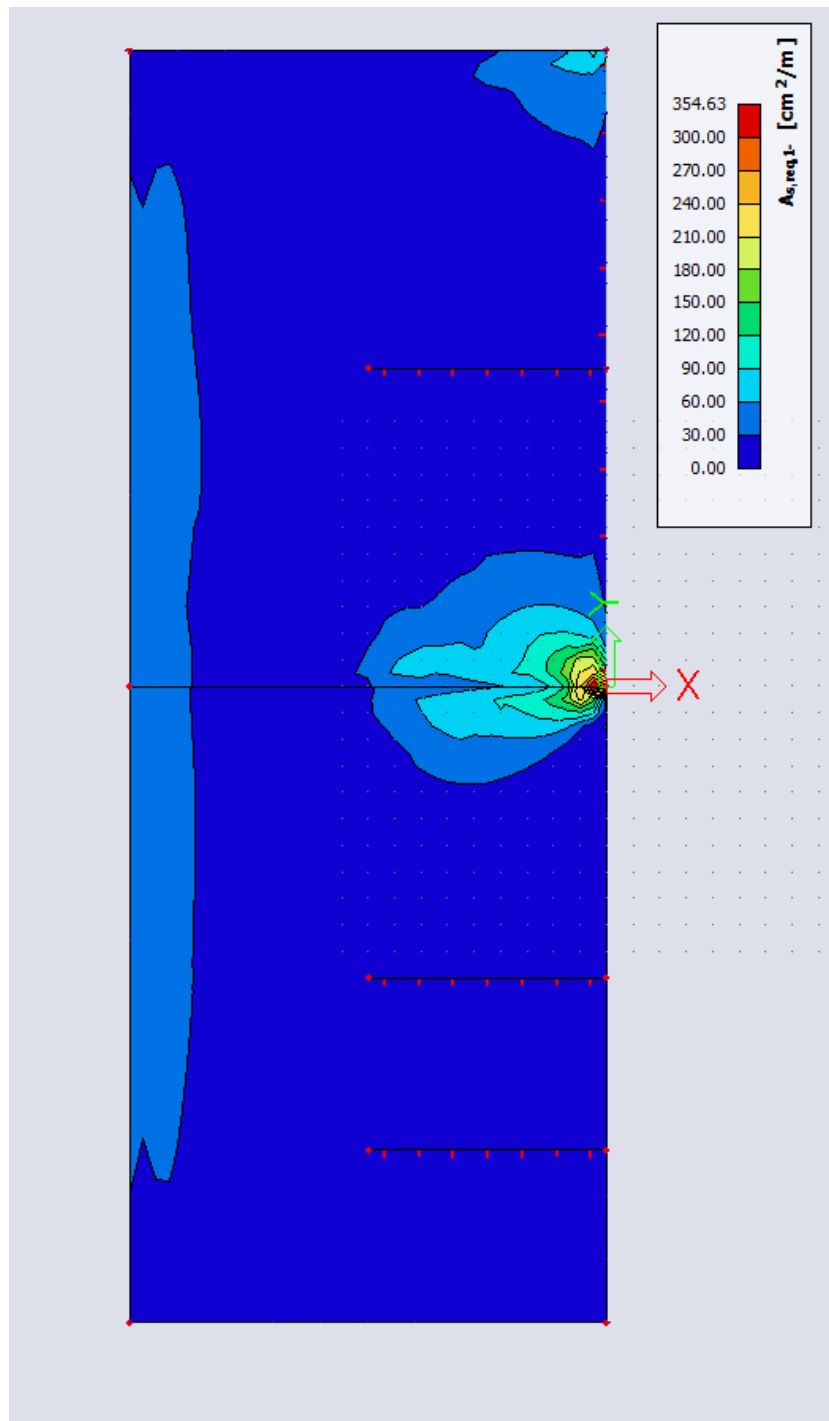
Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) vale circa  $u_z=12$  mm.



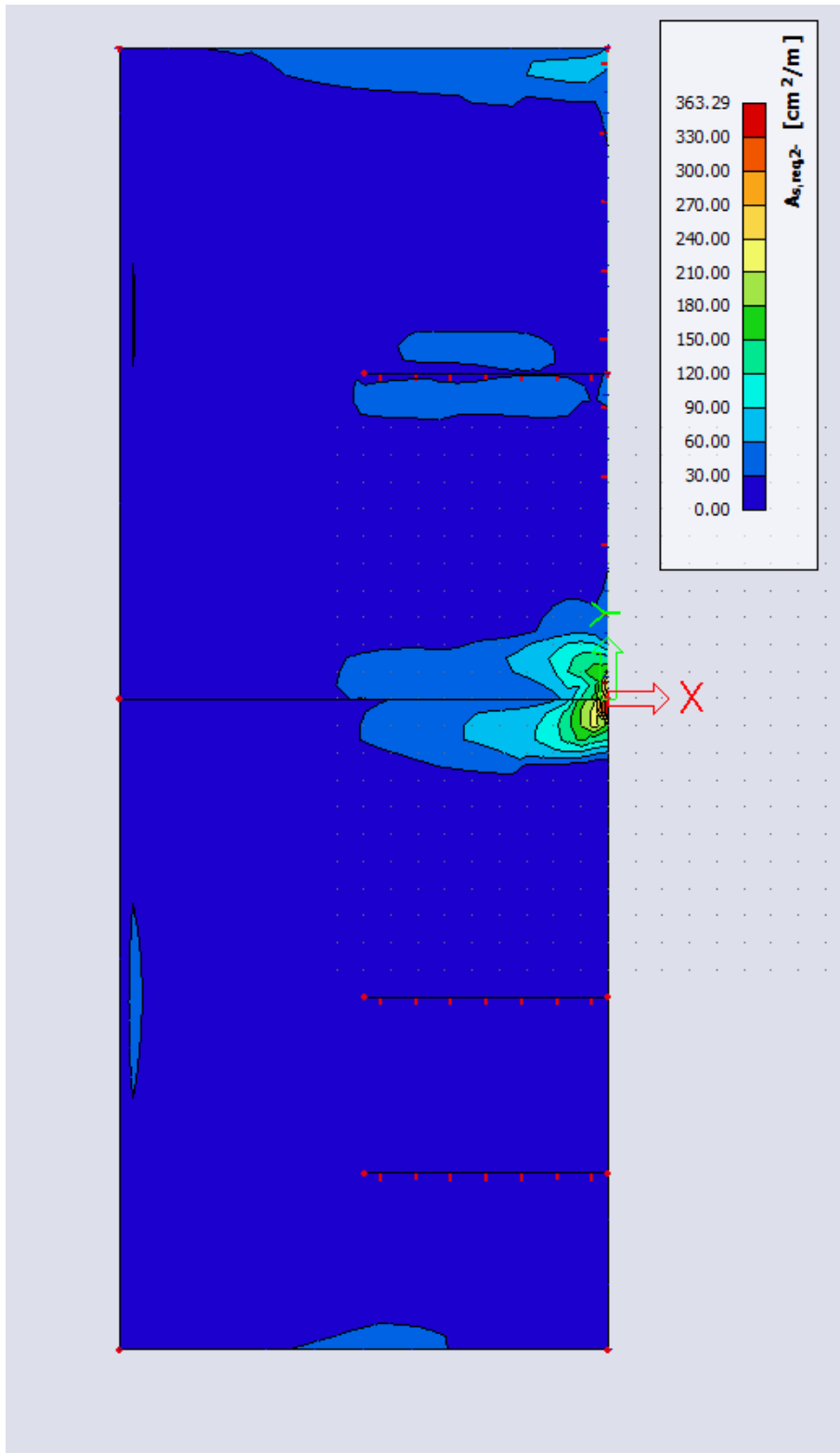


### 12.4.8 Platea locale trasformatori

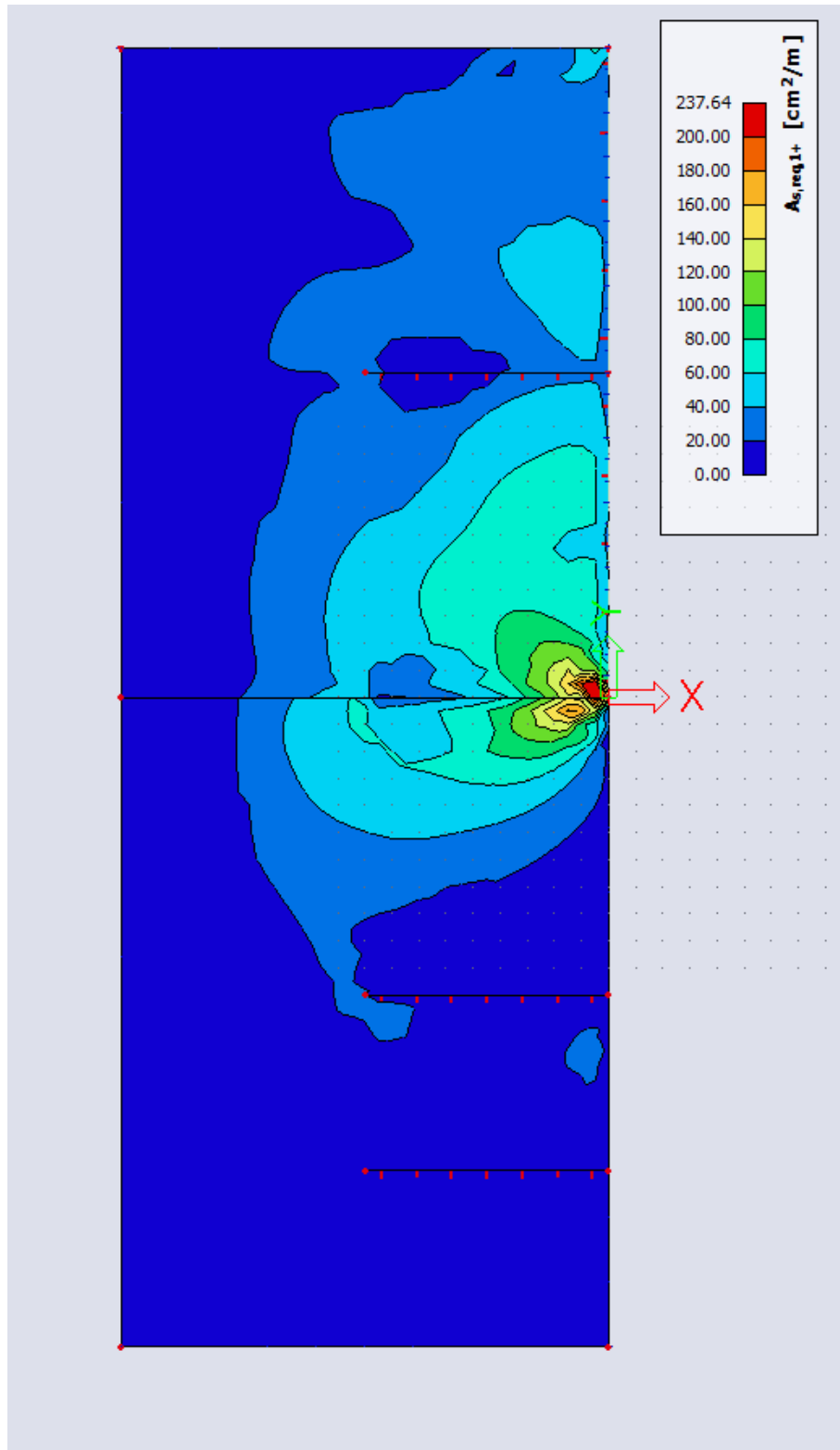
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



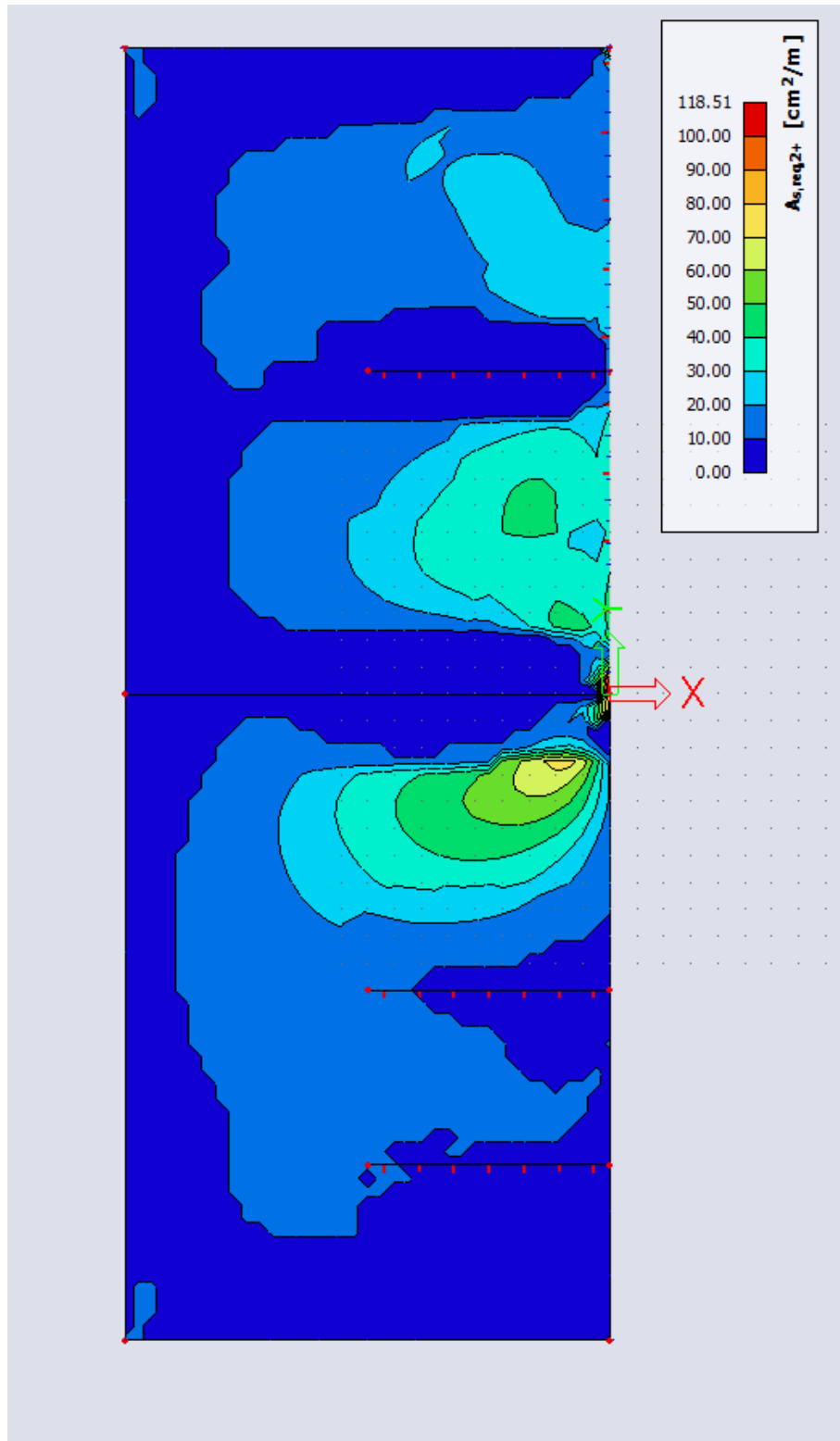
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



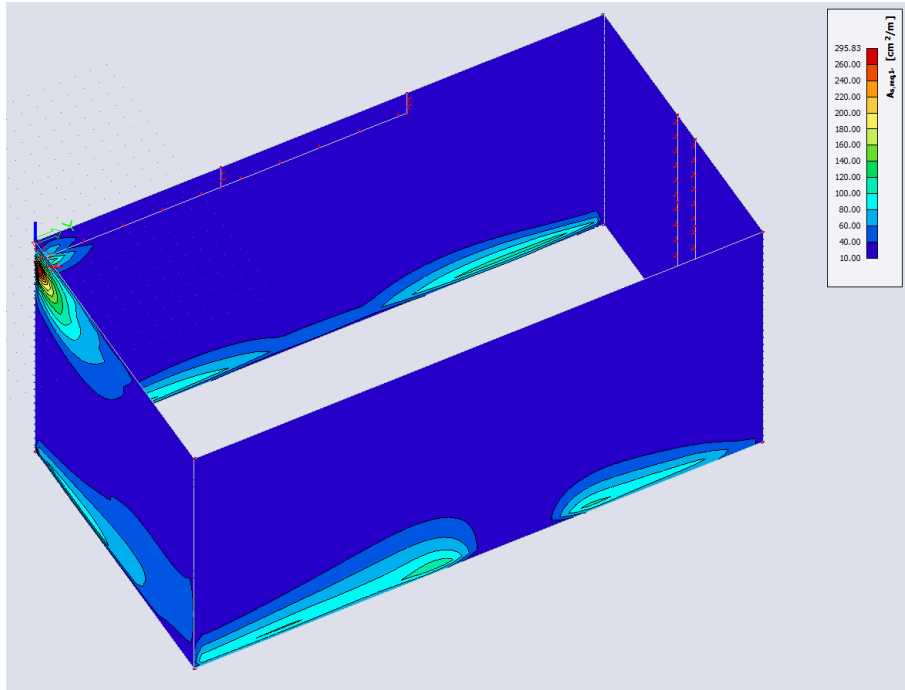
Armatura superiore in direzione 1.



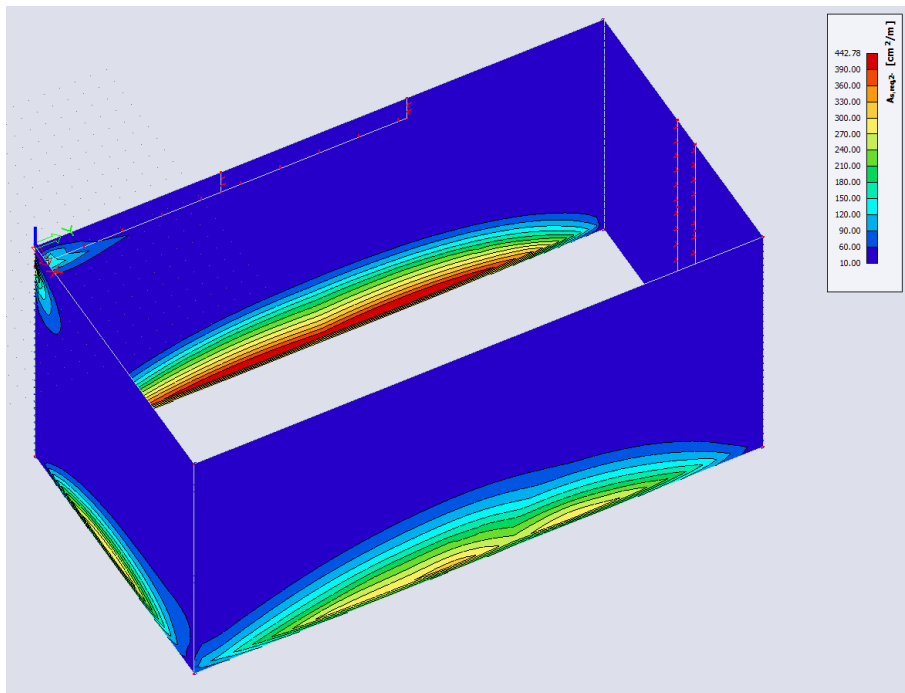
Armatura superiore in direzione 2.

### 12.4.9 Pareti esterne locale generatori e turbine da Livello ingresso a Livello -1

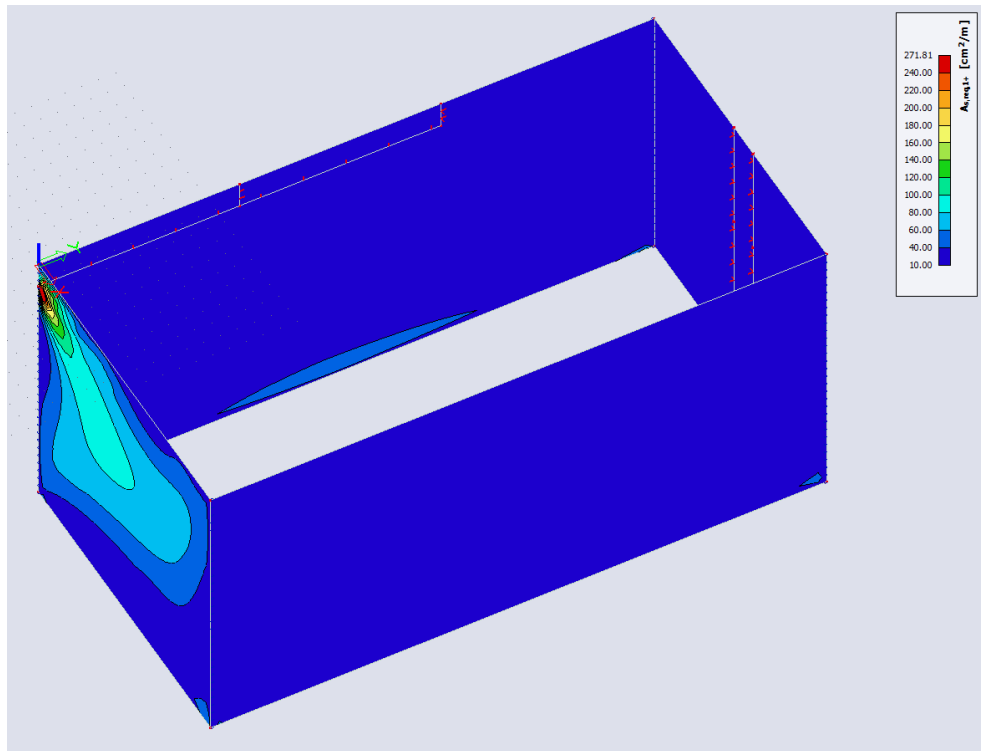
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato esterno/terreno e lato interno/aria, in direzione orizzontale e verticale.



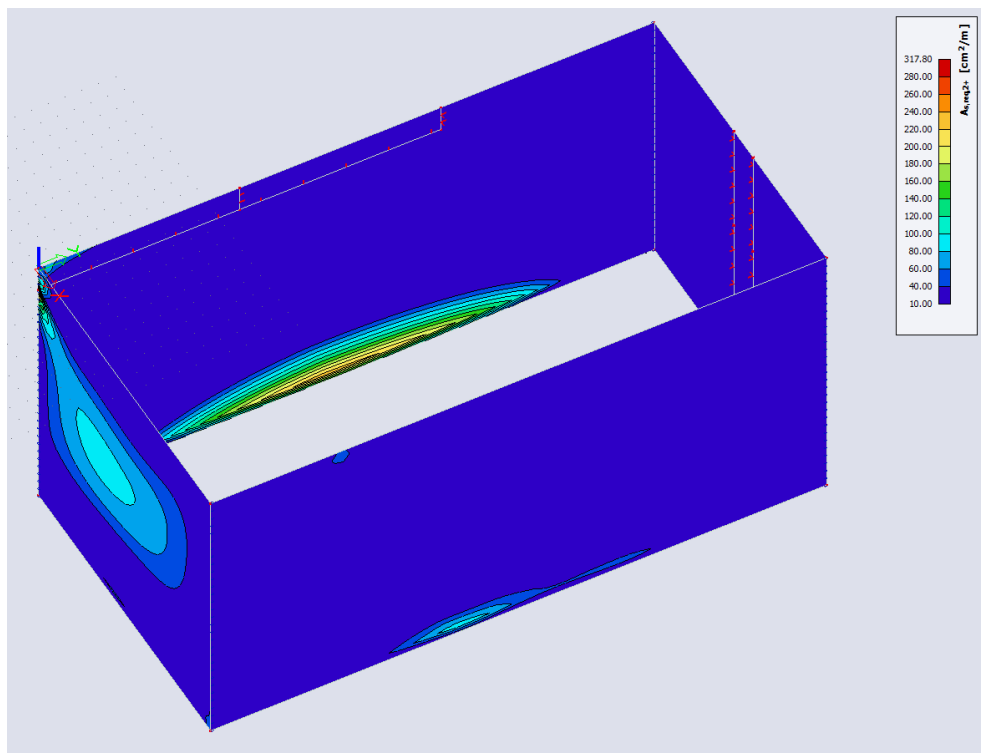
Armatura lato esterno/terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato esterno/terreno in direzione verticale.



Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

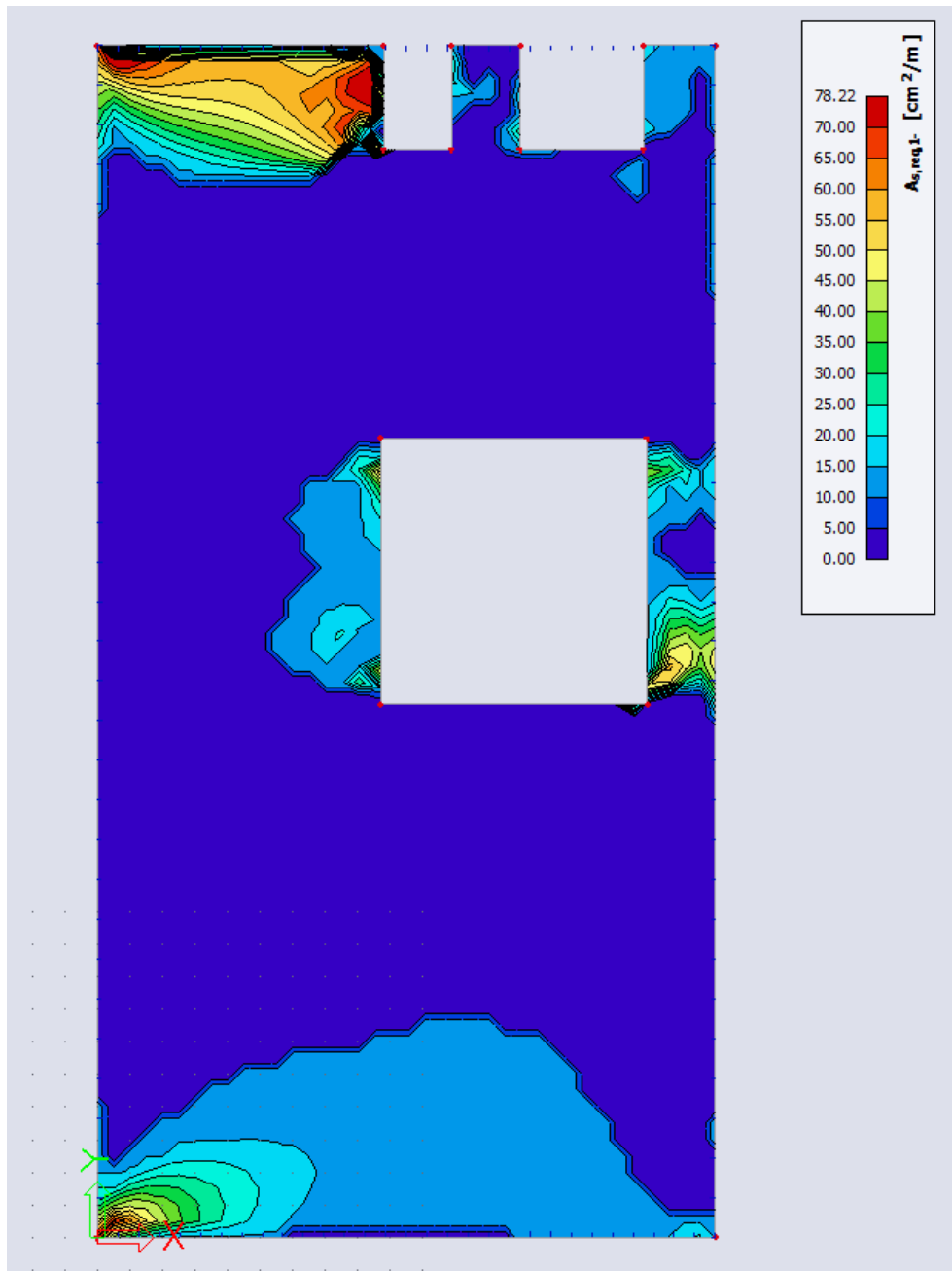


Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

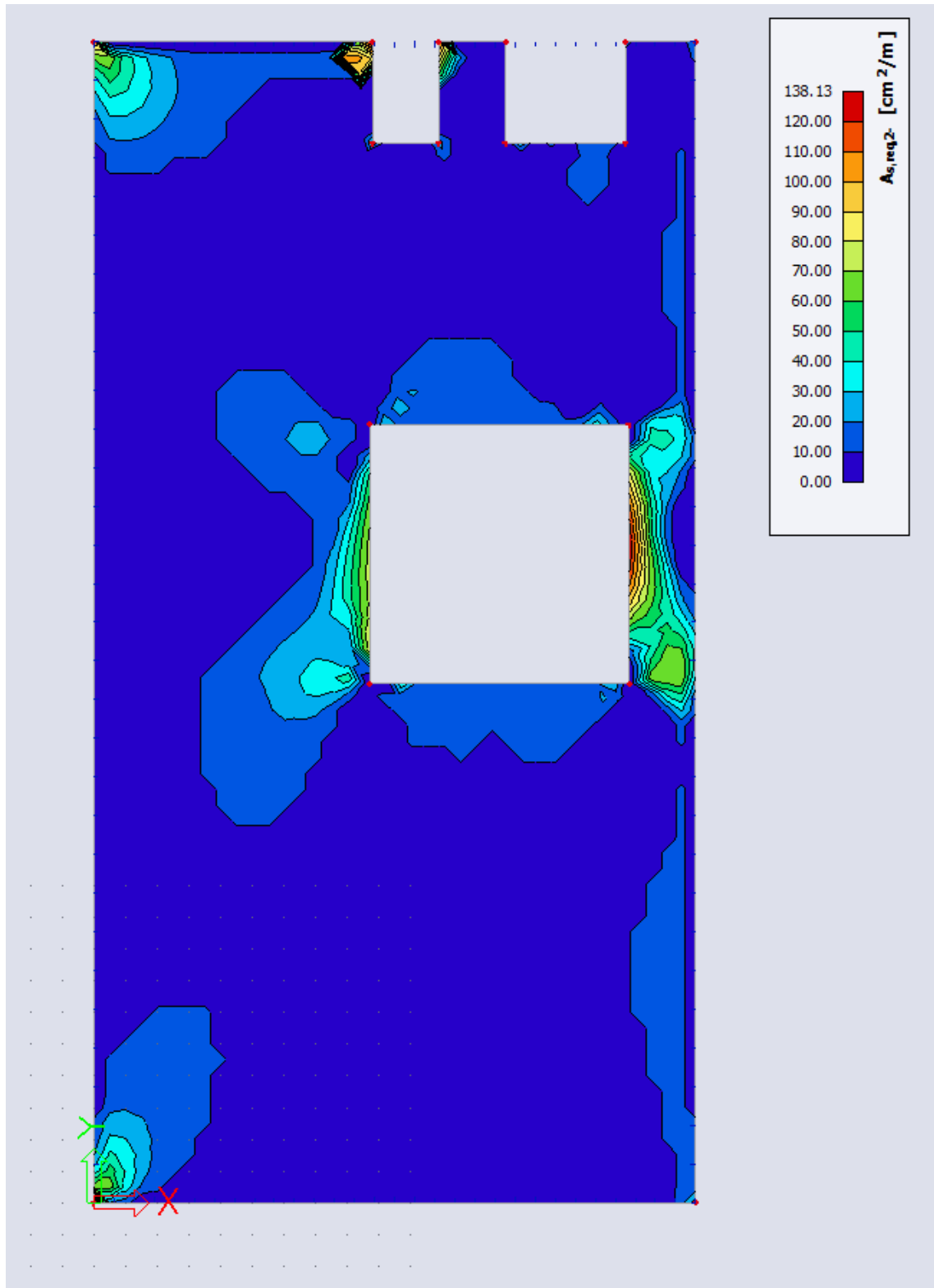
### 12.4.10 Solaio Livello -1 (+480,15 m)

#### 12.4.10.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

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

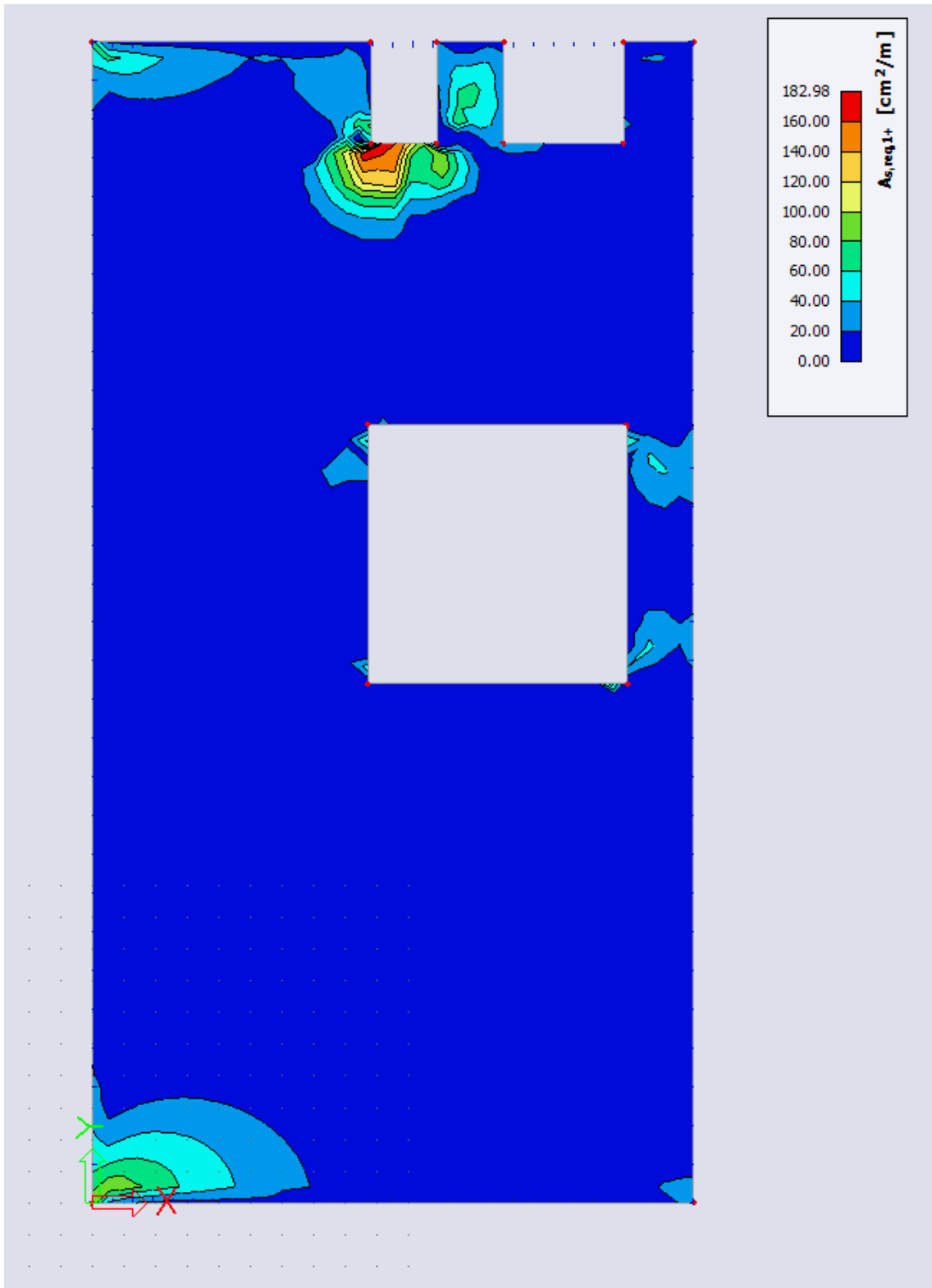


Armatura inferiore in direzione 1.

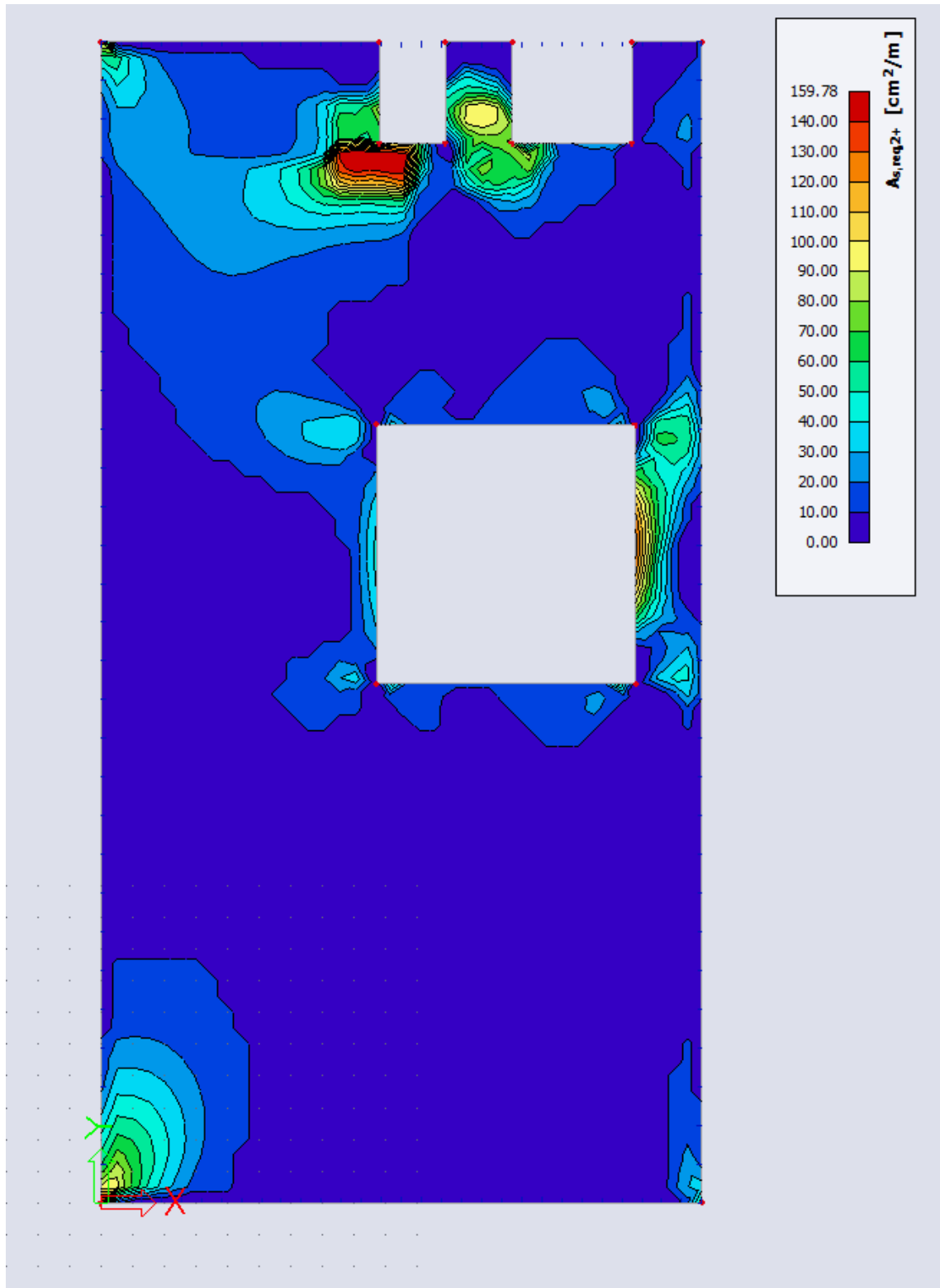


Armatura inferiore in direzione 2.





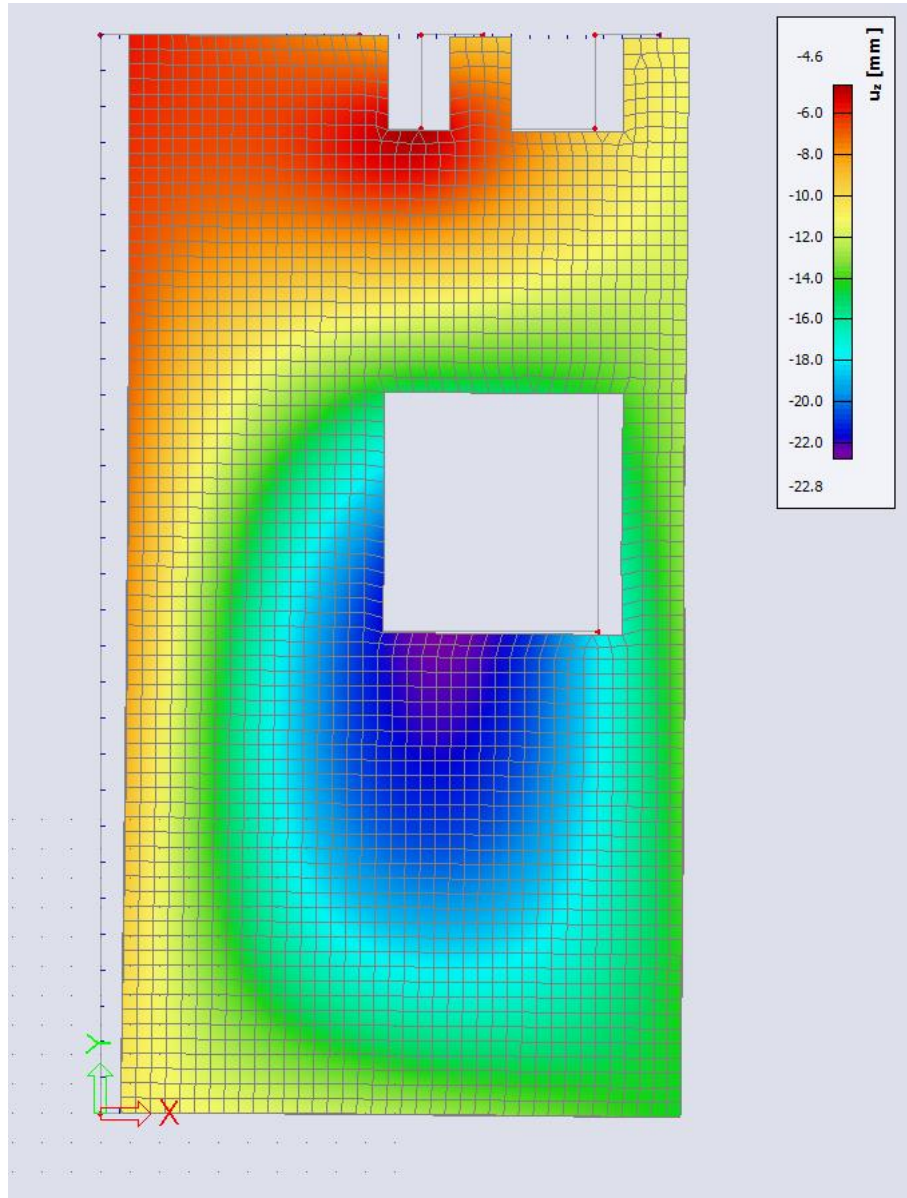
Armatura superiore in direzione 1.



Armatura superiore in direzione 2.

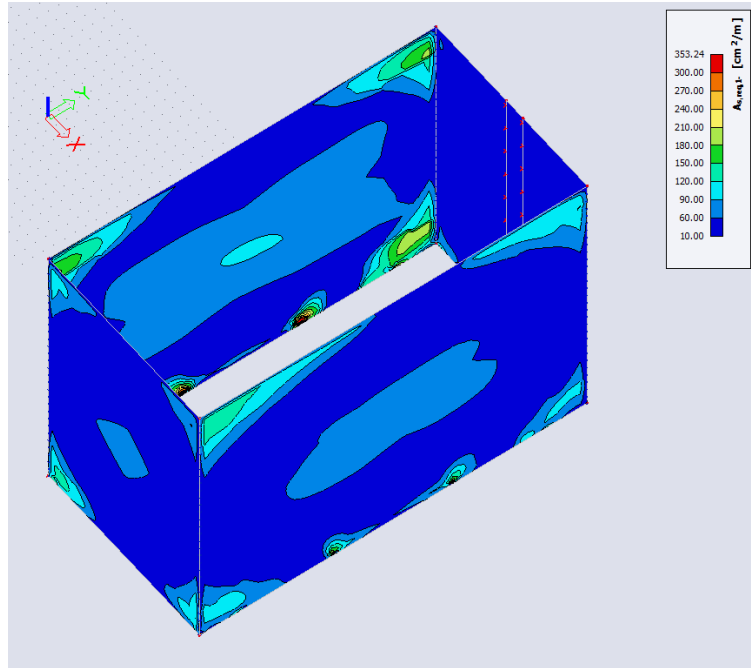
### 12.4.10.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) vale circa  $u_z=17$  mm.

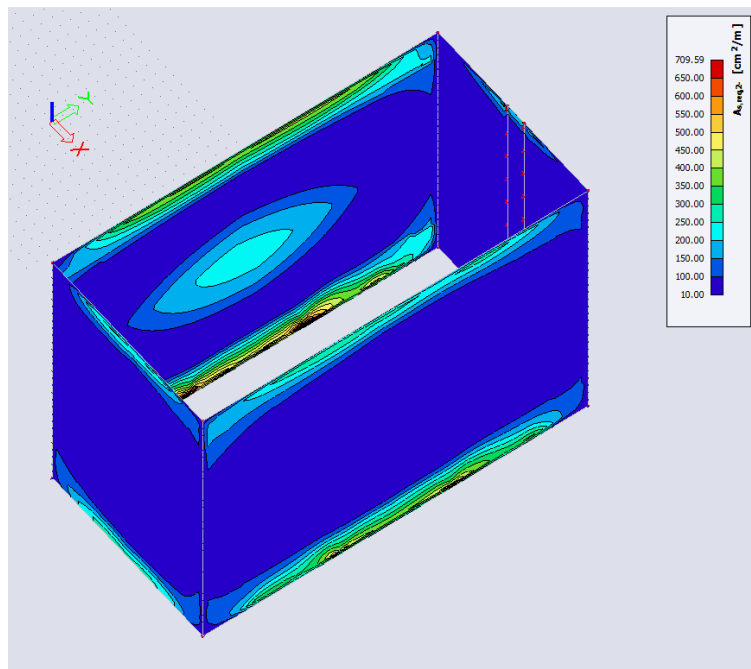


### 12.4.11 Pareti esterne locale generatori e turbine da Livello -1 a Livello -2

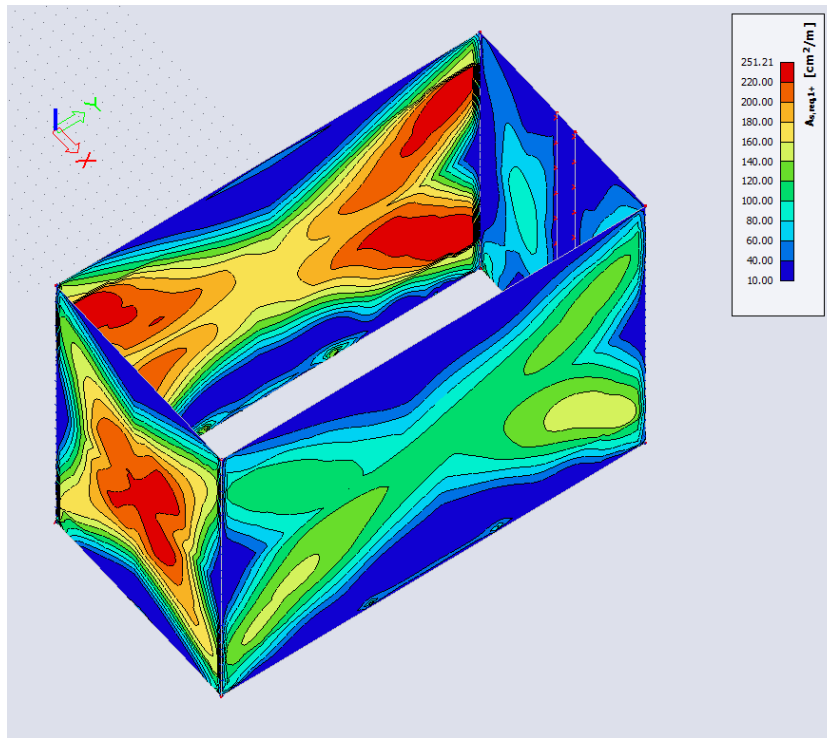
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sui due lati, lato esterno/terreno e lato interno/aria, in direzione orizzontale e verticale.



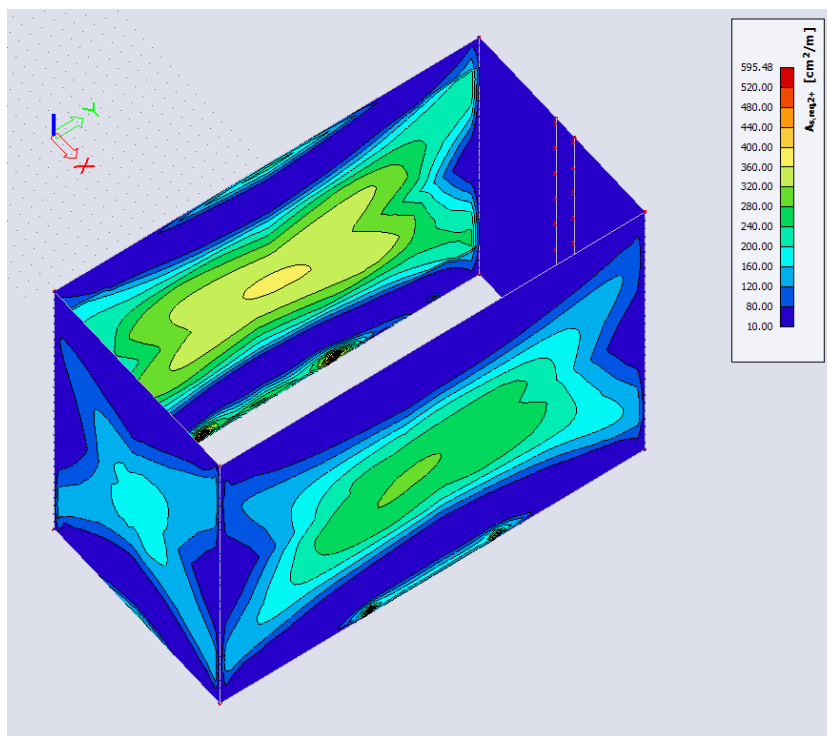
Armatura lato esterno/terreno in direzione orizzontale.



Armatura lato esterno/terreno in direzione verticale.



Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

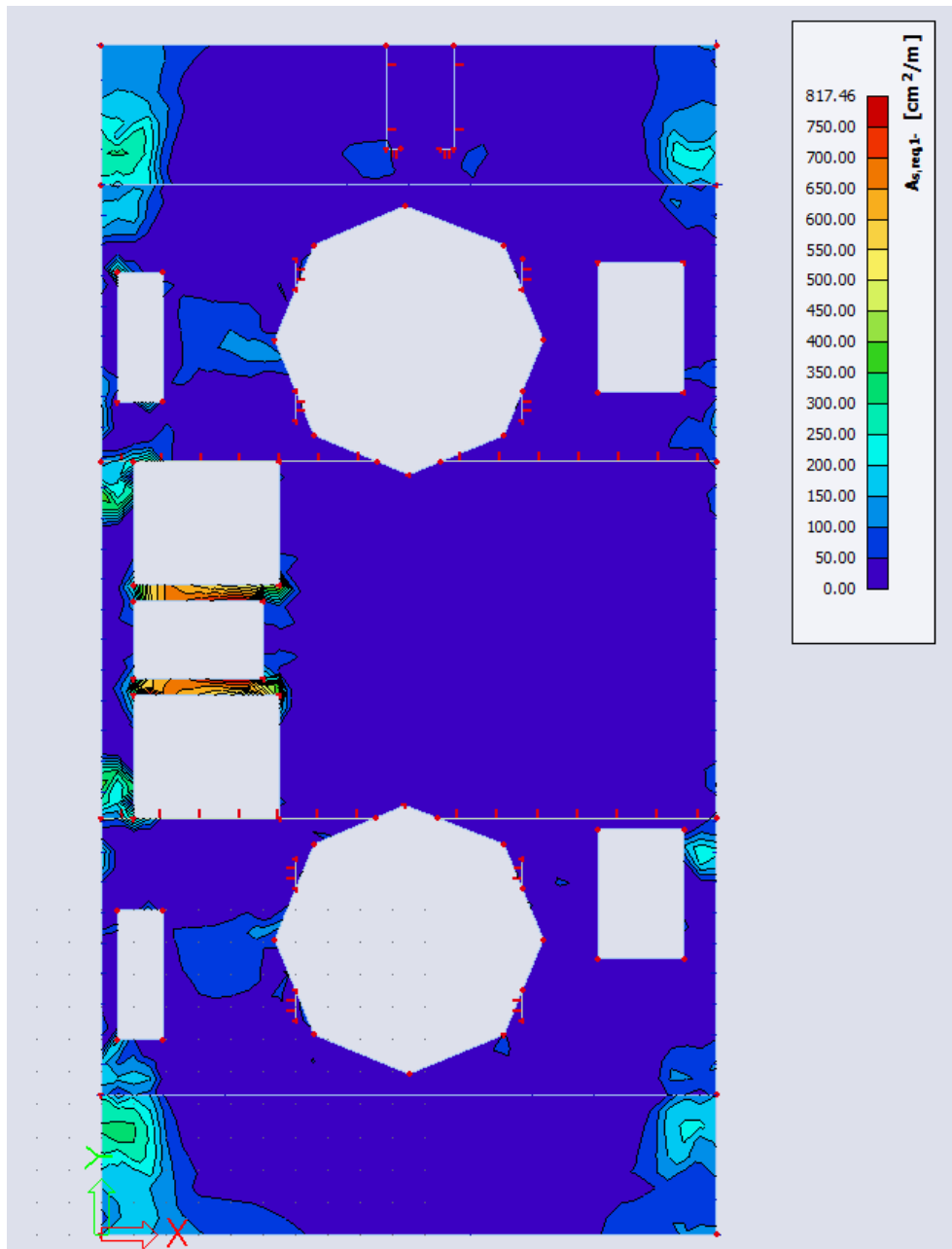


Armatura lato interno/aria in direzione orizzontale.

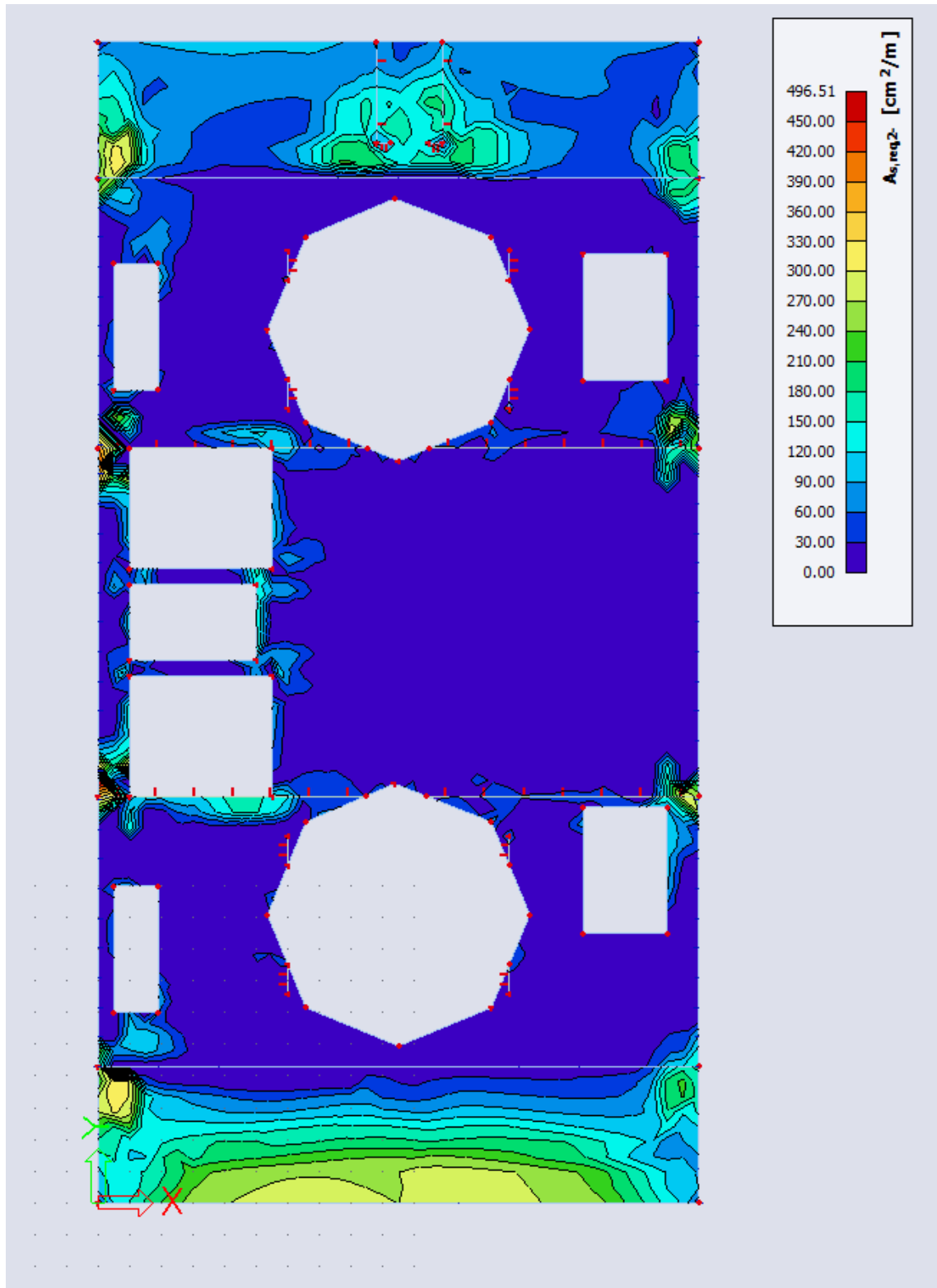
### 12.4.12 Solaio Livello -2 (+453,15 m)

#### 12.4.12.1 Verifica degli Stati Limite Ultimi (SLU)

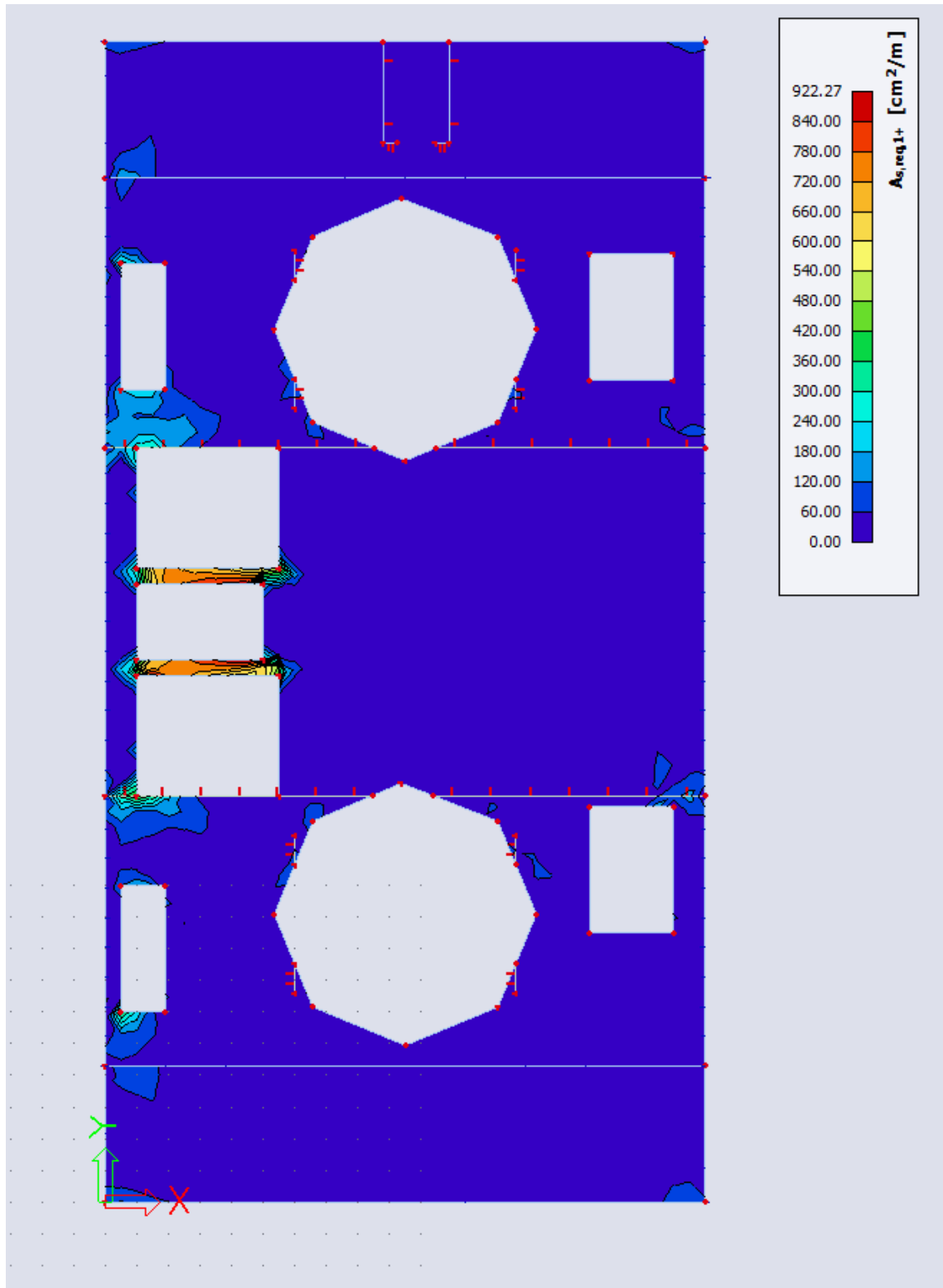
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



Armatura inferiore in direzione 1.

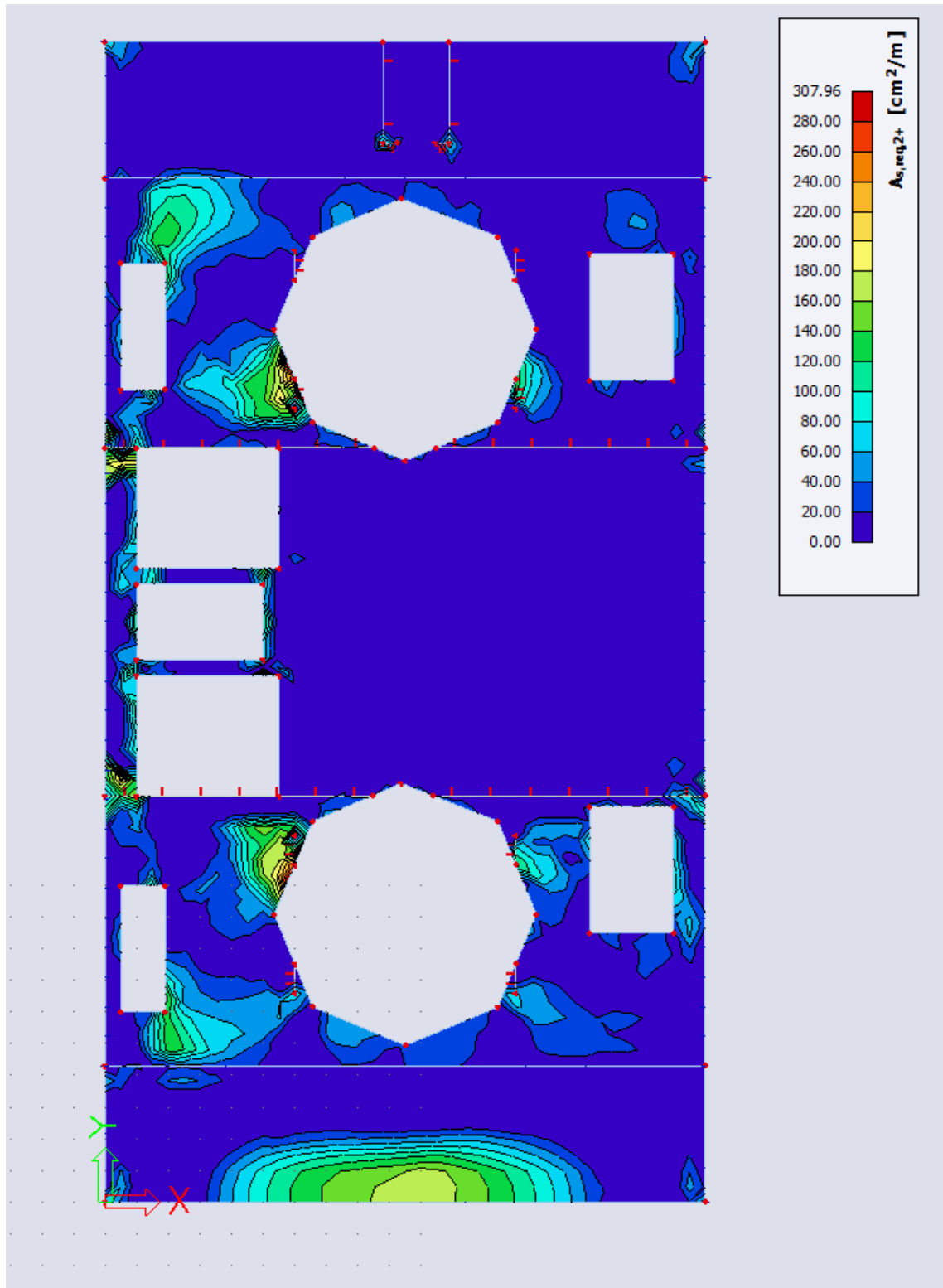


Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.

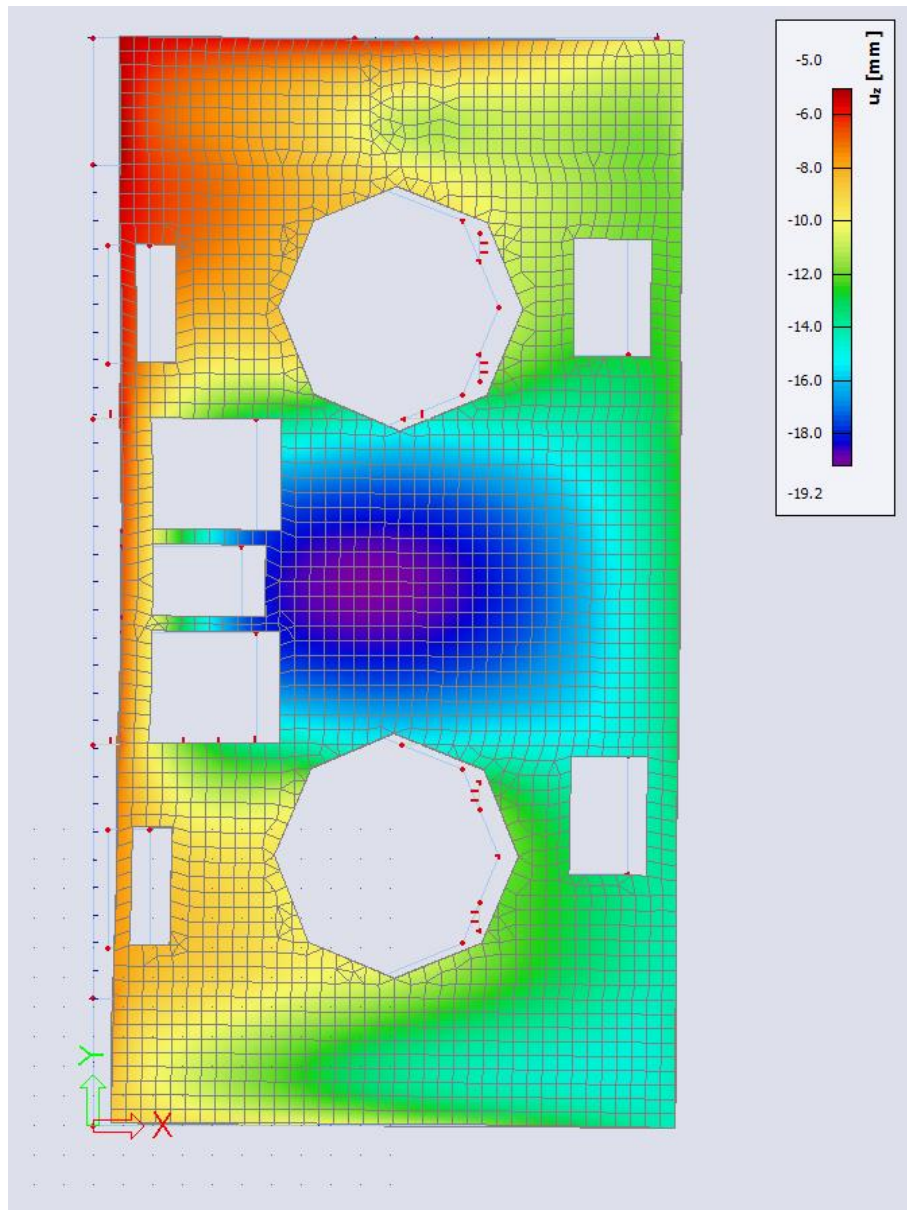




Armatura superiore in direzione 2.

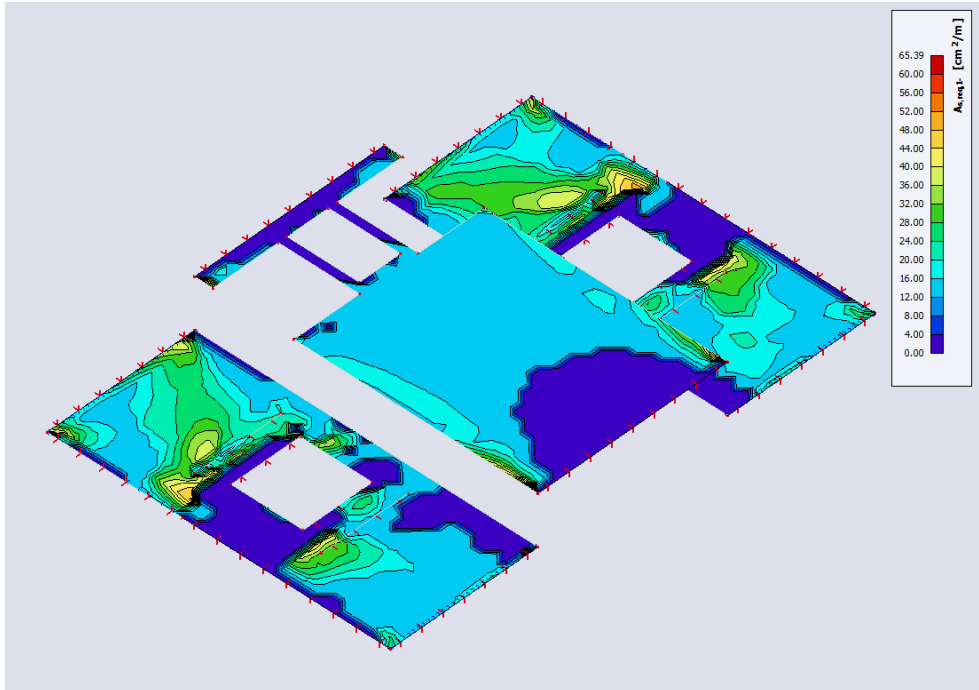
### 12.4.12.2 Verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Di seguito la rappresentazione grafica degli spostamenti verticali (in millimetri) per la combinazione caratteristica delle azioni. Lo spostamento istantaneo massimo netto (relativo agli appoggi) vale circa  $u_z=14$  mm.

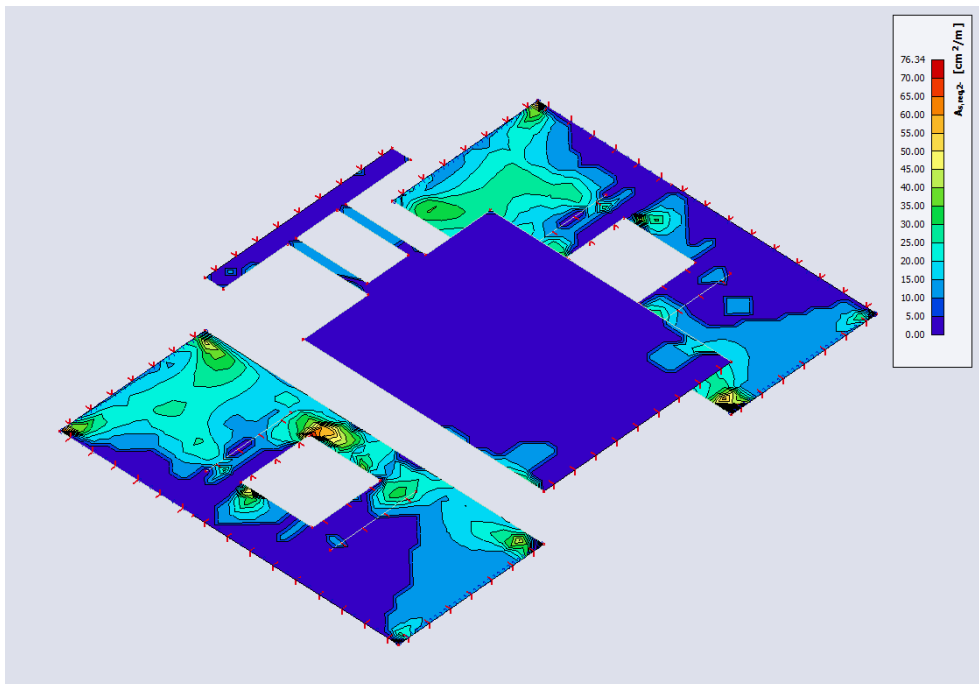


### 12.4.13 Solaio Livello -3 (+447,05 m)

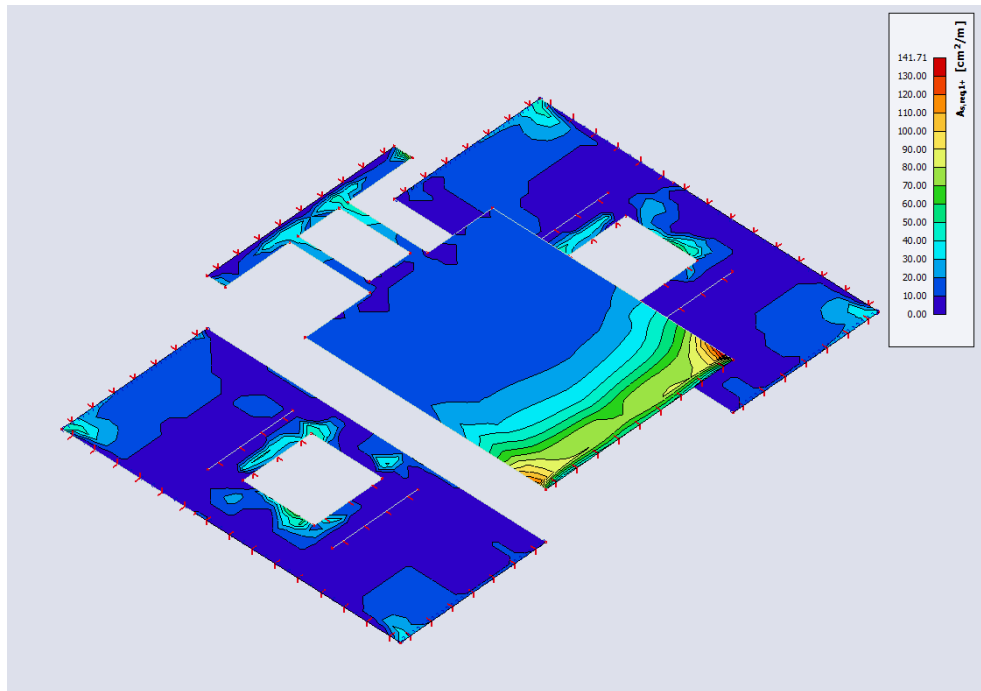
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



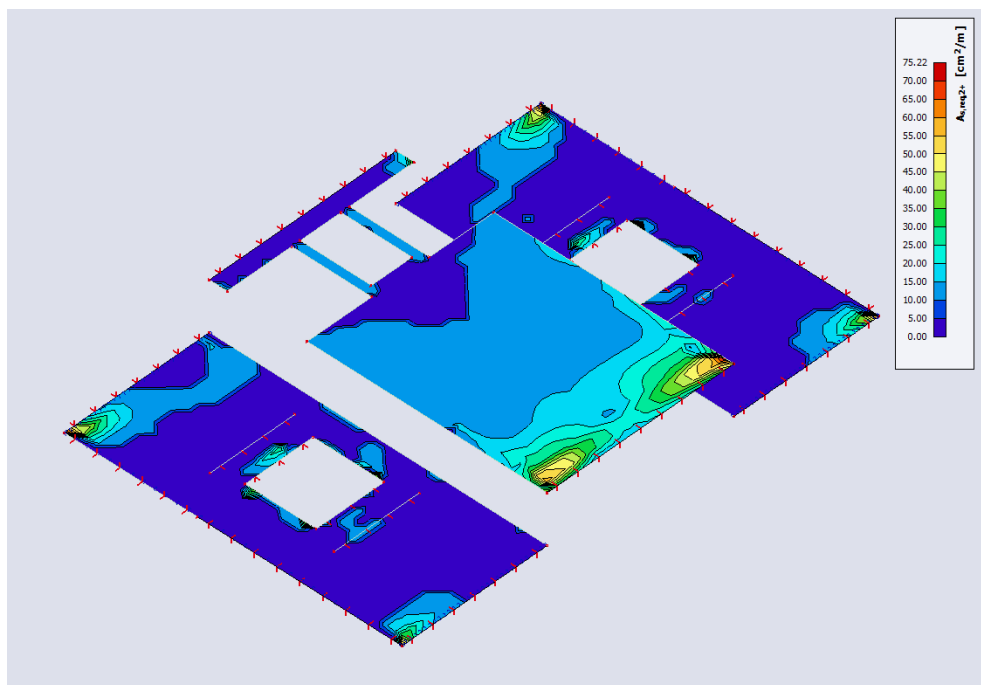
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



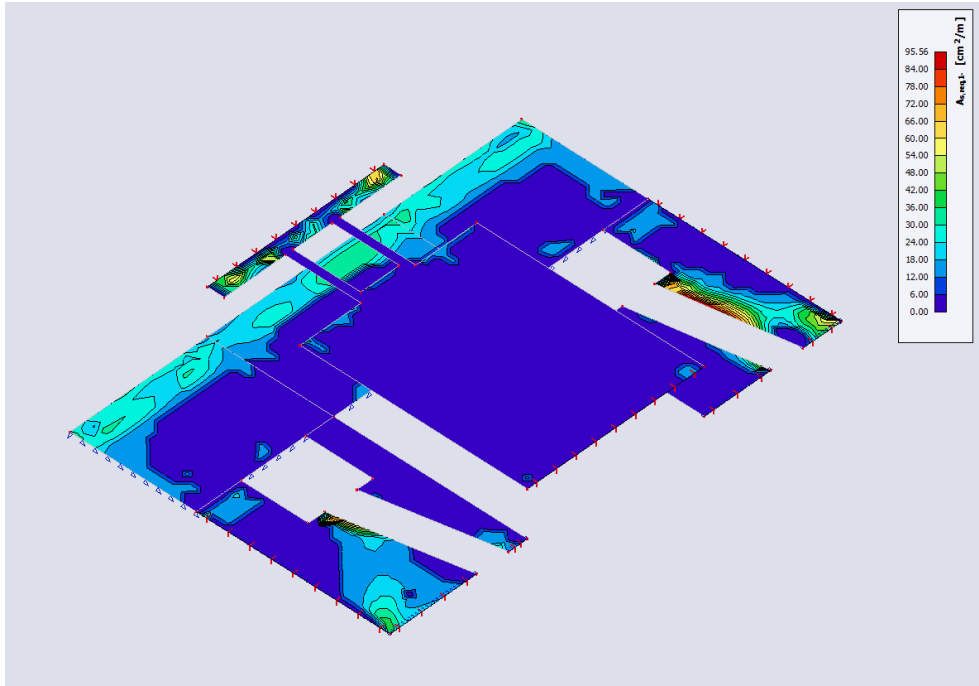
Armatura superiore in direzione 1.



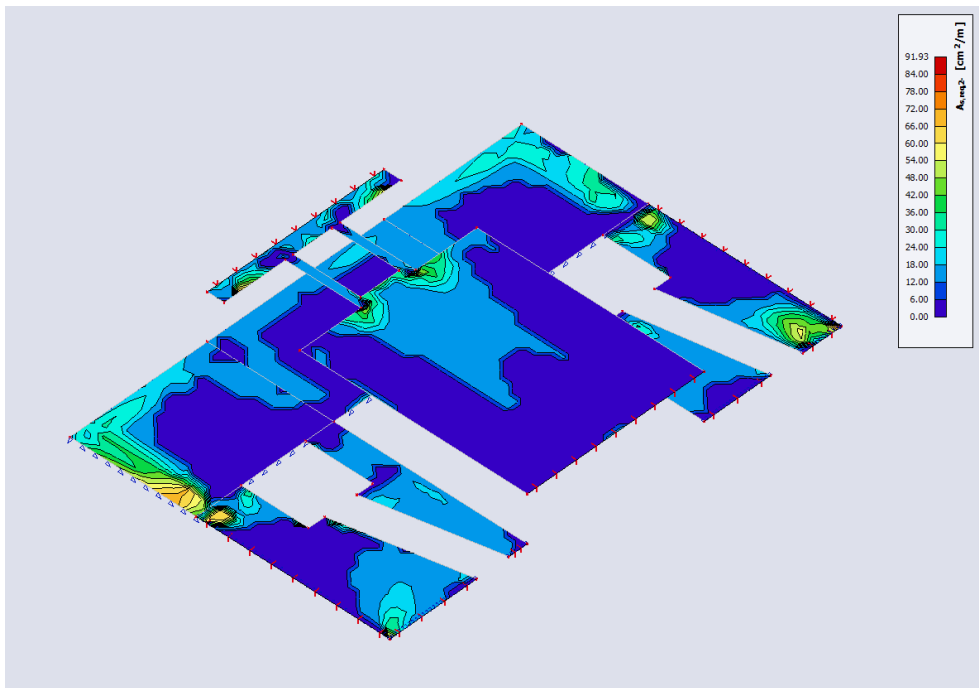
Armatura superiore in direzione 2.

#### 12.4.14 Solaio Livello -4 (+440,95 m)

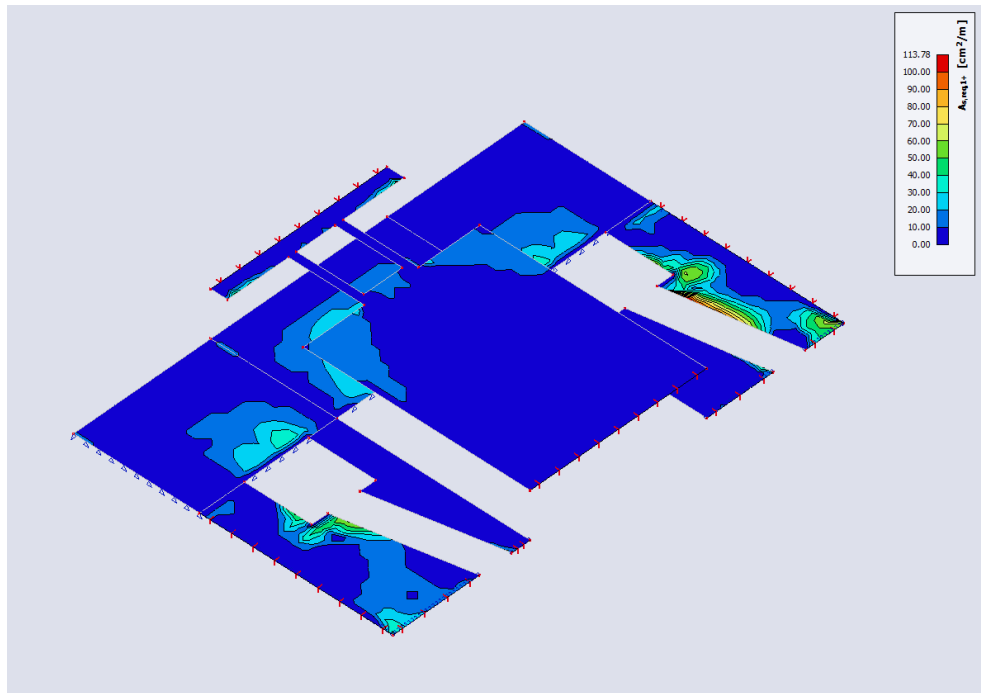
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



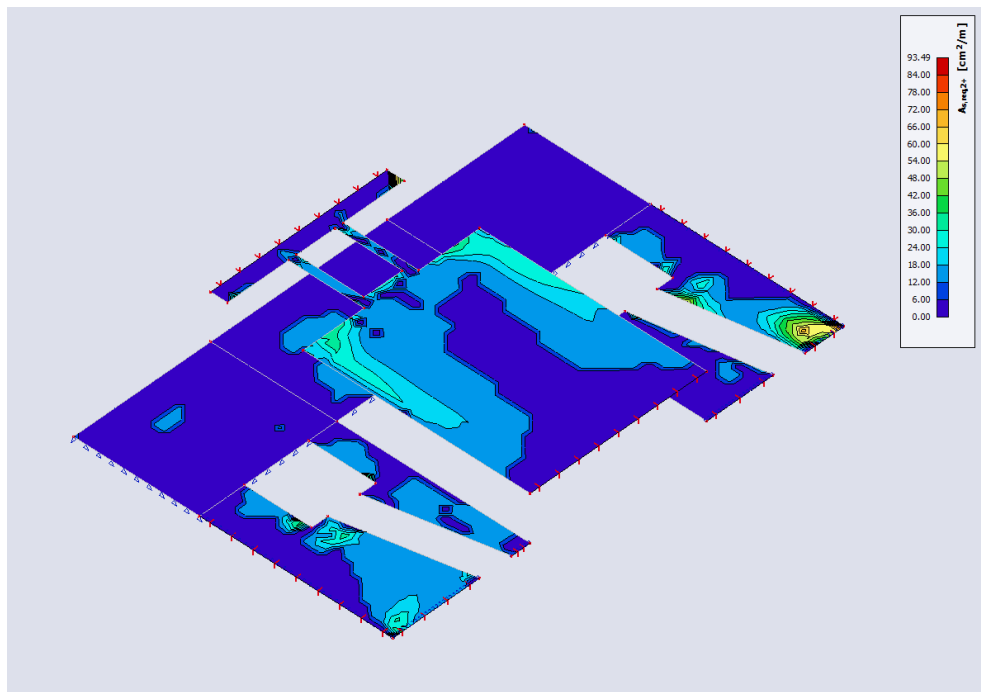
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



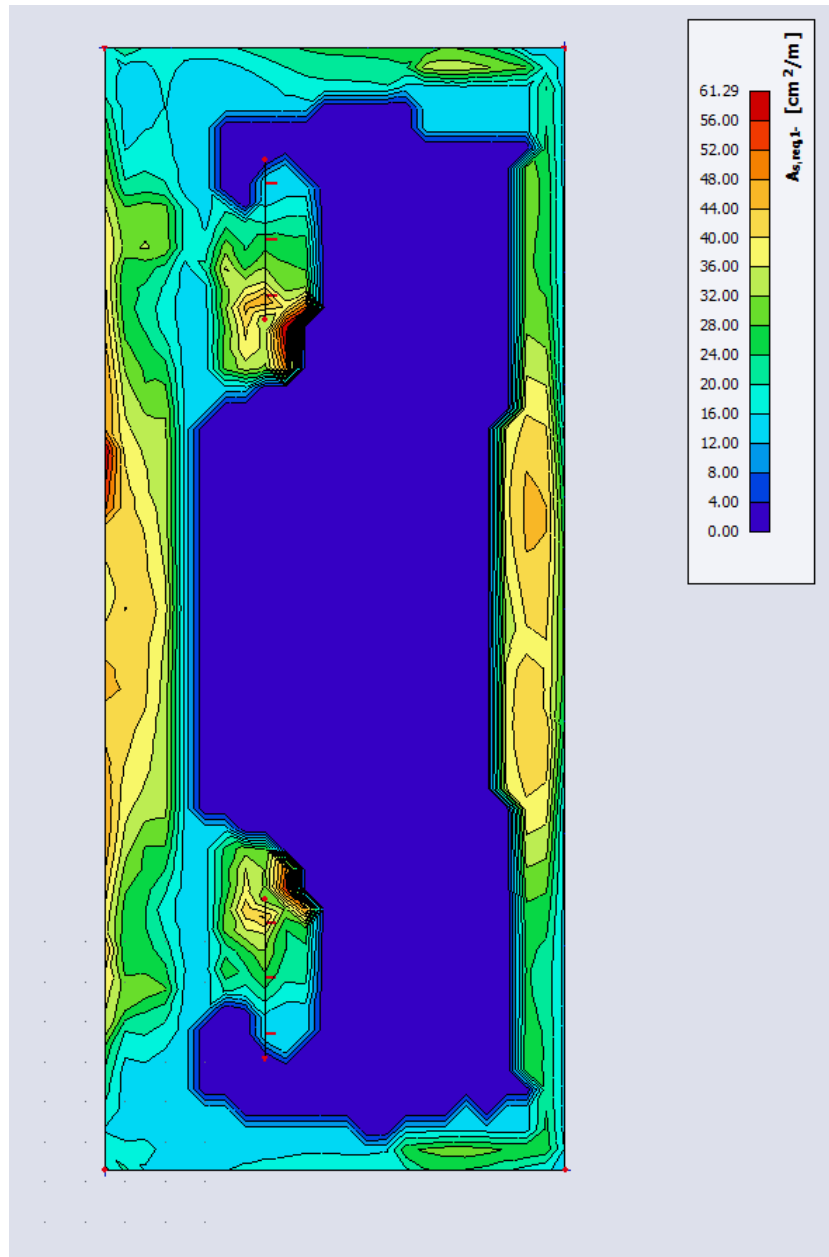
Armatura superiore in direzione 1.



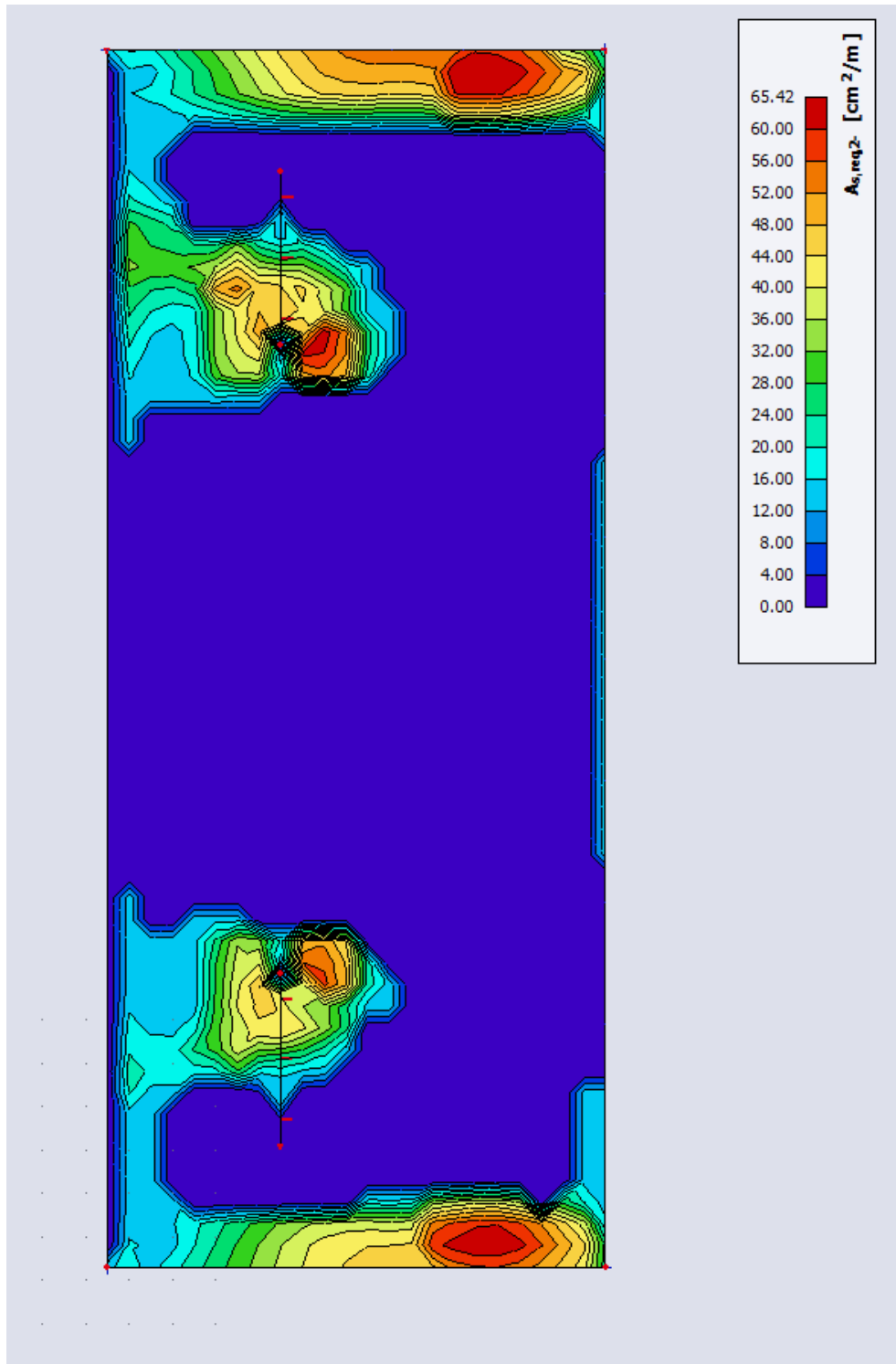
Armatura superiore in direzione 2.

### 12.4.15 Platea locale turbine – Livello -5 (+433,00 m)

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

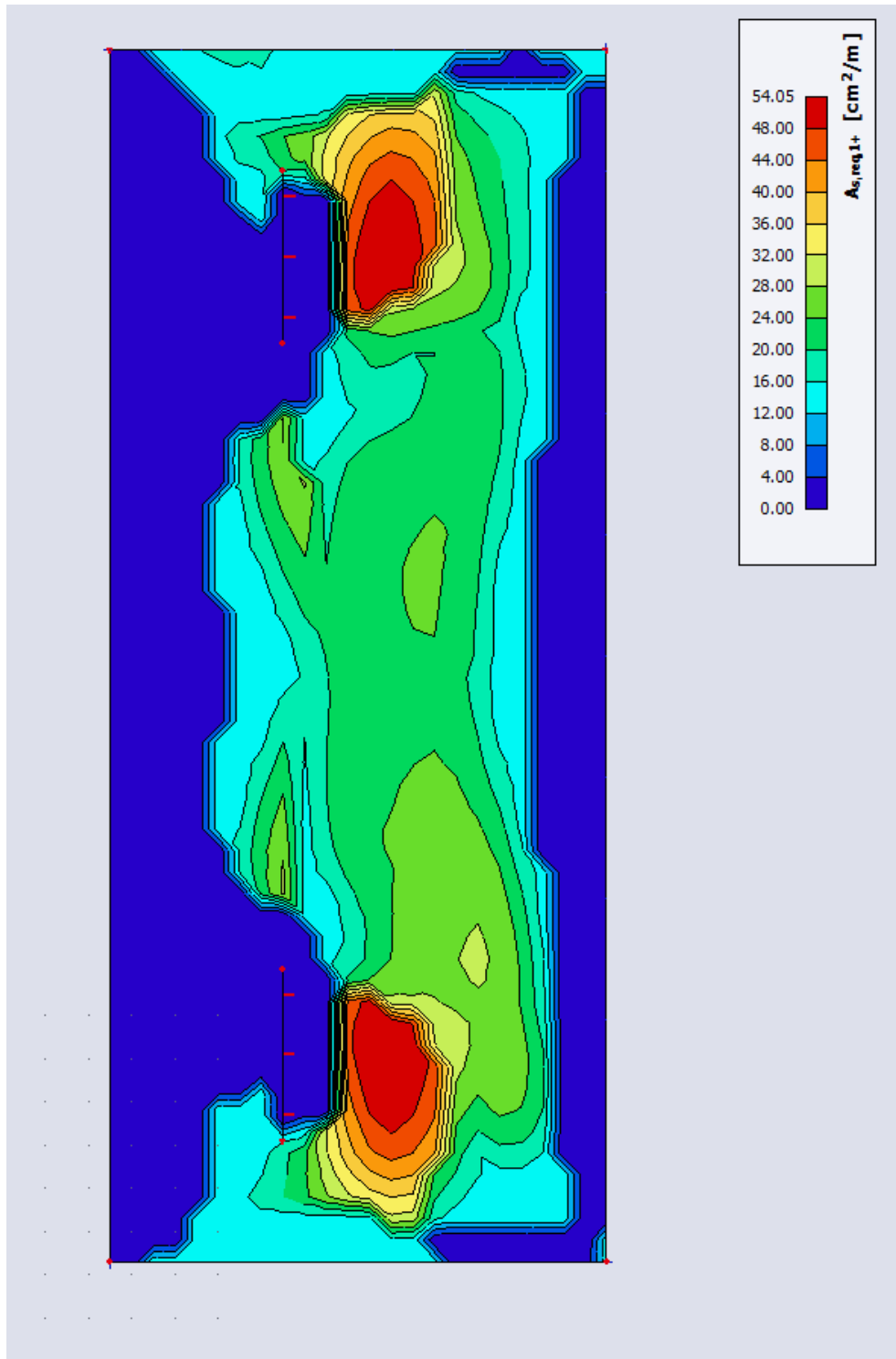


Armatura inferiore in direzione 1.

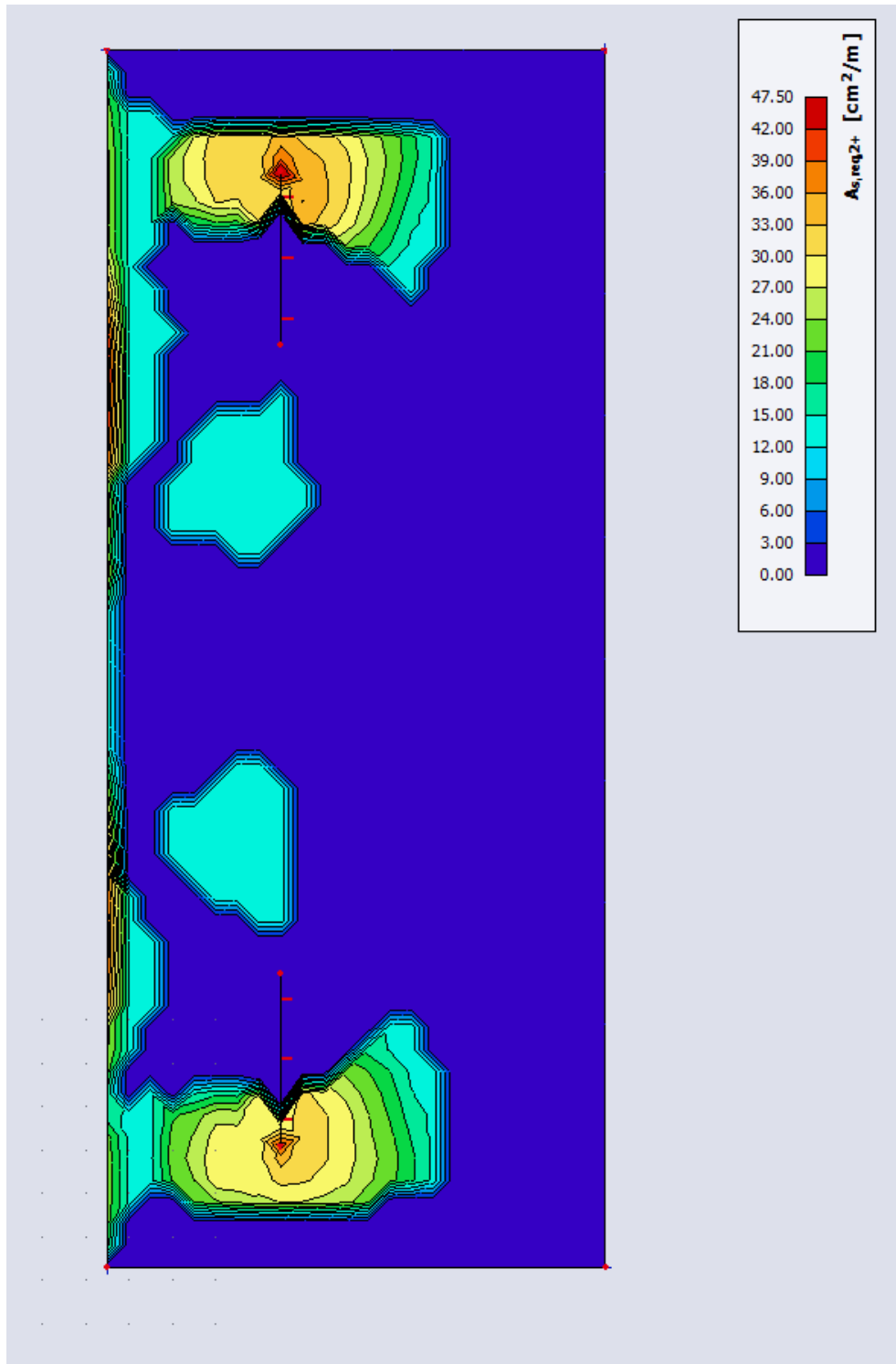


Armatura inferiore in direzione 2.





Armatura superiore in direzione 1.

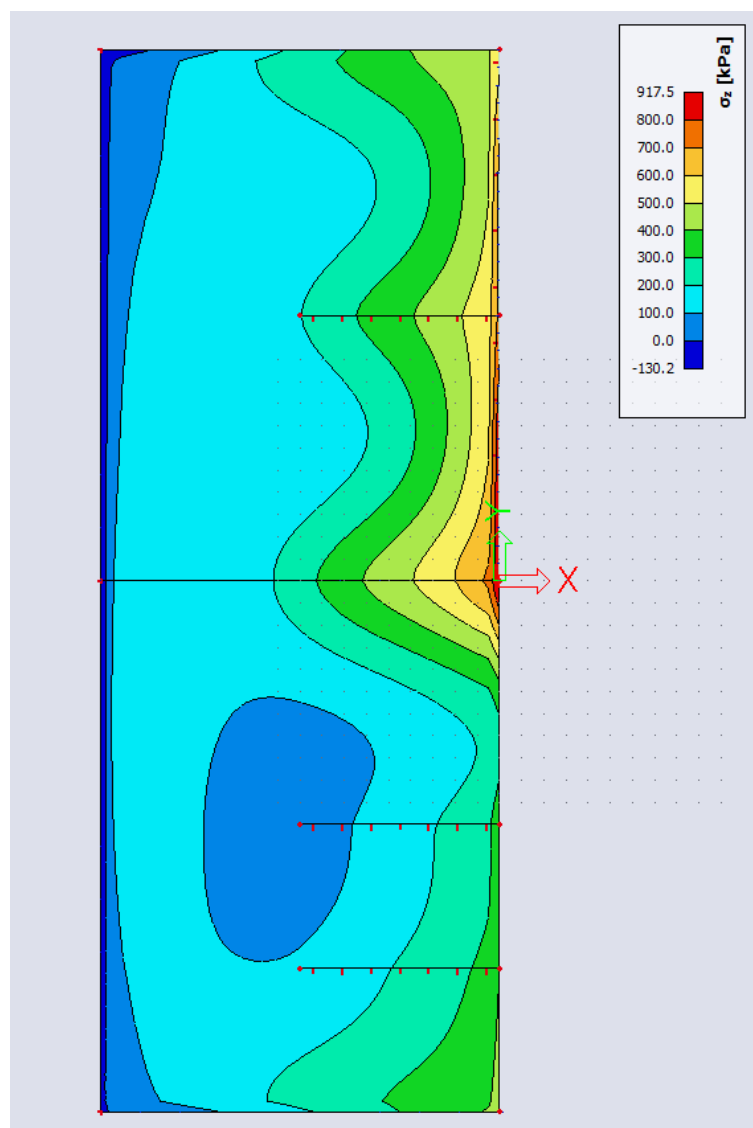


Armatura superiore in direzione 2.

## 12.5 Pressioni di contatto terreno-fondazioni

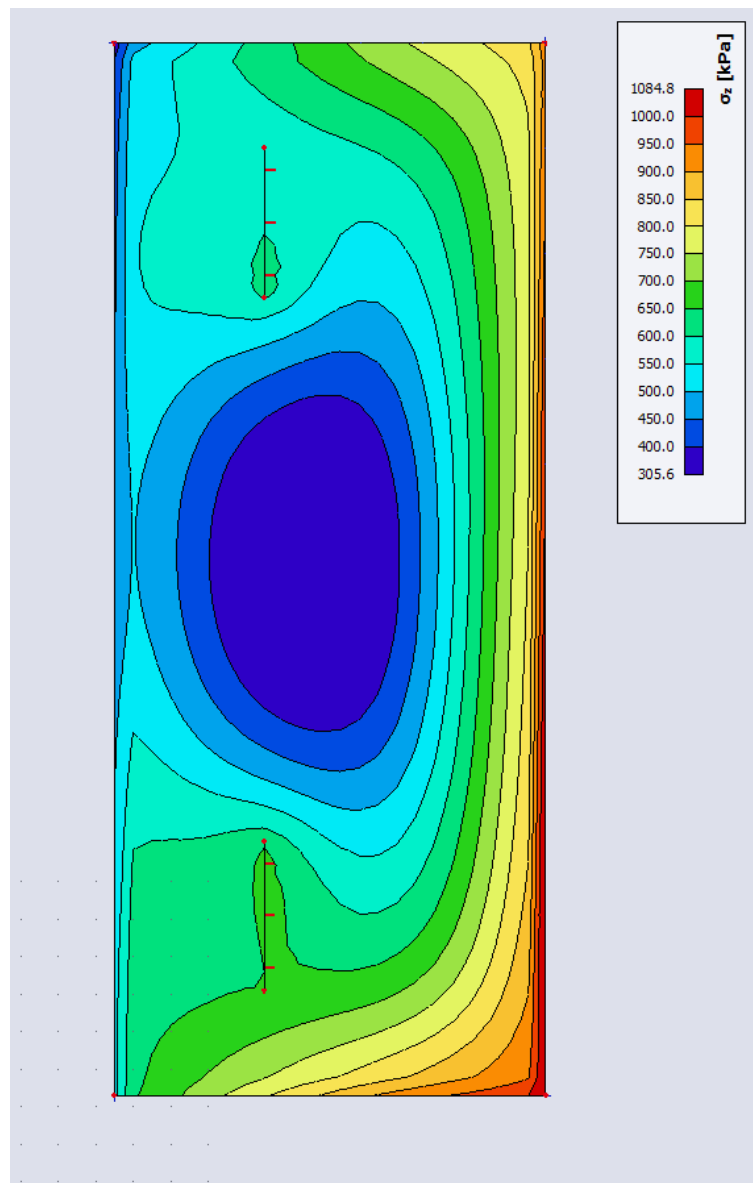
### 12.5.1 Platea locale trasformatori

Di seguito le pressioni sul terreno, in  $\text{kN/m}^2$ , per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. I valori massimi sono localizzati, per una larghezza molto limitata, lungo il bordo di attacco fondazione-parete locale ingresso. In fase di progettazione esecutiva se ne approfondirà lo studio.



### 12.5.2 Platea locale turbine – Livello – 5 (+433,00 m)

Di seguito le pressioni sul terreno, in kN/m<sup>2</sup>, per la combinazione agli Stati Limite Ultimi. I valori massimi sono localizzati, per una larghezza molto limitata, lungo un bordo di attacco fondazione-parete. Il valore massimo è minore della pressione verticale nel terreno alla profondità di 60,0 m, prima della realizzazione dello scavo. In fase di progettazione esecutiva se ne approfondirà lo studio.



## 13. Invaso di valle – Scarico sovrappressione

### 13.1 Premessa

La costruzione che ospita la diramazione a T della condotta, necessaria a dissipare la sovrappressione del colpo d'ariete, è costituita da una struttura in cemento armato a pianta rettangolare di dimensioni esterne 20,0 m x 11,0 m e altezza 7,00 m fuori terra, e 6,00 m sotto il piano campagna. Le fondazioni sono del tipo a platea con spessore  $s=50$  cm. Le pareti esterne hanno spessore  $s=50$  cm. Il solaio del piano terra ha spessore  $s=50$  cm. Il solaio di copertura ha spessore  $s=50$  cm. Al locale interno del piano terra si accede da un'apertura 6,00 m x 5,00 m che consente anche l'ingresso di automezzi. Dal piano terra si accede al piano interrato per mezzo di due scale in acciaio. Per tutti gli elementi il calcestruzzo è della classe C25/30.

### 13.2 Carichi

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

#### 13.2.1 Carichi permanenti

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

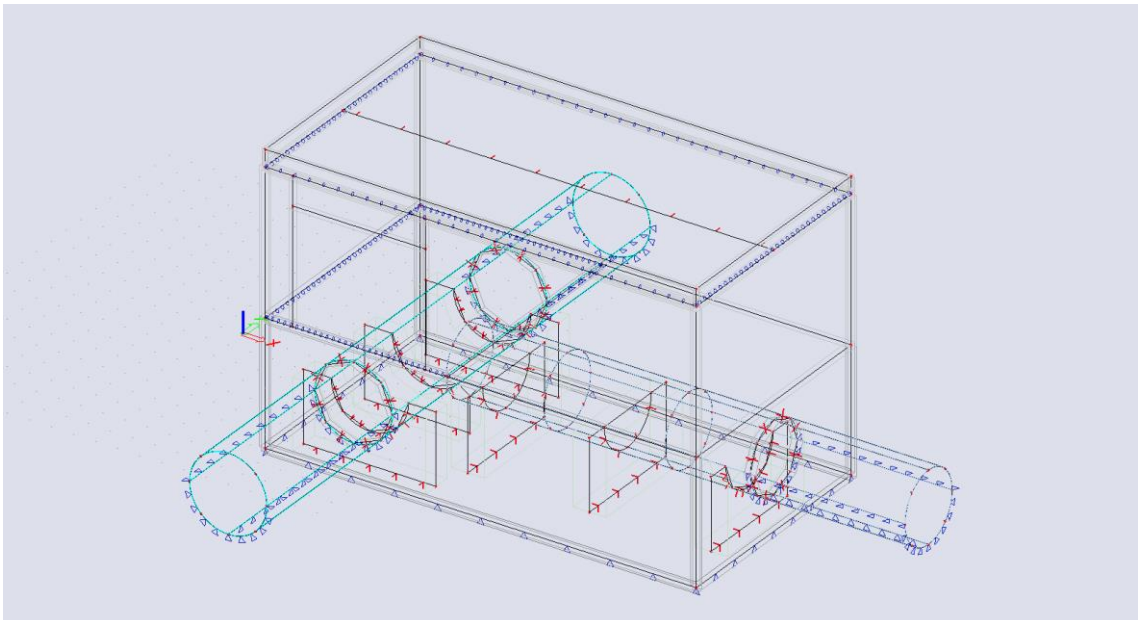
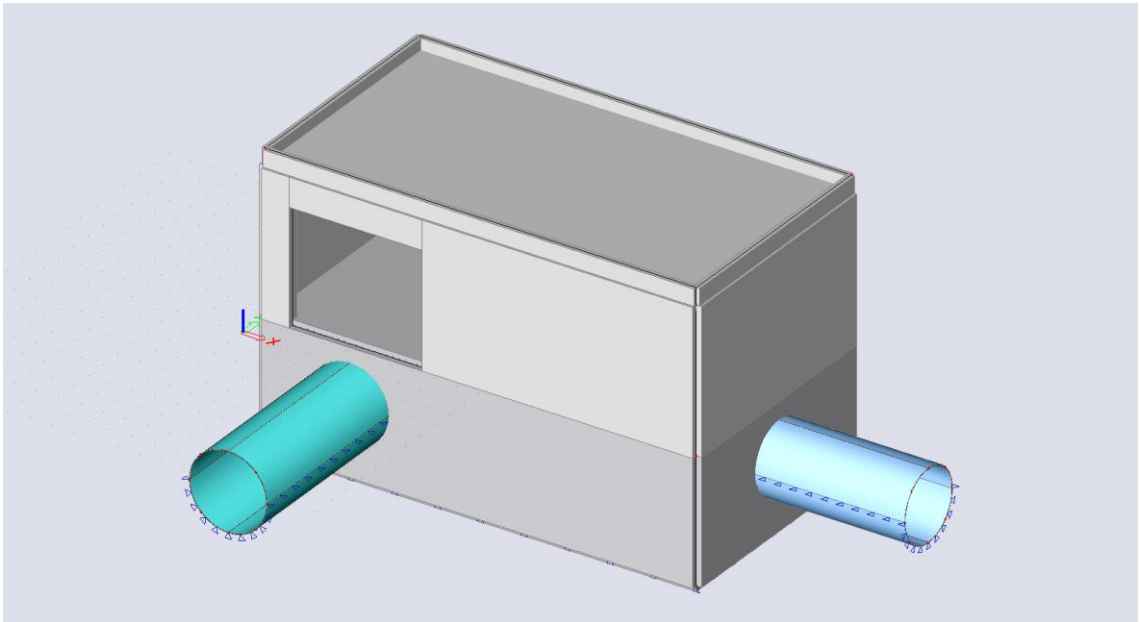
La spinta del terreno è calcolata considerando un peso specifico  $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$  e un coefficiente di spinta attiva  $k_a=0,3$ .

#### 13.2.2 Carichi variabili

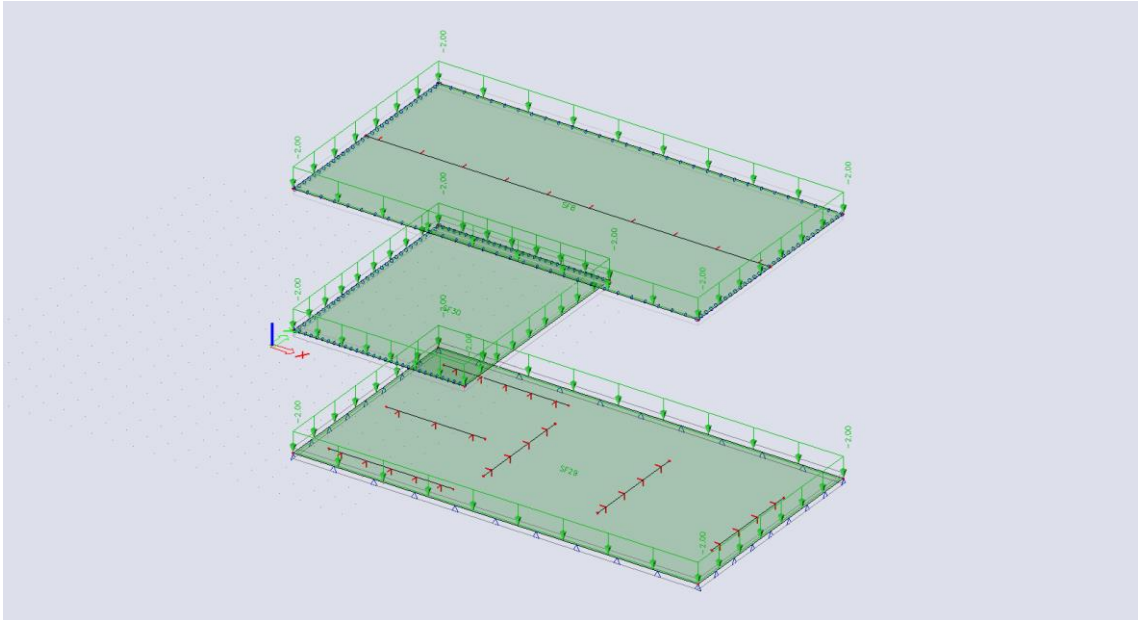
Sovraccarico variabile sulla platea	$q_1 =$	5,00 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile sul solaio del piano terra	$q_2 =$	15,00 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile sul solaio di copertura (manutenzione)	$q_3 =$	1,00 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile sul solaio di copertura (carroponte)	$q_3 =$	20,00 kN/m
Carico lineare del carroponte all'intradosso del solaio		
Sovraccarico variabile neve	$q_4 =$	0,85 kN/m <sup>2</sup>
Sovraccarico variabile acqua nella condotta	$q_5 =$	30,0 kN/m <sup>2</sup>

### 13.3 Modello di calcolo e carichi applicati

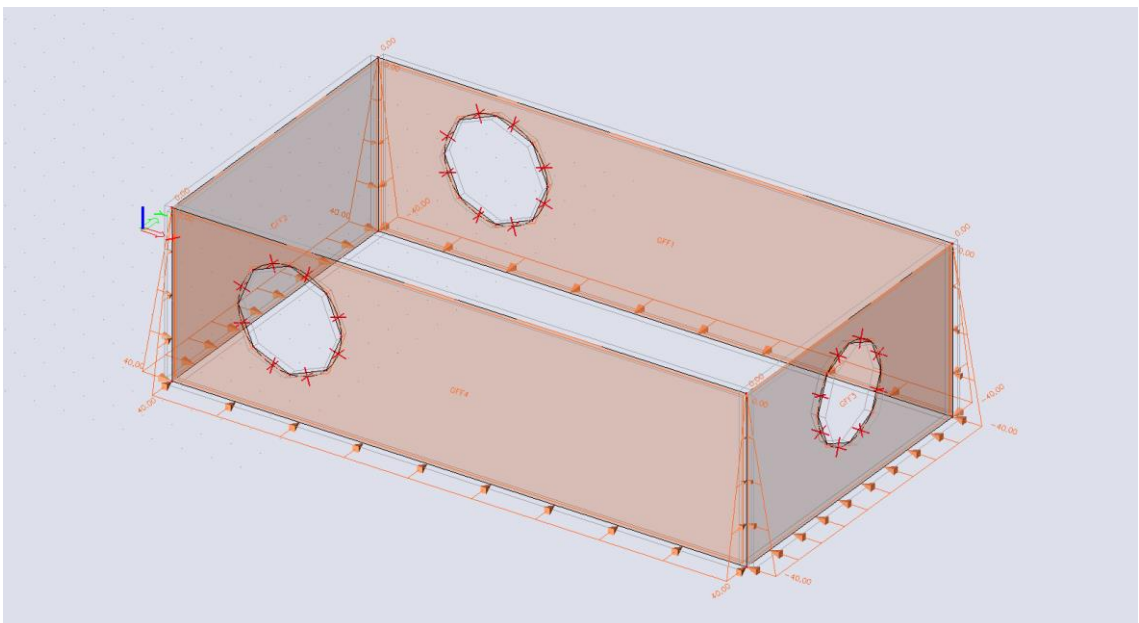
#### 13.3.1 Modello di calcolo



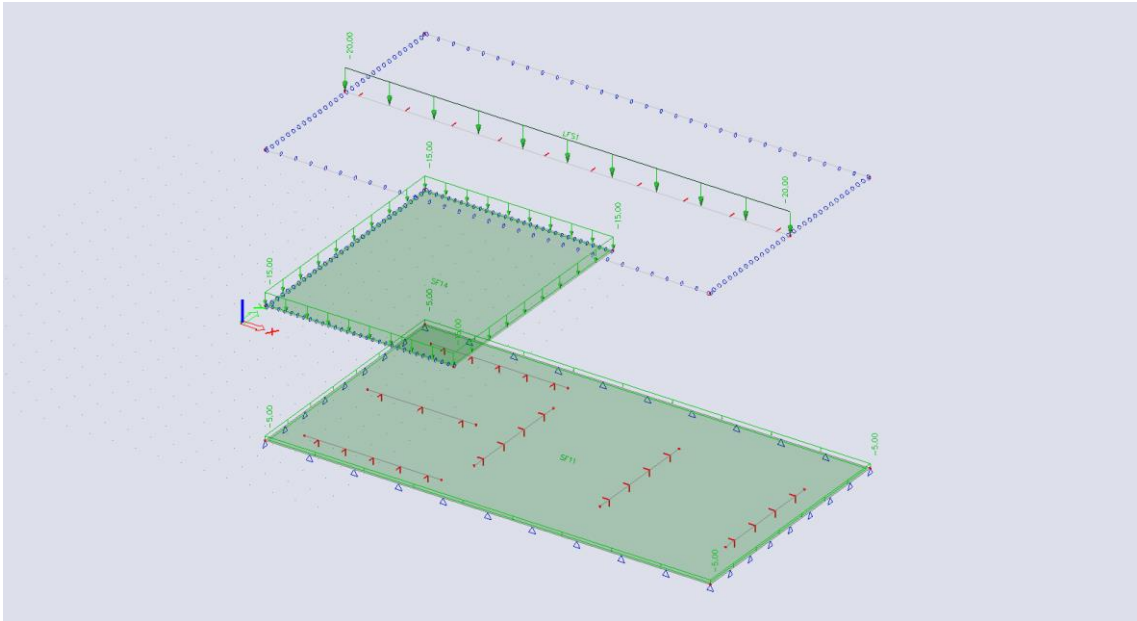
### 13.3.2 Carichi applicati



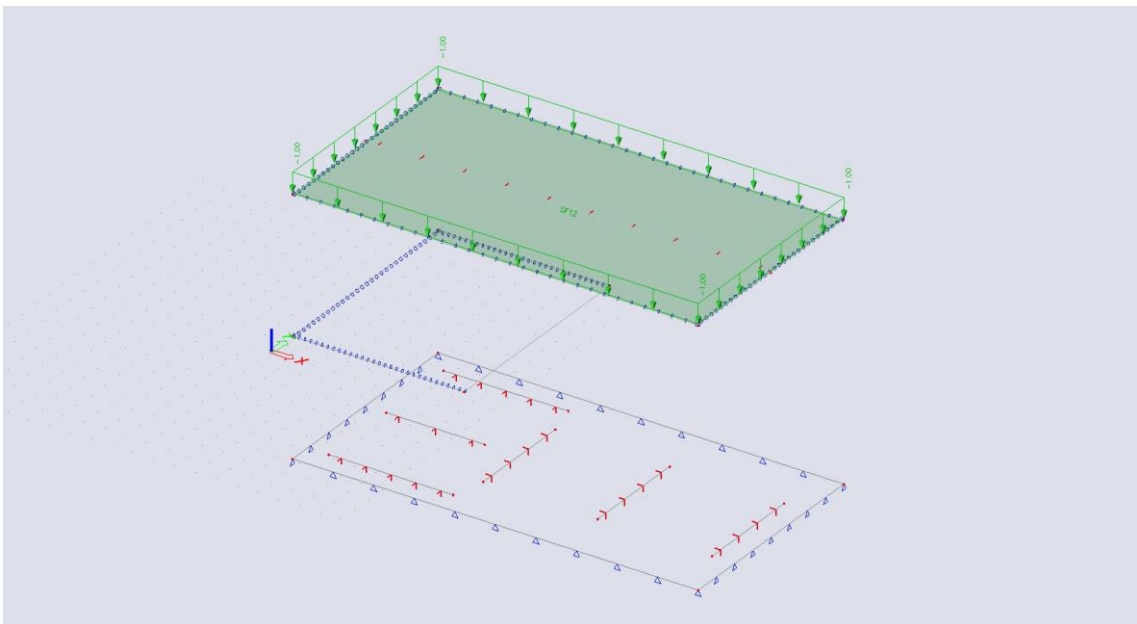
Sovraccarichi permanenti solai.



Sovraccarichi permanenti: spinta del terreno.

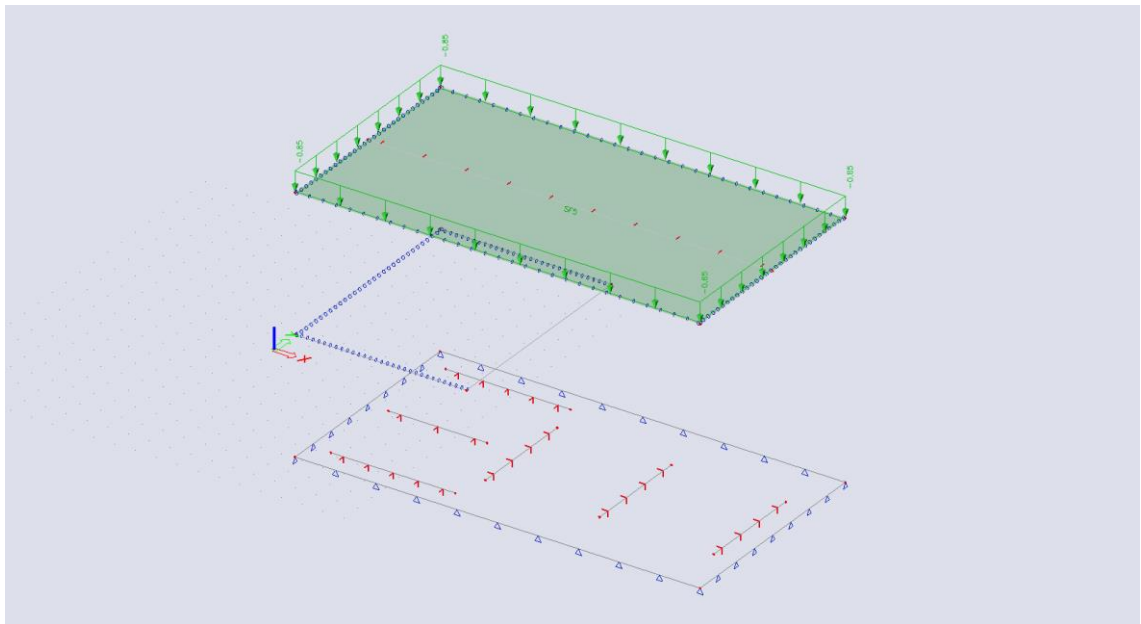


Sovraccarichi variabili di servizio.

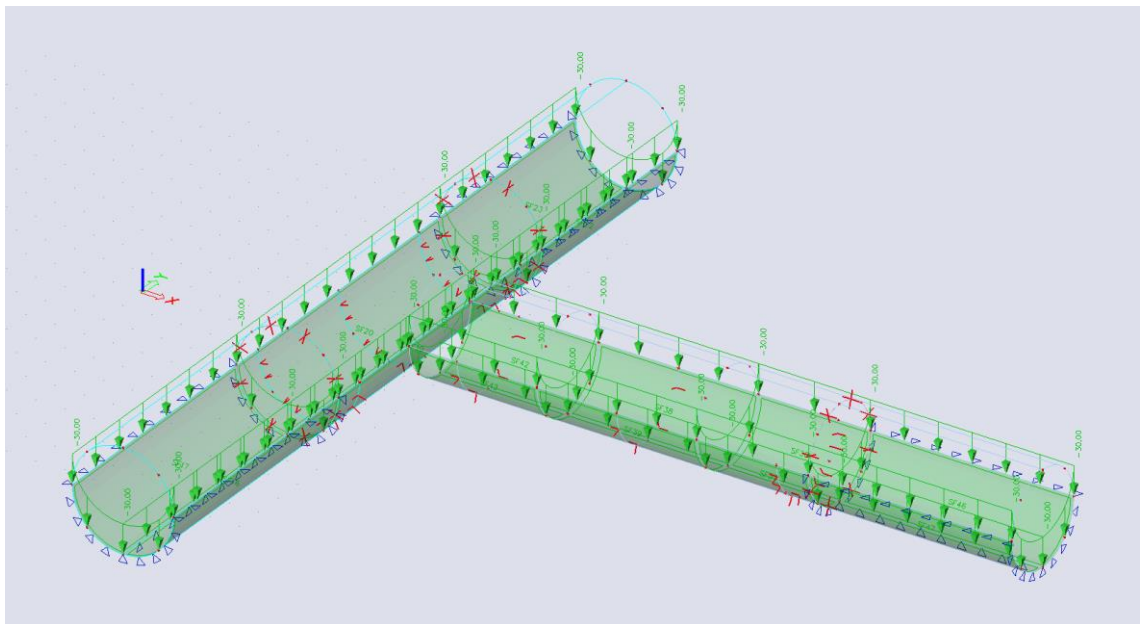


Sovraccarichi variabile copertura (manutenzione).





Sovraccarico variabile neve.

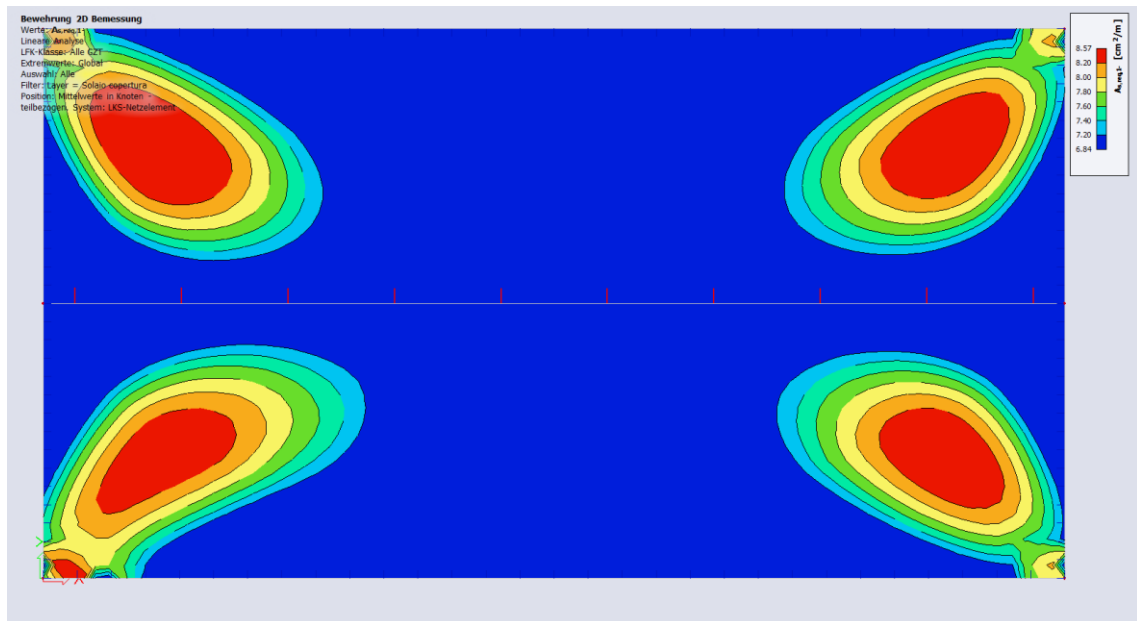


Sovraccarico variabile acqua nelle condotte.

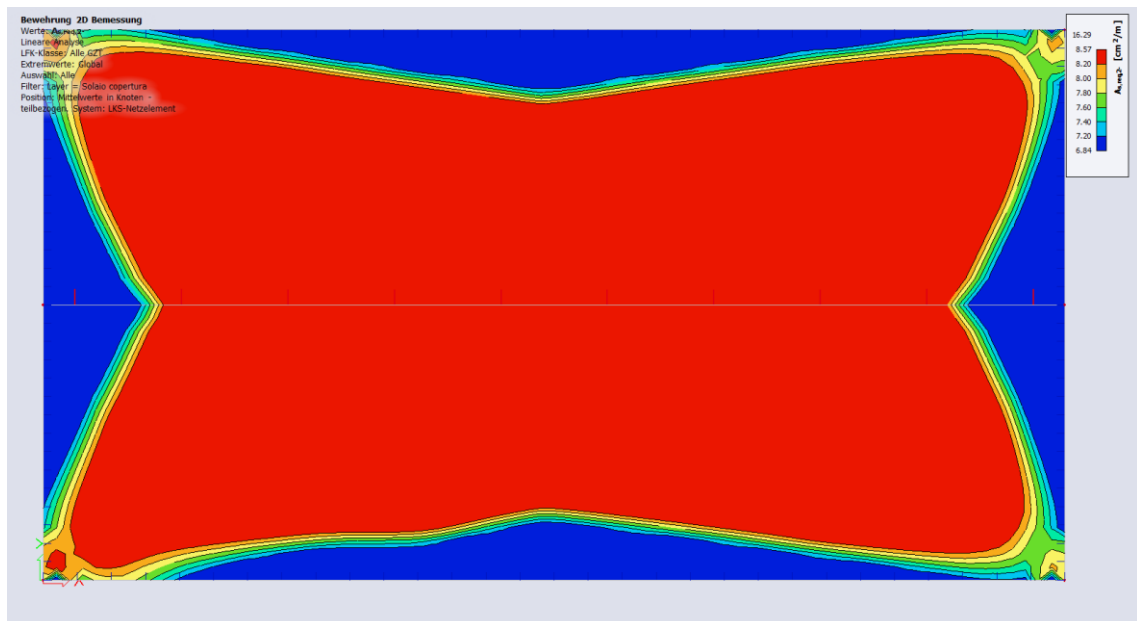
## 13.4 Verifiche degli Stati Limite Ultimi (SLU)

### 13.4.1 Solaio di copertura

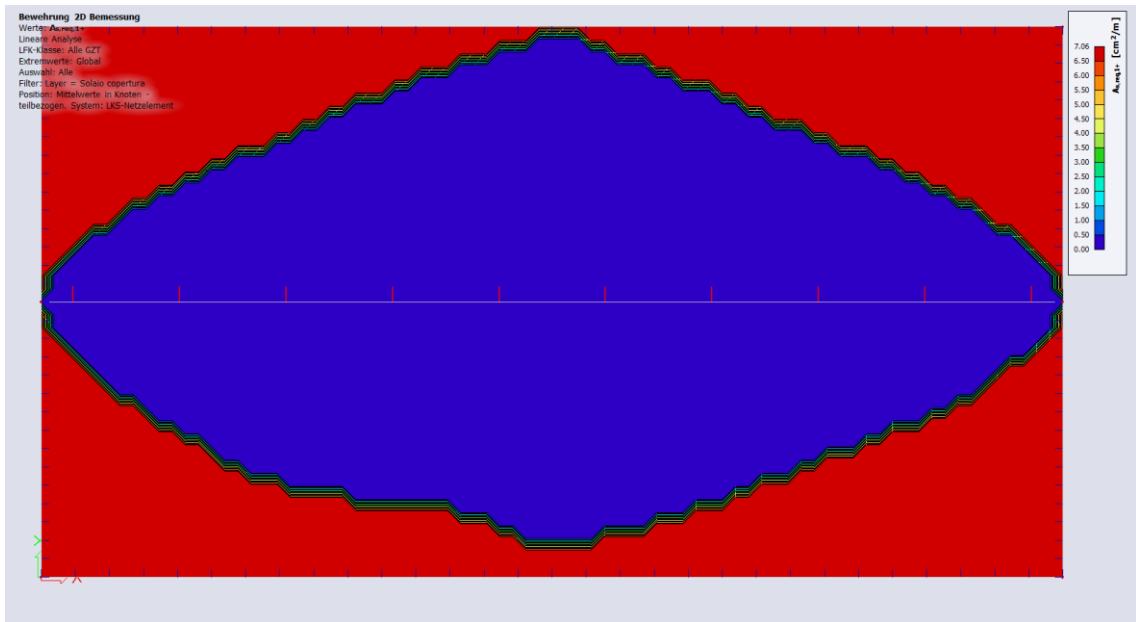
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



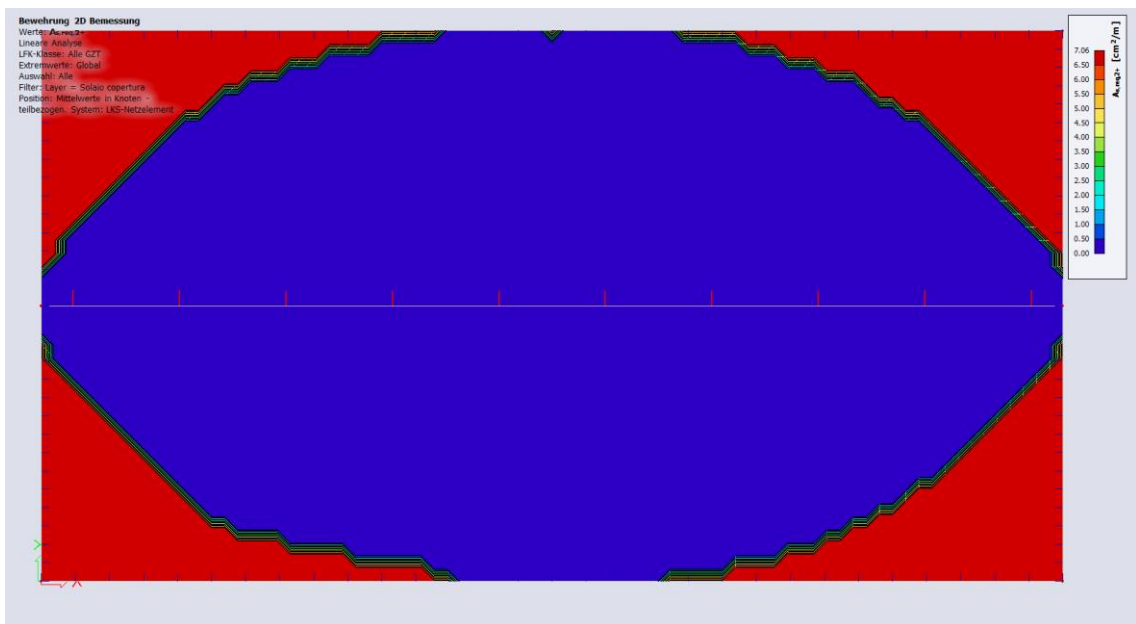
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



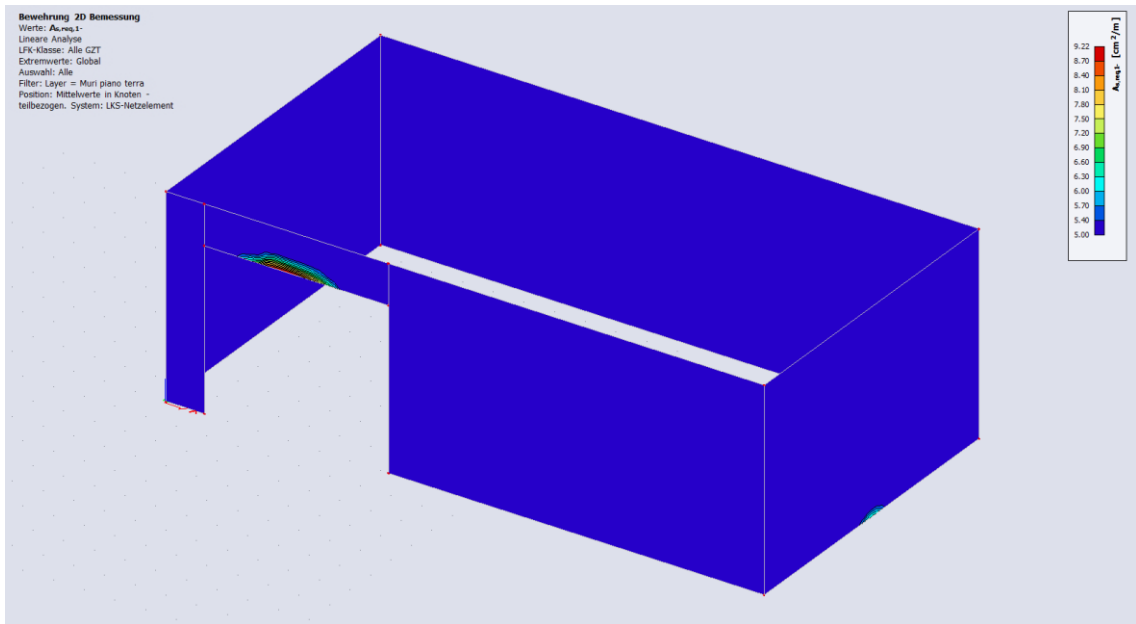
Armatura superiore in direzione 1.



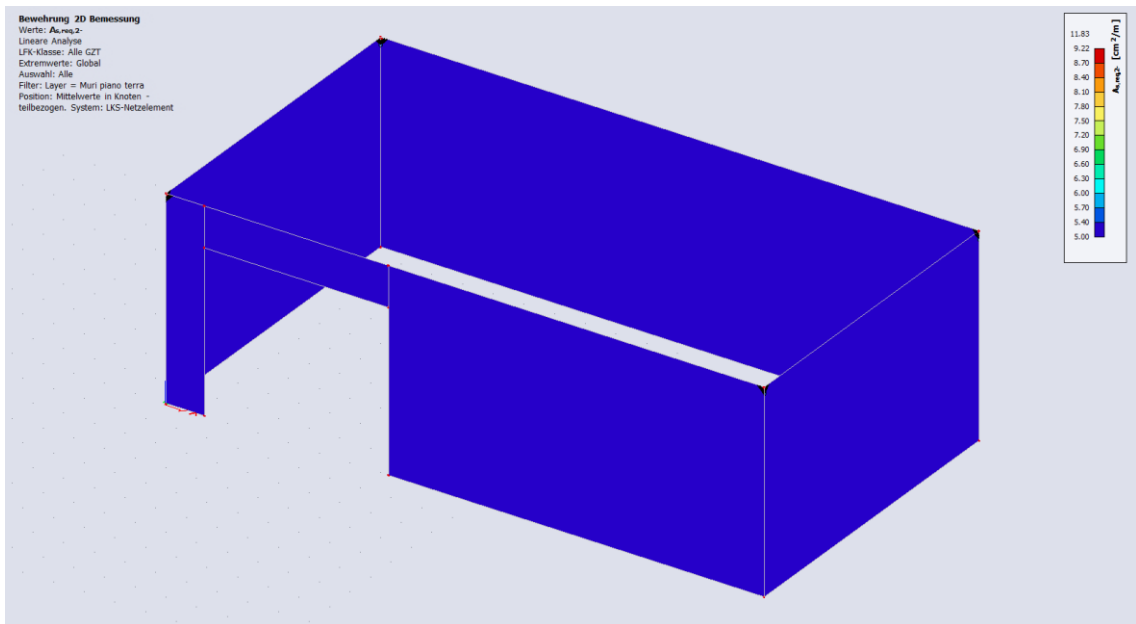
Armatura superiore in direzione 2.

### 13.4.2 Pareti piano terra

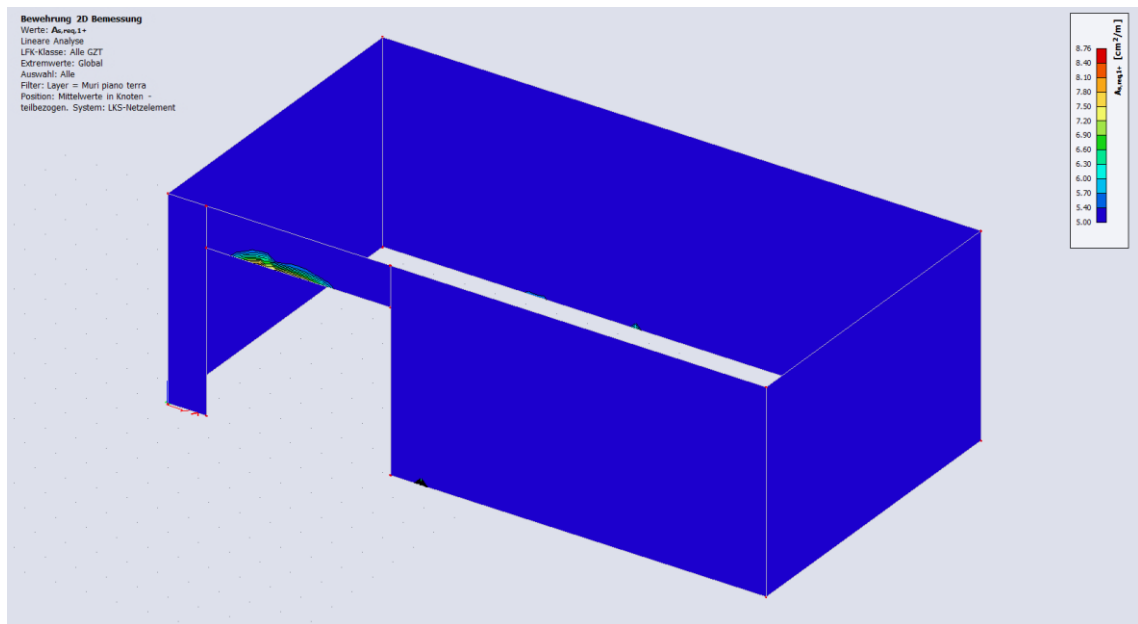
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) sul lato interno ed esterno, in direzione orizzontale e verticale.



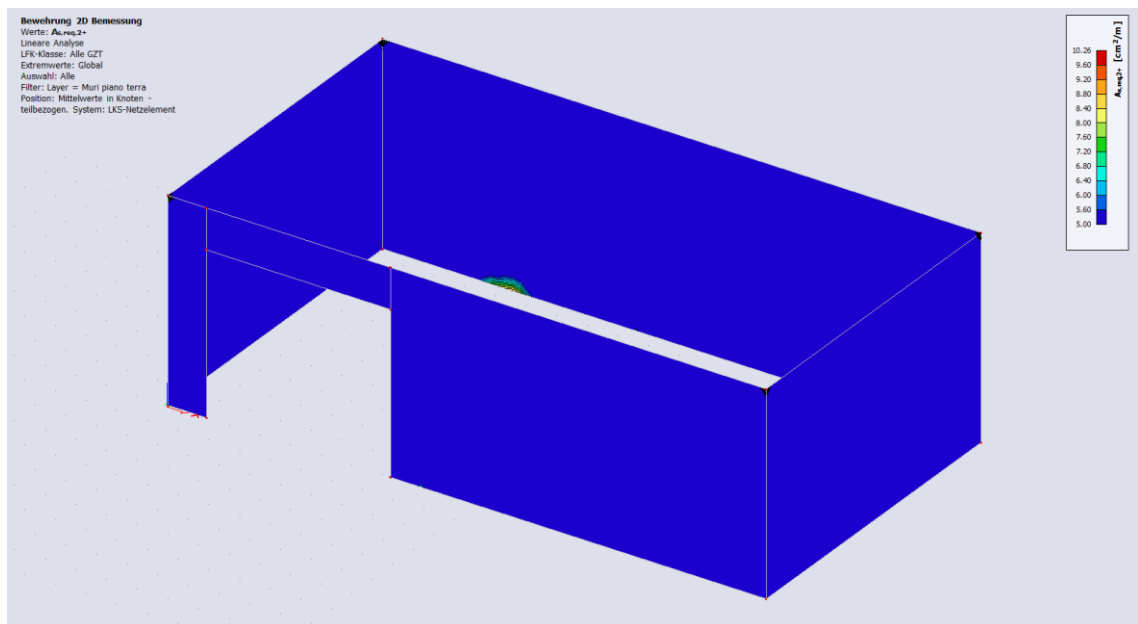
Armatura orizzontale sul lato esterno.



Armatura verticale sul lato esterno.



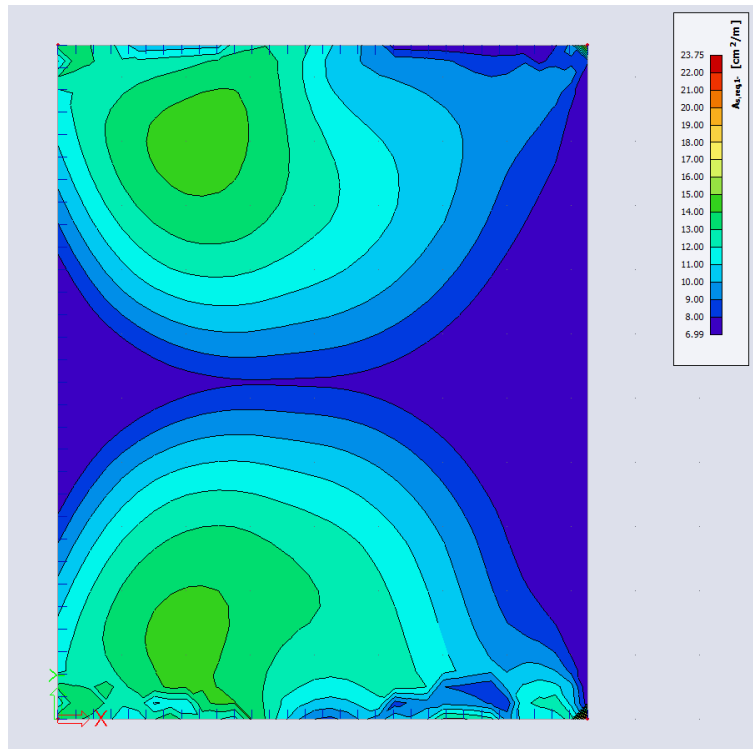
Armatura orizzontale sul lato interno.



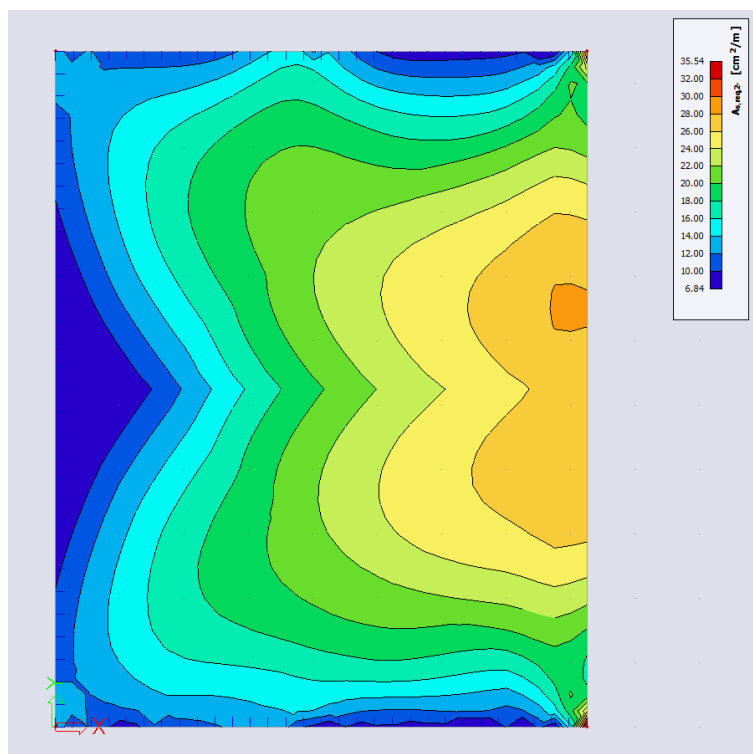
Armatura verticale sul lato interno.

### 13.4.3 Solai piano terra

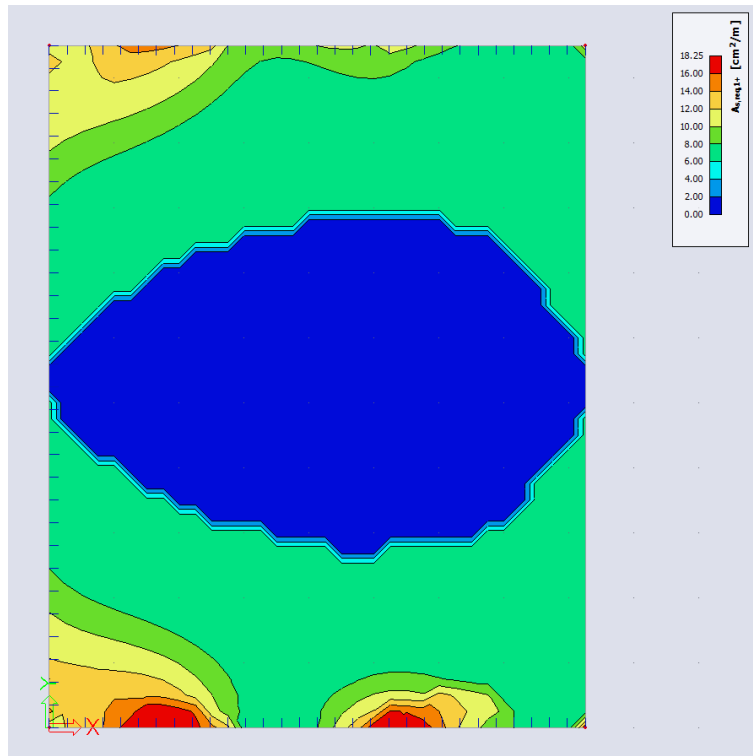
Si riportano di seguito le armature necessarie (in cm<sup>2</sup>/m) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



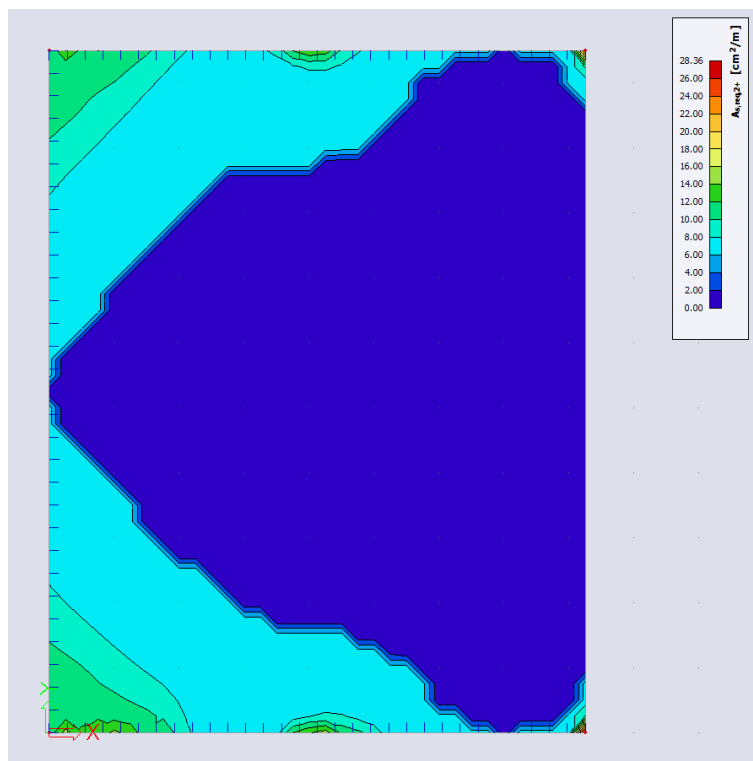
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



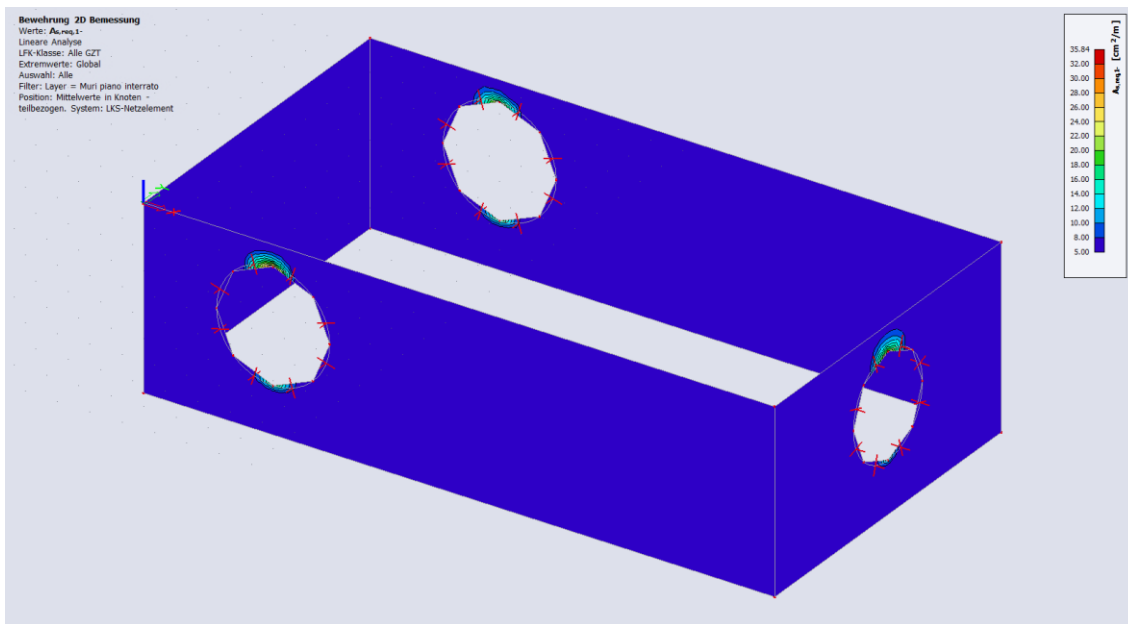
Armatura superiore in direzione 1.



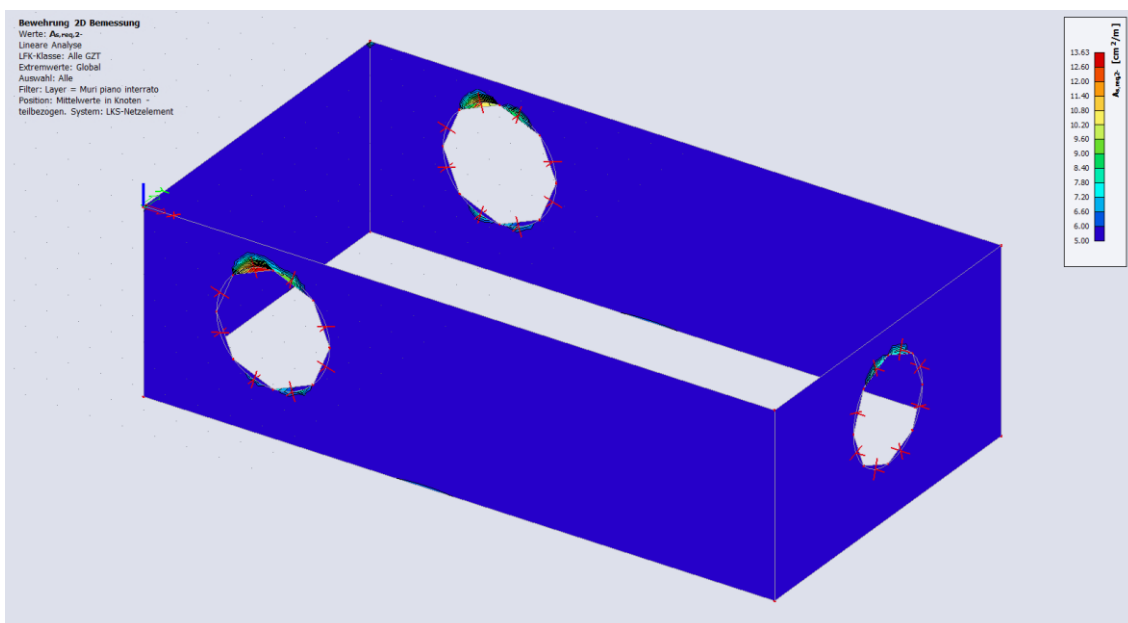
Armatura superiore in direzione 2.

### 13.4.4 Pareti piano interrato

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

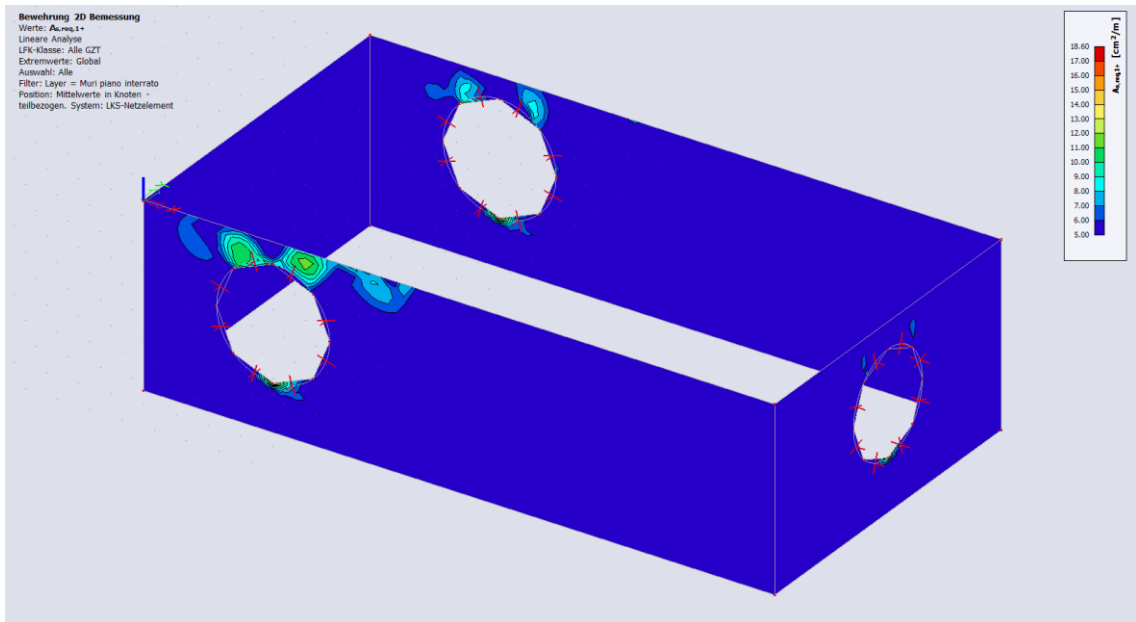


Armatura orizzontale sul lato controterra,

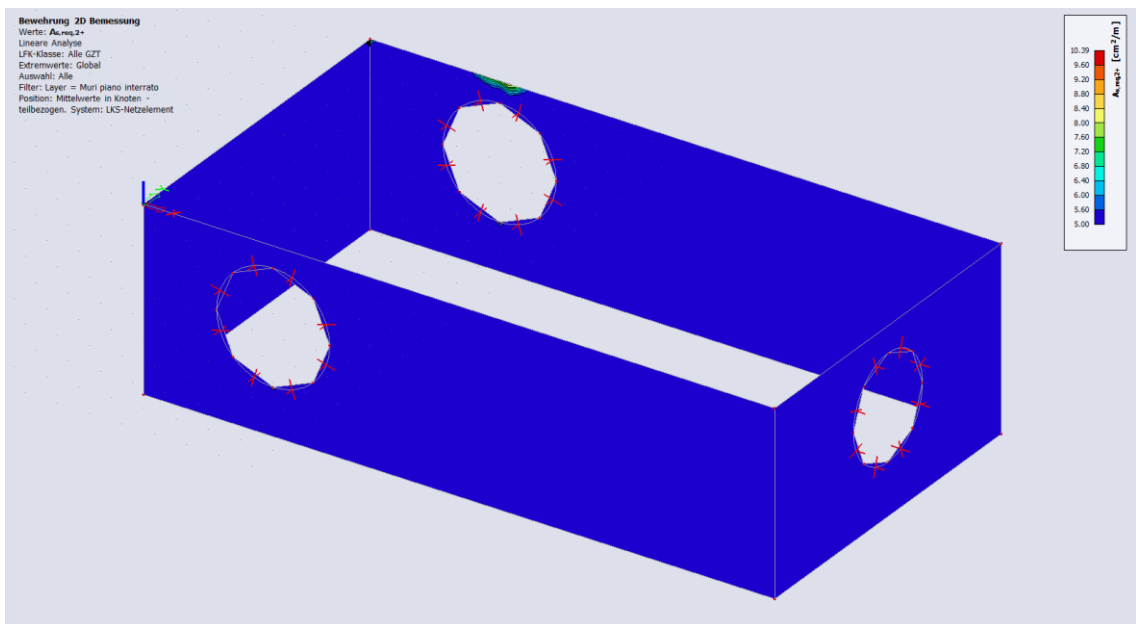


Armatura verticale sul lato controterra,





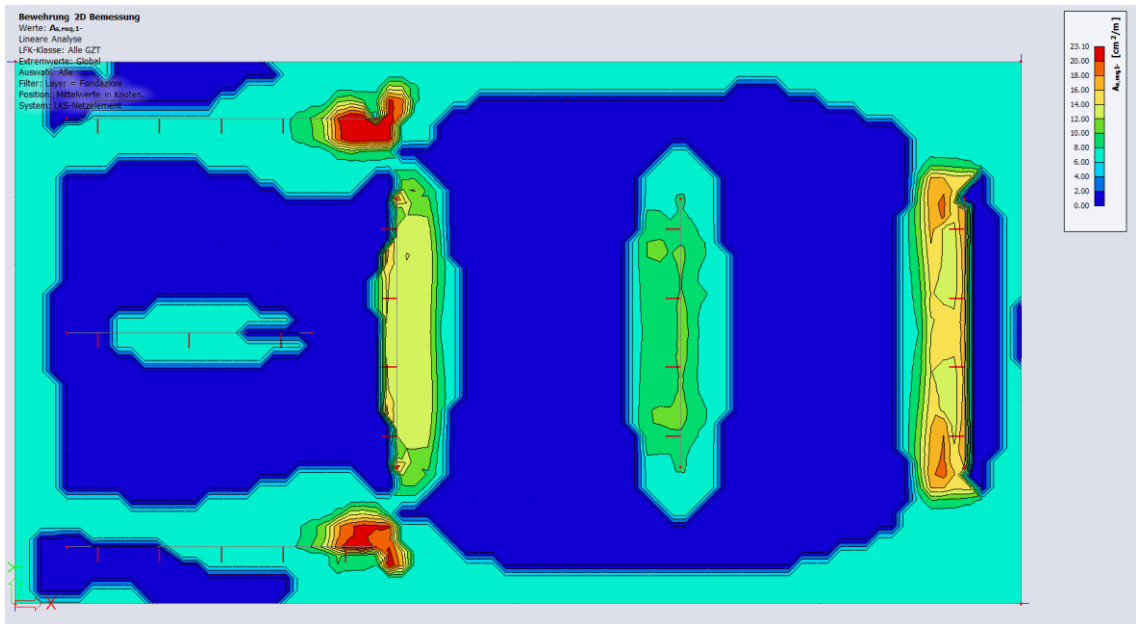
Armatura orizzontale sul lato aria.



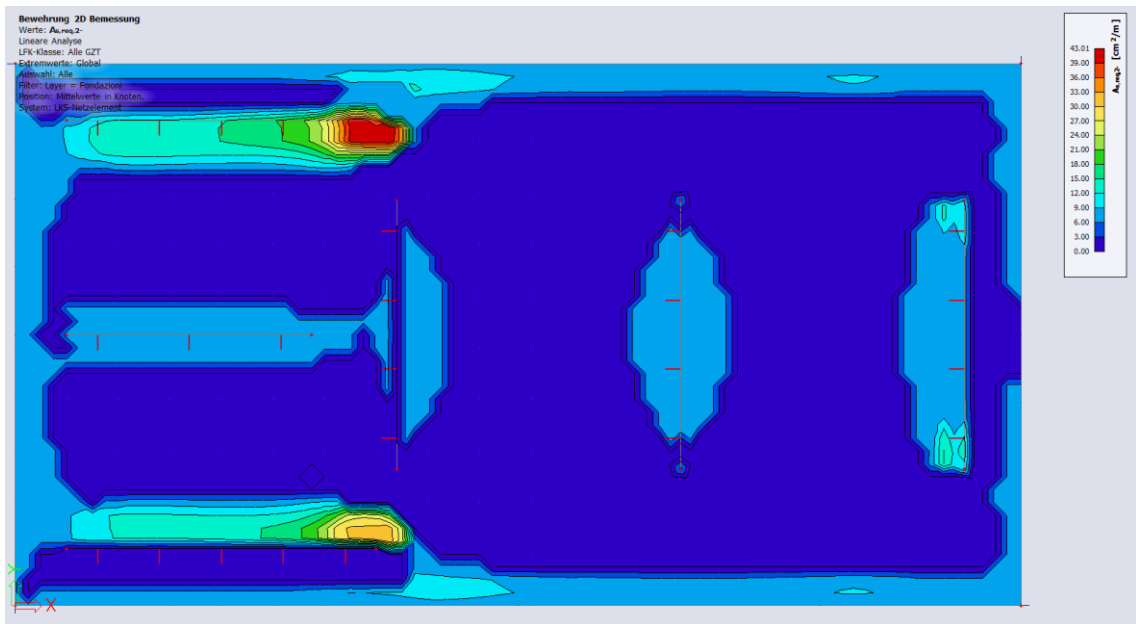
Armatura verticale sul lato aria.

### 13.4.5 Fondazioni

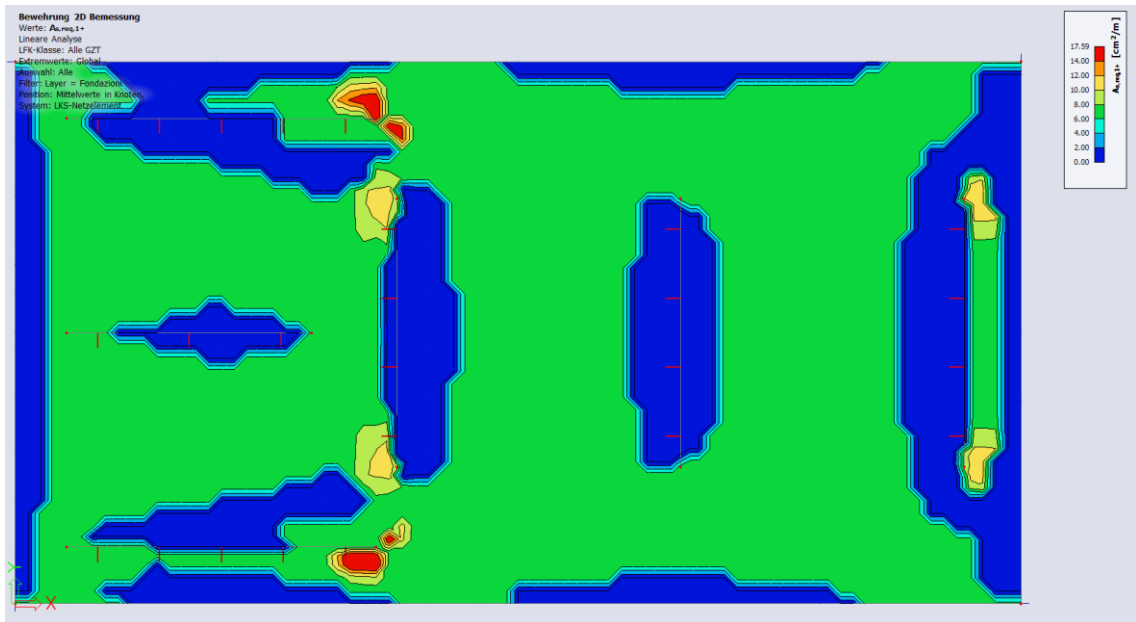
Si riportano di seguito le armature necessarie (in  $\text{cm}^2/\text{m}$ ) al lembo inferiore e al lembo superiore nelle due direzioni di posa.



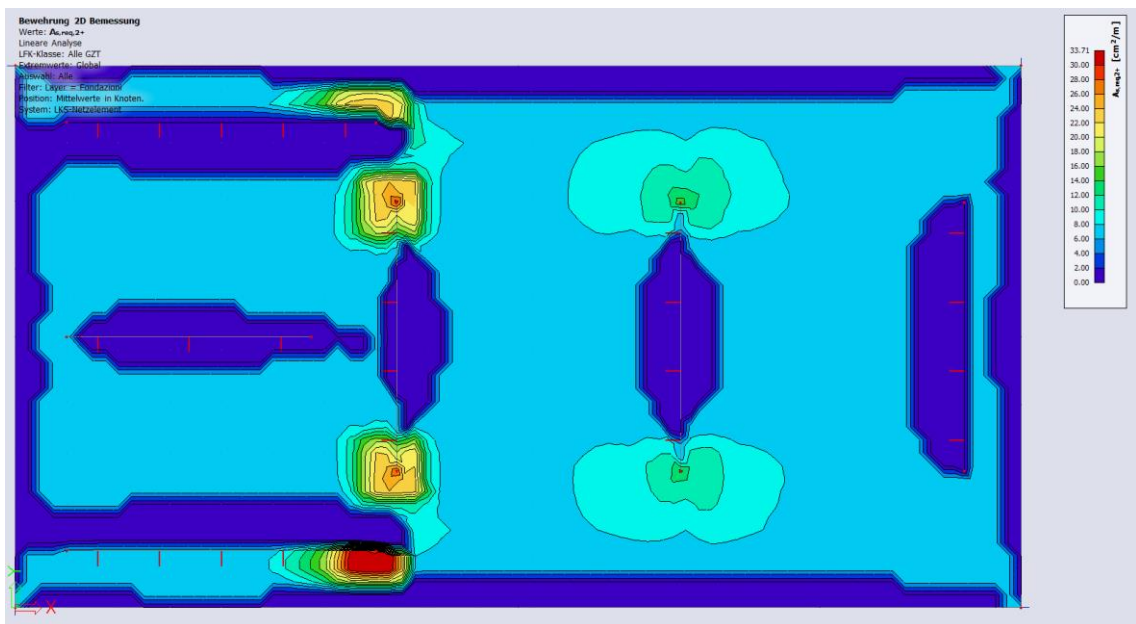
Armatura inferiore in direzione 1.



Armatura inferiore in direzione 2.



Armatura superiore in direzione 1.

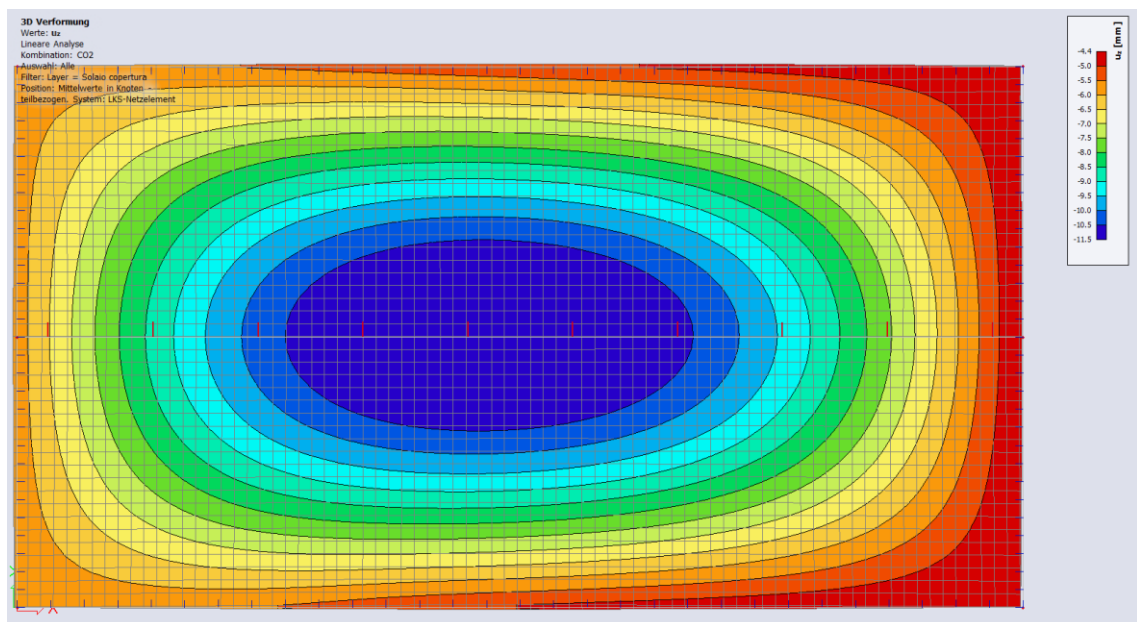


Armatura superiore in direzione 2.

## 13.5 Verifiche degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

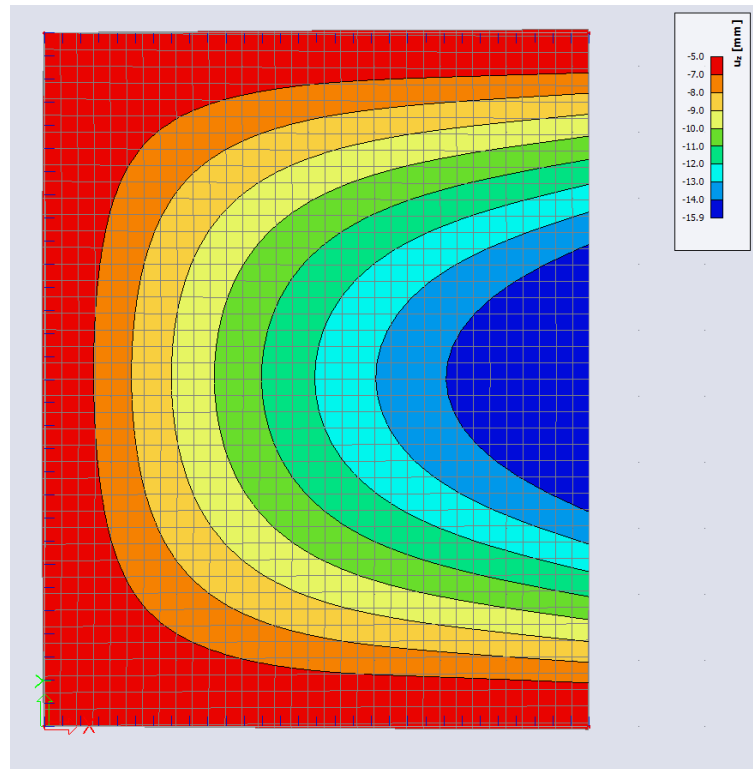
### 13.5.1 Solaio di copertura

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  $u_z=7$  mm. Lo spostamento a lungo termine è circa 4 volte quello istantaneo e risulta circa 28 mm pari a  $L/375$ .



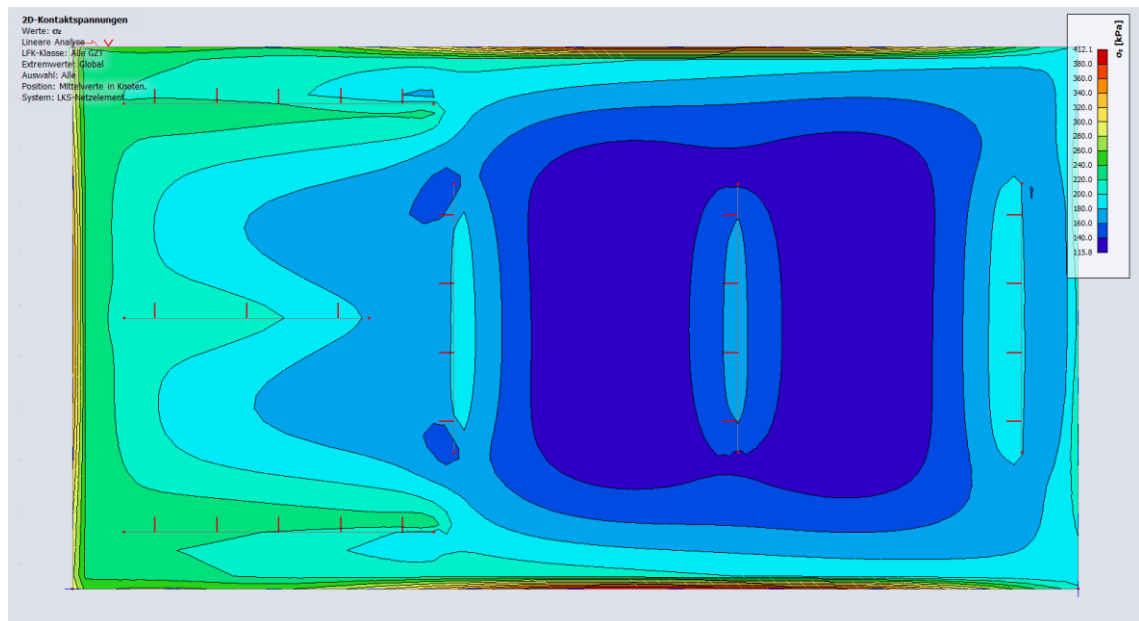
### 13.5.2 Solaio sul piano interrato

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 (depurato dell'abbassamento degli appoggi) è circa  $u_z=11$  mm. Lo spostamento a lungo termine è circa 4 volte quello istantaneo e risulta circa 44 mm. Si prevede una controfreccia di 2,0 cm.



### 13.6 Pressioni sul terreno

Si riportano di seguito le pressioni sul terreno (in kN/m<sup>2</sup>) allo Stato Limite Ultimo.

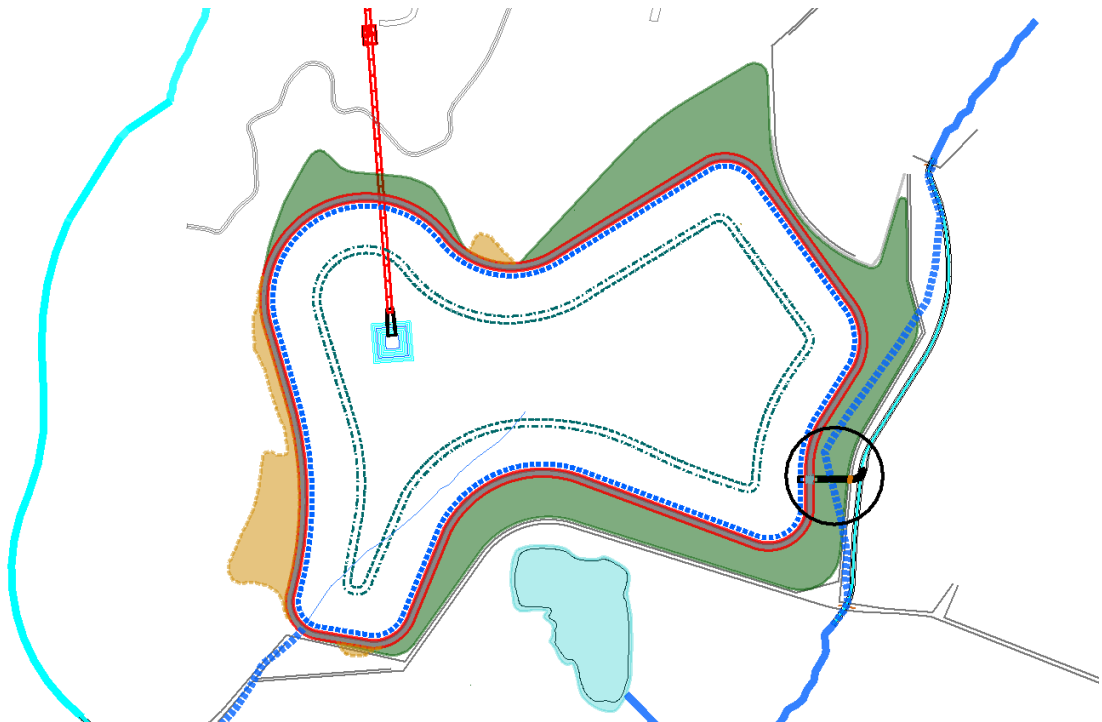


Ad esclusione di porzioni molto limitate sotto le pareti, la pressione sul terreno è inferiore a  $p=300 \text{ kN/m}^2$ .

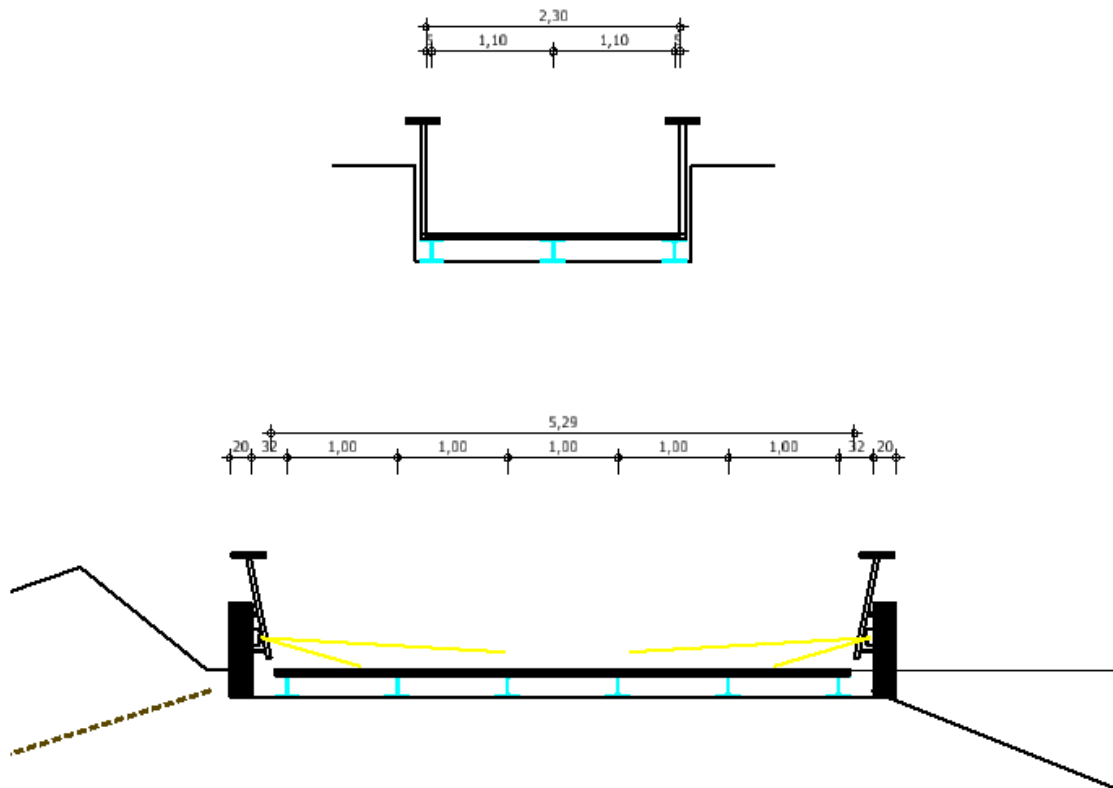
## 14. Invaso di monte – Ponti di servizio

### 14.1 Premessa

La viabilità nei pressi dell'invaso di monte richiede la costruzione di due ponti di servizio, per il passaggio di mezzi di trasporto di piccole dimensioni (furgoni), posizionati sullo sfioratore di superficie.



La struttura dei due ponti è a travi in acciaio con soprastante impalcato in legno. Il ponte a quota più bassa, di larghezza 2,30 m, ha tre travi affiancate ad interasse  $i=1,10$  m. Il ponte a quota più alta, di larghezza 5,29 m, ha sei travi affiancate. Per entrambi i ponti la luce dei calcoli è  $L_c=4,30$  m. Le travi sono HEB 200, in acciaio S235 e di seguito si verifica la trave principale, che è un HEB 200, in acciaio S235, per entrambi i ponti.



## 14.2 Carichi

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

### 14.2.1 Carichi permanenti

Sovraccarico permanente impalcato  $g_2 = 0,96 \text{ kN/m}^2$

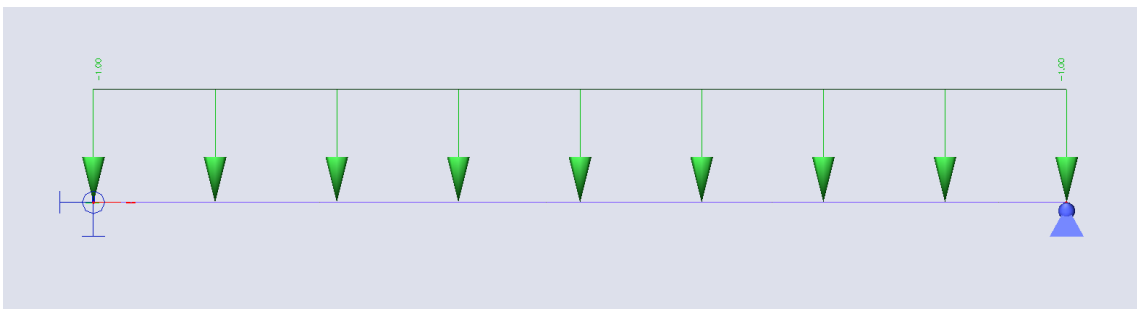
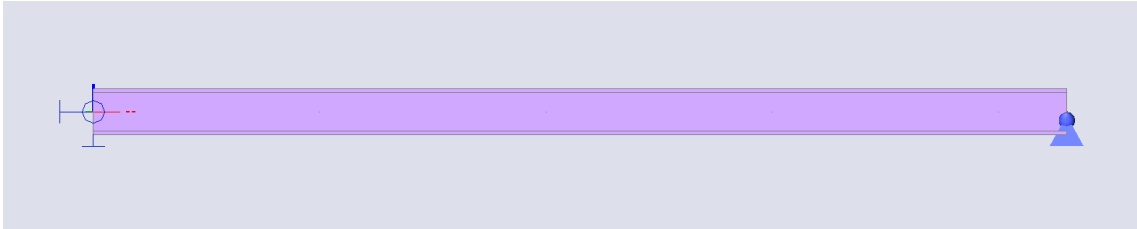
(tavoloni di legno massiccio di spessore 16 cm,  $\gamma=6,00 \text{ kN/m}^3$ )

### 14.2.2 Carichi variabili

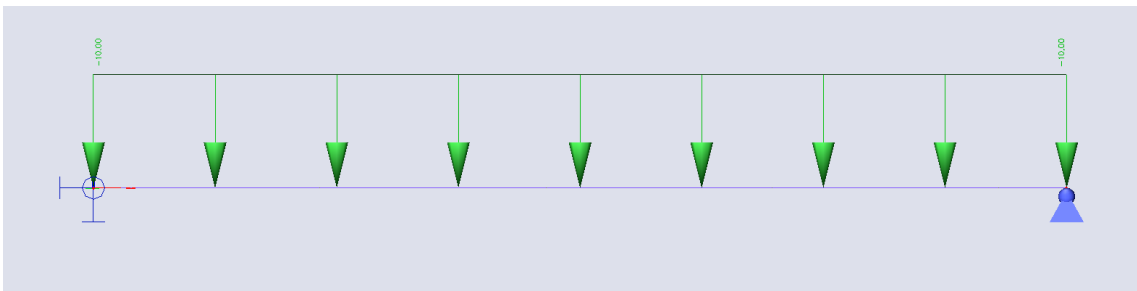
Sovraccarico variabile stradale  $q = 10,00 \text{ kN/m}^2$

### 14.3 Modello di calcolo e carichi applicati

Schema statico: trave in semplice appoggio, di luce  $L_c=4,30$  m.

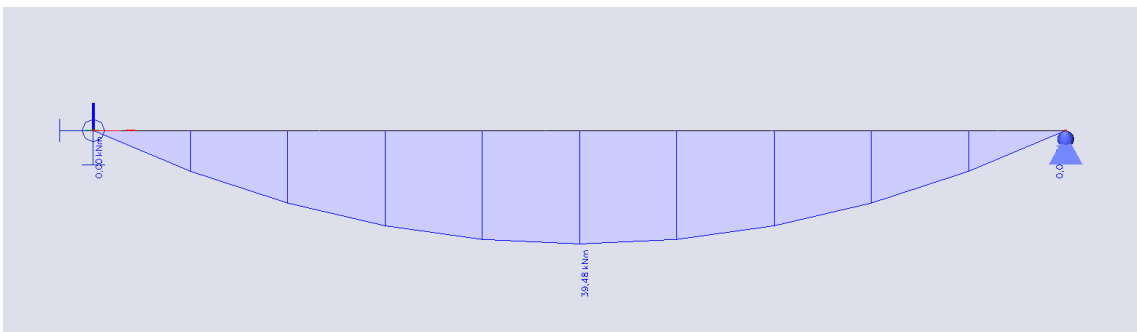


Sovraccarico permanente  $g_2$  (kN/m).



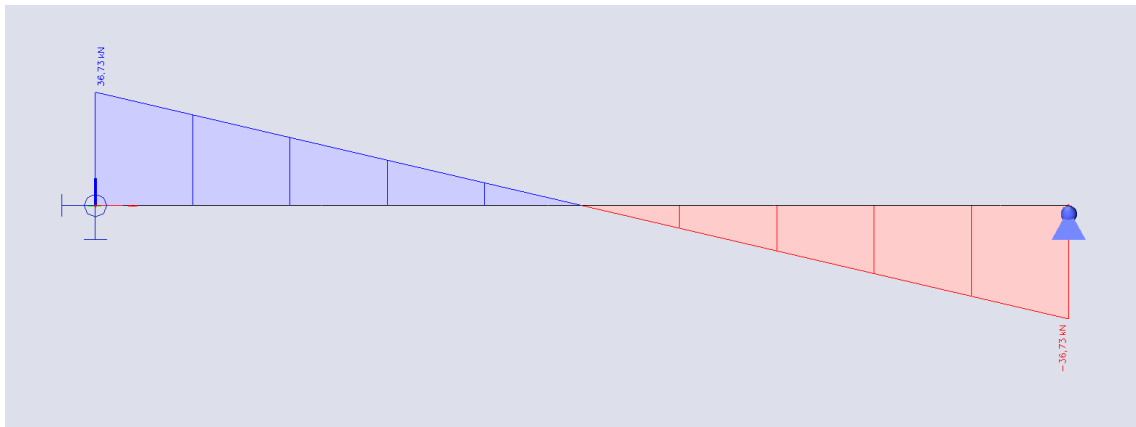
Sovraccarico variabile stradale  $q$  (kN/m).

### 14.4 Sollecitazioni e verifica degli Stati Limite Ultimi



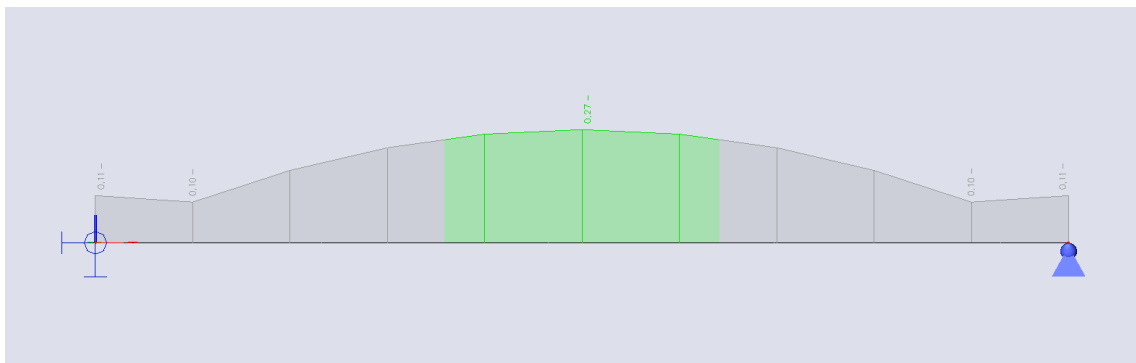
Momento flettente di progetto  $M_{sd}$  (kNm).





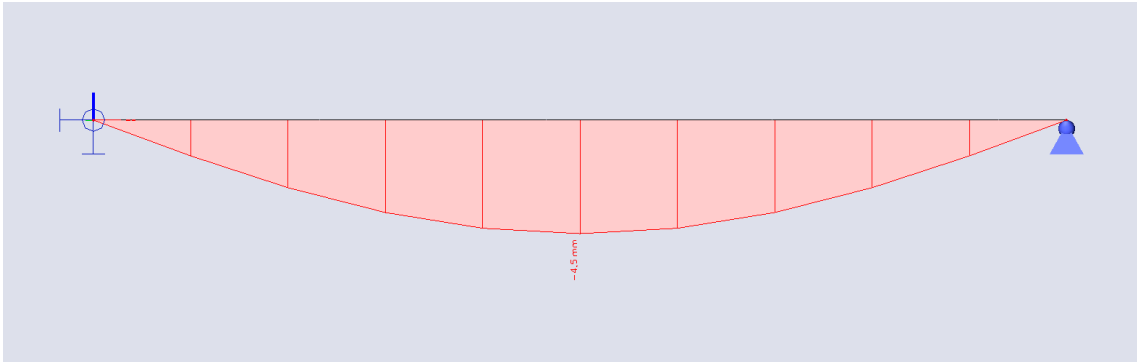
Taglio di progetto  $V_{sd}$  (kN).

Si riporta di seguito il grado di sfruttamento delle sezioni dell'elemento per la verifica degli Stati Limite Ultimi, includendo i fenomeni di instabilità. Il grado massimo di sfruttamento è  $\eta=0,27 < 1,0$ .



#### 14.5 Deformazioni e verifica degli Stati Limite di Esercizio (SLE)

Di seguito la deformata della trave con gli spostamenti verticali (in millimetri), per la combinazione rara delle azioni. Lo spostamento massimo vale  $u_z=4,5$  mm ( $L/956$ ), che è accettabile per la struttura in esame.



Malles Venosta (BZ), Bolzano, li 28.09.2023

Il tecnico

Dott. Ing. Ronald Patscheider

