



Bergen Kommune
535070-10 Standardkum Type 16 A og B

1	2017-21-11	Revidert etter KS	MJH	EK
0	2017-04-11	Klar til KS	MJH	EK
Rev.	Dato	Status	Utarbeidet	Kontroll

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	DESIGN BASIS	3
1.1	Generelt.....	3
1.2	Myndighetskrav.....	3
1.3	Standarder, anvisninger og publikasjoner	3
1.4	Kontroll / Kvalitetssikring.....	4
1.5	Materialbestemmelser.....	4
1.6	Lastantakelser / laster.....	5
1.7	Lastkombinasjoner.....	10
2	DIMENSJONERING	11
2.1	Fundamentering.....	11
2.2	Vegger.....	16
2.3	Lokk.....	27

1 DESIGN BASIS

1.1 Generelt

Dette dokument gjelder for prosjektering av konstruksjoner for standardkum type 16 A og B, hvor type B er speilvendt av A.

Kummen består av en bunnplate som direkte fundamenteres på løsmasser med 4 tilhørende vegger og lokk oppå disse.

Prosjekteringen omfatter:

- Statiske konstruksjonsberegninger, herunder fundamenteringsløsning
- Stabilitetsberegninger, herunder oppdrift
- Dimensjonering for grensetilstandene brudd-, ulykke- og bruksgrensetilstand.

1.2 Myndighetskrav

Følgende myndighetskrav gjelder med direkte hoved- eller delansvar for RIB:

Overordnede krav etter PBL:

- PBL § 28-2 Sikringstiltak ved byggearbeid mv.

Funksjonskrav i TEK10:

- § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo
- § 8-3 Plassering av byggverk
- § 10-1 Personlig og materiell sikkerhet
- § 10-2 Konstruksjonssikkerhet

1.3 Standarder, anvisninger og publikasjoner

Følgende standarder, anvisninger og publikasjoner (alle gjeldende for respektive siste utgave) legges til grunn for prosjekteringen:

/1/ Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven.

/2/ NS-EN 1990 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

/3/ NS-EN 1991-1 Laster på konstruksjoner

/4/ NS-EN 1992-1 Prosjektering av betongkonstruksjoner

/5/ NS-EN 1993-1 Prosjektering av stålkonstruksjoner

/6/ NS-EN 1995-1 Prosjektering av trekonstruksjoner

/7/ Byggforskserien, byggedetaljer; SINTEF Byggforsk

/8/ NS-EN 13670 Utførelse av betongkonstruksjoner. Allmenne regler.

/9/ NS-EN 1090-2 Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumskonstruksjoner

/10/ NS-EN 206 Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar

/11/ Betongelementboken, bind A-I (www.betongelement.no)

1.4 Kontroll / Kvalitetssikring

- 50 års dimensjonerende brukstid /2/ tab. 2.1
- Pålitelighetsklasse: 2 /2/ tab. NA.A1(901)
- Prosjekteringskontrollklasse: PKK2 /2/ tab. NA.A1(902)
- Utførelseskontrollklasse: UKK2 /2/ tab. NA.A1(903)

Kontrollomfang skal iht. /2/ NA.A1.3.1(903) følges etter *Krav til kontrollform*:

Egenkontroll

Intern systematisk kontroll

1.5 Materialbestemmelser

1.5.1 Betongkonstruksjoner

Materialfaktorer	Bruddgrense (vedvarende, forbigående og utmatting)	Bruddgrense (ulykkessituasjon)	Bruksgrense
Betong	1,5	1,2	1,0
Armering	1,15	1,0	1,0

Konstruksjonsdel	Fasthetsklasse	Eksponeeringsklasse	Bestandighetsklasse	Nominell overdekning [og toleranse]
Bunnplate/Vegger	B35	XS3	M40	40mm +/-10
Topplate	B35	XS3	M40	40mm +/-10

- Armeringskvalitet: B500C
- Overflatetoleranseklasse: D
- Kloridklasse (/16/ 5.2.8): Cl 0.10
- Toleranseklasse (/10/ kap.10): 1
- Utførelsesklasse (/10/ tab. NA.3): 2
- Herdeklasse (/10/ tab. 4): 2

- Kryptall: $\varphi = 1,8$
- Svinntøyning: -0.36 ‰

- Grenseverdi for kar. rissvidde (NS-EN-1992-1-1):
 - Vanntette konstruksjoner: $w_d = 0,2 \text{ mm}$
 - Øvrige konstruksjoner: $w_d = 0,4 \text{ mm}$

- Max tillatte nedbøyninger:
 - Betongdekker: L (spennvidde) / 300 ; maks 25mm
Deformasjon over dette kompenseres med overhøyde; evt. overhøyde skal ikke regnes større enn beregnet nedbøyning for egenlast betong, og ikke større enn $L/300$.
 - Primærdragere, betong: L (spennvidde) / 300

Beregningsprosedyre mhp deformasjon/nedbøyning betongkonstruksjoner:

- Langtids- og kortidsnedbøyning superponeres
- Langtidsnedbøyning regnes inklusiv kryp.
- Korttidsnedbøyning regnes uten kryp for 70% av nyttelast kun i verste område.
- Alle nedbøyningsberegninger utføres etter stadium II-beregning (oppsprukket tverrsnitt-analyse)

1.6 Lastantakelser / laster

1.6.1 Egenlaster

Egentyngde armert betong: $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
 Egentyngde fyllmasser: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Innvendige permanente laster (himling, VA armatur)
 generelt: $q_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$ (legges til egenlast over)

1.6.2 Nyttelaster i bygninger (NS-EN 1991-1-1, tab. NA.6.2)

Kategori	Spesifikk bruk
A	Arealer for inne- og hjemmeaktiviteter
B	Kontorarealer
C	Arealer der personer samles
D	Forretningsarealer
E	Arealer for lagring og industriell bruk
F	Trafikk og parkering lette kjøretøyer
G	Trafikk og parkering middels store kjøretøyer
H	Tak

Kummene plasseres i kategori G; 5 kN/m^2 . Statens vegvesen benytter 30 kN/m^2 , legger dette til grunn for å unngå å måtte skilte ned. Punktlast vurderes ikke siden kummen har minimum 30cm overdekning av faste masser.

1.6.3 Snølaster (NS-EN 1991-1-3)

Karakteristisk snølast på mark, Bergen kommune: $s_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
 Ser at denne blir liten i forhold til nyttelast; neglisjerer derfor denne.

1.6.4 Vindlaster (NS-EN 1991-1-4)

Ikke aktuelt

1.6.5 Skjevstillingslast

NS-EN 1990:2002 4.3(4): "Avvik som det bør tas hensyn til ved beregning av konstruksjonsdeler, er angitt i NS-EN 1992-1999".

Ikke aktuelt.

1.6.6 Temperaturlaster (NS-EN 1991-1-5)

Ikke aktuelt

1.6.7 Termisk dimensjonering og frostsikring (NBI 451.021)

Ikke aktuelt da kummen fundamenteres nedenfor frostfri dybde. Ihht Sanitærreglement for Bergen kommune (rev.2013) ligger denne på 1,4m for vannledninger.

1.6.8 Vanntrykk / oppdrift:

Lastfaktorer etter EC0, tabell NA.A1.2(A)

Volum kum:

$$B \times L \times H = 9,5\text{m} \times 2,7\text{m} \times 2,95\text{m} = 75,7\text{m}^3$$

Volum vegger:

$$9,5\text{m} \times 0,25\text{m} \times 2,95\text{m} + 2,7\text{m} \times 0,25\text{m} \times 2,95\text{m} + 9,5\text{m} \times 0,25\text{m} \times 2,95\text{m} + 2,7\text{m} \times 0,25\text{m} \times 2,95\text{m} = 18\text{m}^3$$

Volum dekke/bunnplate:

$$9,9\text{m} \times 3,1\text{m} \times 0,25\text{m} + 2,7\text{m} \times 9,5\text{m} \times 0,3\text{m} = 15,4\text{m}^3$$

Kummen har minimum 0,3m overdekning med faste masser:

$$2,7\text{m} \times 9,5\text{m} \times 0,3\text{m} = 7,7\text{m}^3$$

Oppadrettet kraft:

$$\text{Fortrengt vann: } 1,2 \cdot 75,7\text{m}^3 \cdot 10\text{kN/m}^3 = 908,4\text{kN}$$

Nedadrettet kraft:

$$\text{Egenvekt betong: } 0,9 \cdot (18+15,4)\text{m}^3 \cdot 25\text{kN/m}^3 = 751,5\text{kN}$$

$$\text{Egenvekt faste masser: } 0,9 \cdot 7,7\text{m}^3 \cdot 19\text{kN/m}^3 = 131,7\text{kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Densitet, Sprengsteinsfylling } \gamma &= 19\text{kNm}^3 \\ \text{Friksjonsvinkel, Sprengsteinsfylling } \varphi &= 42^\circ \\ \text{Effektiv friksjonsvinkel } \rho &= \tan^{-1}(\tan 42^\circ \cdot 1,4) = 32,75^\circ \\ \text{Aktivt jordtrykk } KA &= \tan^2(45 - \rho) = 0,30 \\ \text{Hviletrykk } K_0 &= 1 - \sin(\rho) = 0,46 \end{aligned}$$

Det aktive jordtrykket fra neddykkede faste masser vil hindre kummen i å flyte opp.

$$\text{Setter inn densiteten til massene: } 19\text{ kN/m}^3 - 10\text{ kN/m}^3 = 9\text{kN/m}^3.$$

$$9\text{kN/m}^3 \cdot 2,95\text{m} \cdot 0,30 = 8\text{kN/m}^2 \text{ nederst, } 0 \text{ oppe.}$$

$$\text{Resultant pr løpemeter vegg } 8\text{kN/m}^2 \cdot 2,7\text{m} \cdot 0,5 = 10,8\text{kN/m}$$

$$\text{Total kraft rundt hele kummen: } 0,9 \cdot 10,8\text{kN/m} \cdot (9,5 + 9,5 + 2,7 + 2,7) = 237,2\text{kN}$$

$$751,5 + 131,7 + 237,2 = 1120,4 \gg 908,4 \text{ OK!}$$

1.6.9 Jordskjelvlaster, parametere for seismisk påvirkning:

Ikke aktuelt

1.6.10 Laster under utførelse (NS-EN 1991-1-6)

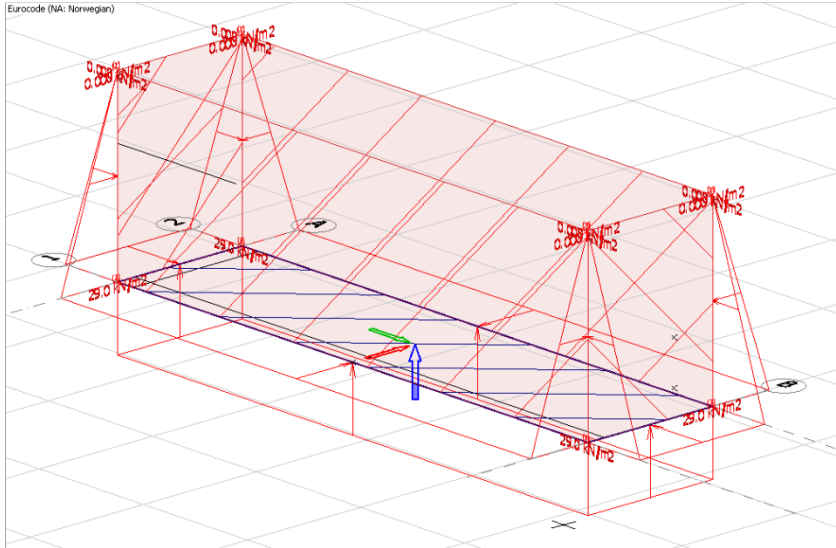
Ikke aktuelt

1.6.11 Dynamiske laster (ISO 10137:2007)

Ikke aktuelt

Påførte laster på kummen:

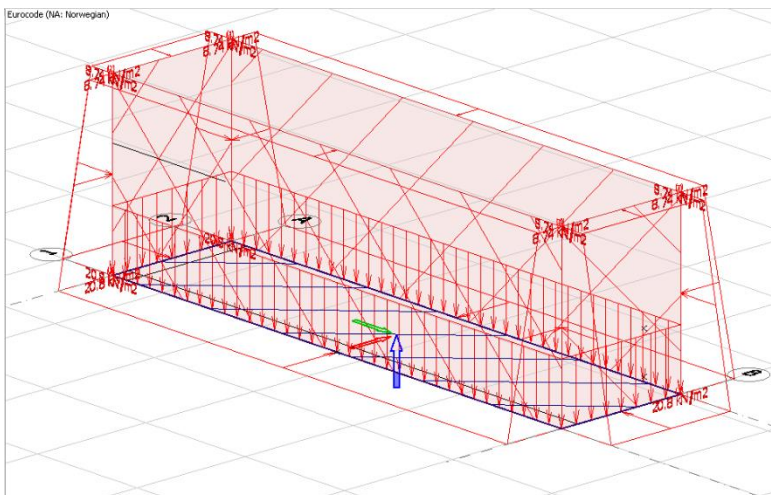
Vanntrykk på veggene:



$$q_{Wtopp}=0$$

$$q_{Wbunn}=H_{kum} * 10=2,9*10=29kN/m^2$$

Jordtrykk på veggene:



Friksjonsvinkel på sprengsteinfylling $\phi=42^\circ$, effektiv friksjonsvinkel $\rho=\tan^{-1}(\tan 42^\circ/1,4)=32,75^\circ$

Aktivt jordtrykk; $K_a=\tan^2(45-\rho/2)=0,30$

Hviletrykk; $K_0=1-\sin(\rho)=0,46$

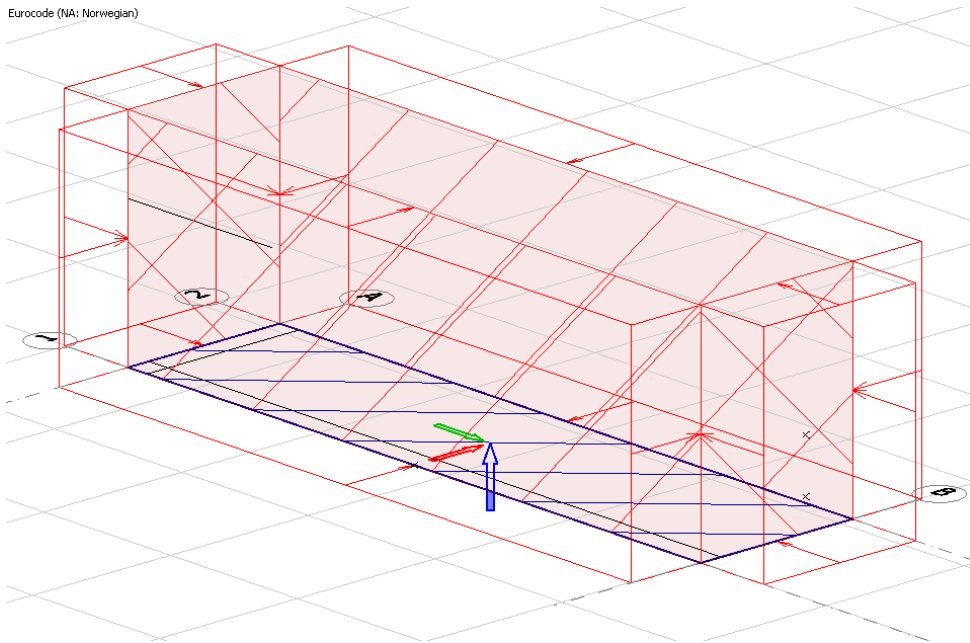
I overkant vegg virker overliggende masser også; maks 1,0m under terreng.

$$q_{\text{topp}} = 0,46 \cdot 1,0 \cdot 19 = 8,74 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{bunn}} = q_{\text{topp}} + K_0 \cdot H_{\text{kum}} \cdot 9 = 8,74 + 0,46 \cdot 2,9 \cdot 9 = 20,8 \text{ kN/m}^2$$

Trafikklast på kummen:

Eurocode (NA: Norwegian)

Trafikklast: 30 kN/m²

1.7 Lastkombinasjoner

Bruddgrense:

Lastkombinasjoner, ULS STR (sett B)

ULS STR - sett B	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6b	7b	8b	9b	10b	11b	12b	
	gr 1a	gr 1a	gr 1b	gr 1b	gr 2	gr 2	gr 3	gr 3	vind uden trafikk	vind uden trafikk	temp.	istrykk	bølger og strøm	vann- trykk	jord- trykk	lager- friksjon	øvrig var. laster	
Permanente laster:																		
Egenlast	1.35	1.22	1.35	1.22	1.35	1.22	1.35	1.22	1.35	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
Forspenning	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}	1.10 ^{2b}
Svinn, kryp og relaksasjon	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}
Setninger	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}	1.00 ^{1b}
Jordtrykk, permanent del	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vanntrykk, permanent del	1.20	1.02	1.20	1.02	1.20	1.02	1.20	1.02	1.20	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Variable laster:																		
Trafikk, LM1, boggilast	0.95	1.35	-	-	0.95	0.95	-	-	-	-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Trafikk, LM1, jevnt fordelt last	0.95	1.35	-	-	0.95	0.95	-	-	-	-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Trafikk, G/S-bane last	0.95	1.35	-	-	-	-	0.95	1.35	-	-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Trafikk, LM2	-	-	0.95	1.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trafikk, horisontalkrefter	0.95	1.35	-	-	0.95	1.35	-	-	-	-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Vind med trafikk	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	-	-	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Vind uten trafikk	-	-	-	-	-	-	-	-	1.12	1.60	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatur	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	1.20	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Istrykk	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.50	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Bølger og strøm	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.60	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Vanntrykk, variabel del	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.35	0.95	0.95	0.95	0.95
Jordtrykk, variabel del	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.50	1.05	1.05	1.05
Lagerfriksjon	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.35	0.95	0.95
Øvrige variable laster	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.50

Bruksgrense, /2/ 6.5.3:

Lastkombinasjon	γ_G (permanente laster)	γ_S (dominerende variabel last)	γ_V (øvrig variable laster)
Deformasjon	1,0	1,0	1,0
Riss	1,0	1,0	1,0

2 DIMENSJONERING

2.1 Fundamentering Bunnplate

Bunnplaten prosjekteres som et 250mm tykt betongdekke i FEM design 3D structure. Bunnplatene støpes ut i bygge grop med vegger innspent langs randen av platene.

2.1.1 Generelt

FEM design 3D Structure benyttes for å prosjektere kummen.

Benytter B35 betongfasthet.

Minimumsarmering:

Det tas høyde for at betongen leveres med en fasthet som ligger noe over den beskrevne, $f_{ctmB45}=3,8$. Tar sikte på å bruke armering med tverrsnitt $\phi 12$:

NA.9.2.1.1

$$A_{s, \min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b_t * d = 0,26 * 3,8 / 500 * 1000 * (250 - 60 - 12 / 2) = 363 \text{ mm}^2$$

Det legges særlig vekt på tetthet, så armeringen bør være dobbelt så stor.

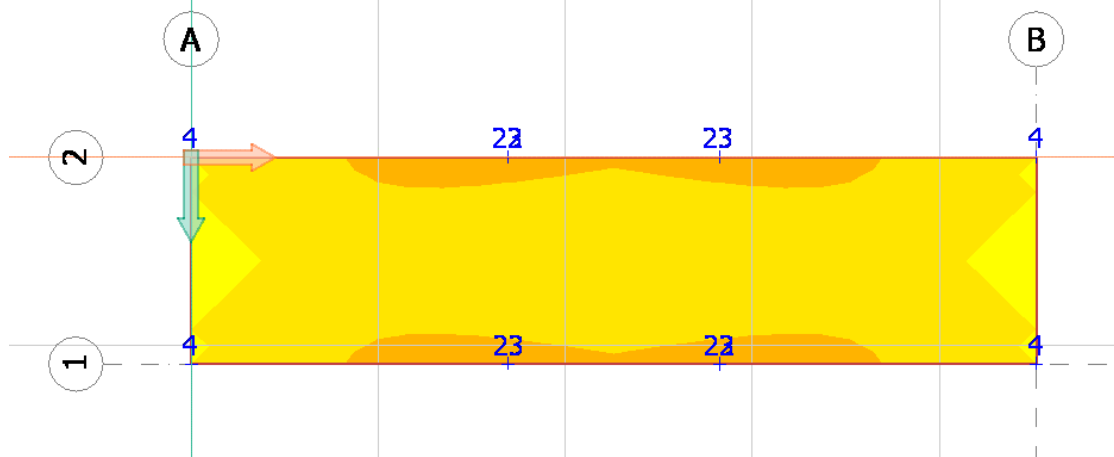
$$2 * A_{s, \min} = 727 \text{ mm}^2, \text{ velger } \phi 12 \text{ c150 } A_s = 753 \text{ mm}^2.$$

2.1.2 Lastkombinasjoner

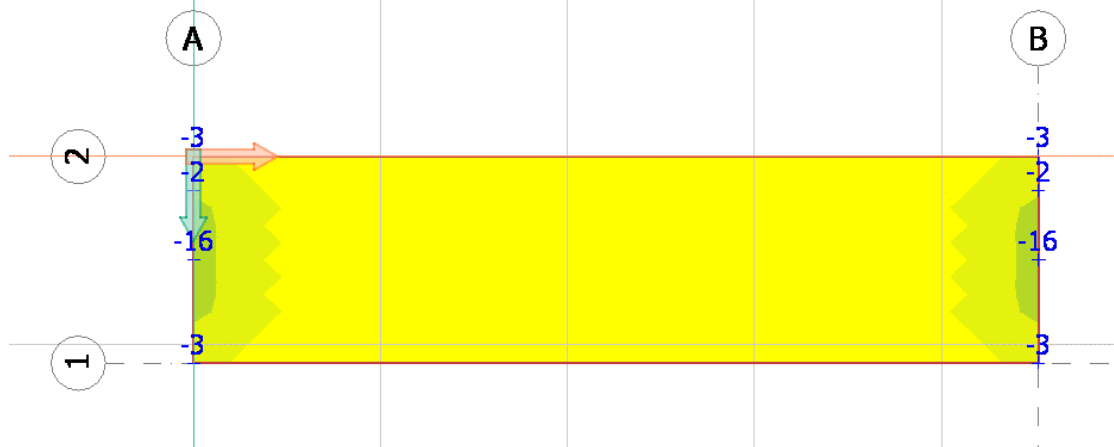
No	Name	Type	Factor	Included load cases
1	Bruks	Sc	1.00	Svinn
			1.00	Auto egen
			1.00	Jordtrykk
			1.00	Vanntrykk
			1.00	Trafikk
2	Brudd 1	U	1.35	Auto egen
			1.00	Jordtrykk
			1.20	Vanntrykk
			0.95	Trafikk
3	Brudd 2	U	1.22	Auto egen
			1.00	Jordtrykk
			1.02	Vanntrykk
			1.35	Trafikk

2.1.3 Bruddgrensetilstand

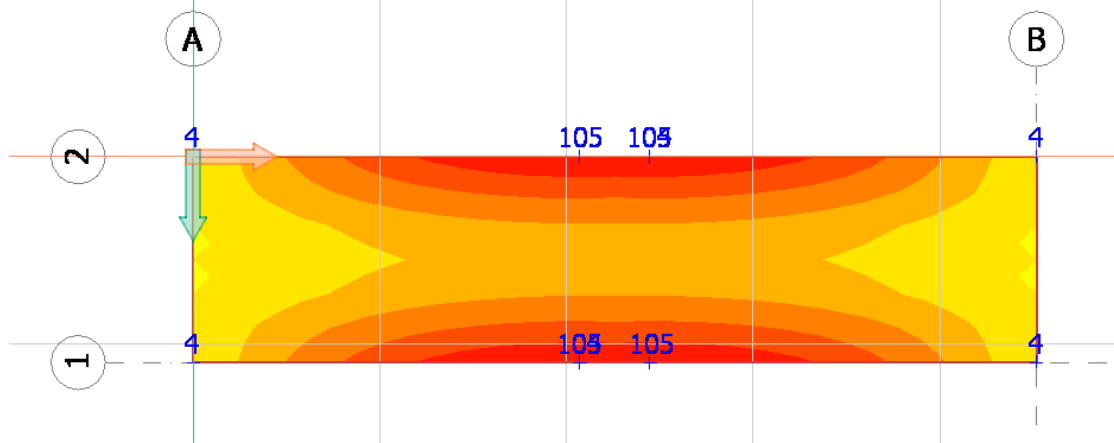
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_x' or m_r , bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



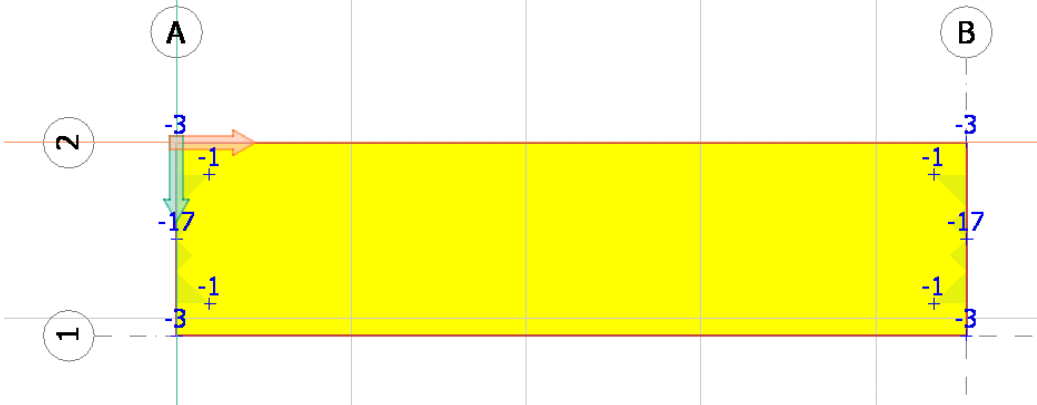
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_x' or m_r , top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



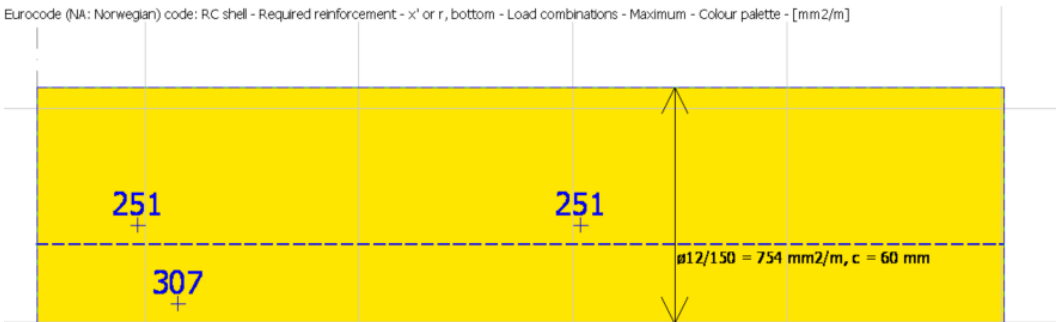
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_y' or m_t , bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



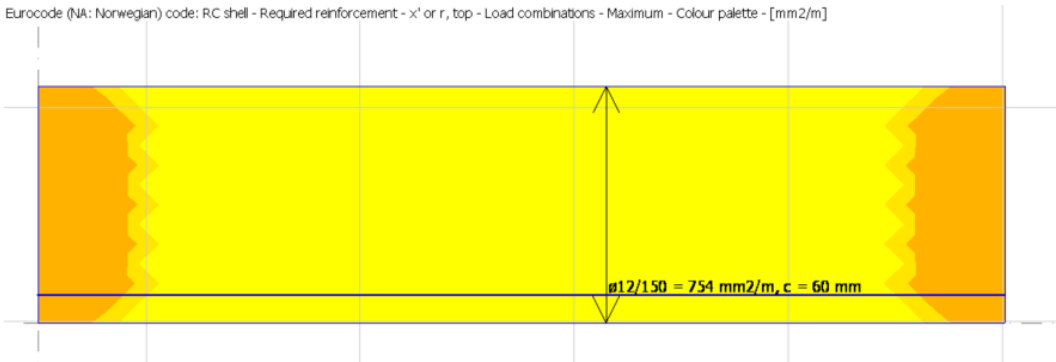
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_y' or m_t , top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



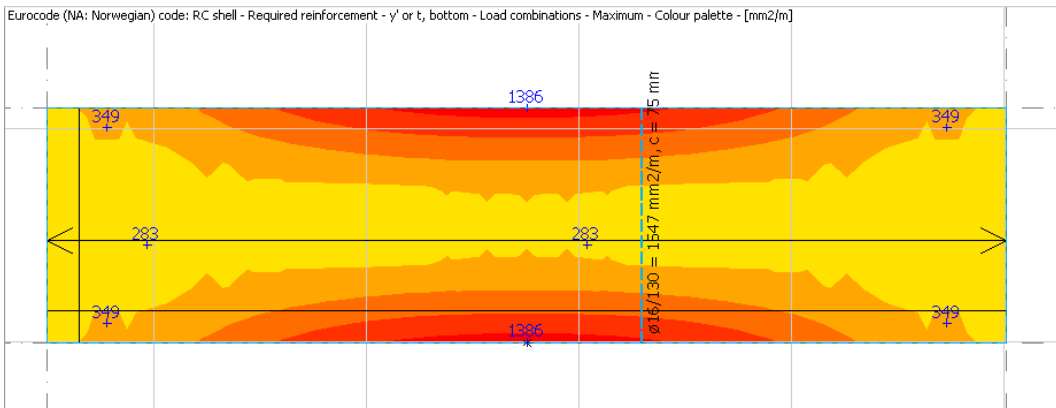
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - x' or r , bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - x' or r , top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - y' or t , bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



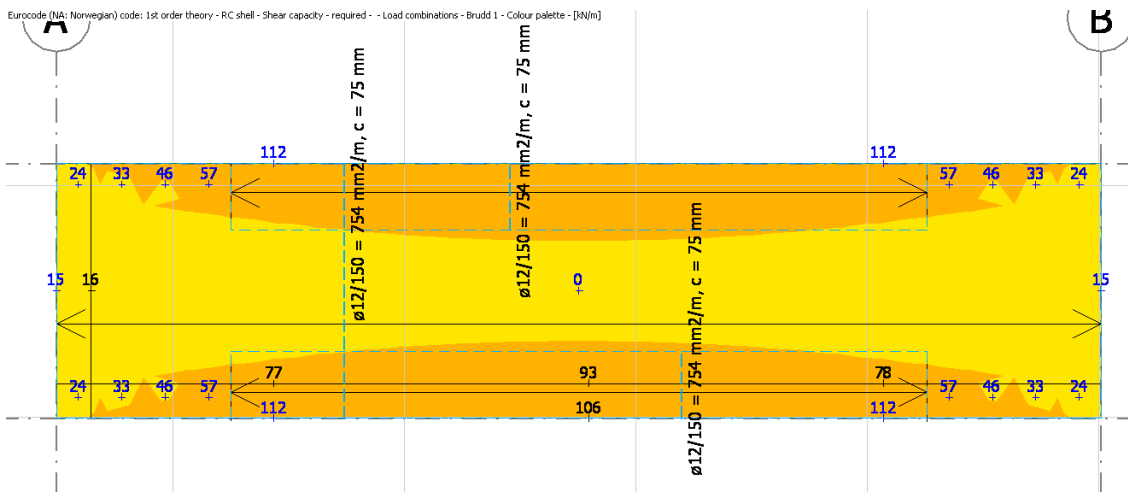
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - y' or t, top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



Bunnplaten armeres med ø12c/c 150 i x-retning og ø16c/c 150 i y-retning. Det legges i tillegg ø16c/c150 på et område ca. 1,2 meter fra hver kortsider og til midten.

Sjekker platens skjærkraftkapasitet:

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - RC shell - Shear capacity - required - - Load combinations - Brudd 1 - Colour palette - [kN/m]



Mathcadberegning av skjærkraftkapasitet til plate t=250mm dobbelarmert ca 1,5 m fra kortsider ø12s75 i y-retning og 60mm overdekning gir kapasitet på 131kN/m. Det er derfor ikke behov for skjærarmering i bunnplaten.

2.1.4 Bruksgrensetilstand

Sjekker opptredende moment i bruksgrense i BTSnitt for å kontrollere opptredende riss.

Finder de største indre kreftene i bunnplaten og setter dette inn i BTSnitt. Setter kravet til 0,2.

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		15,0	15,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	15,0
M/Md		0,23	0,23	Vccd Trykkbr.	775,7	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00096	,00096	Vcd (uarmert).	102,8	Min. overdekning	70
tøyning i uk		-,00023	-,00023	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	73
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	505
SigmaC i uk		-3,83	-3,83	Maks bøyleavstand	57	Beregnet rissvidde(mm)	0,170
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,390

Mx dominerende. Armering $\phi 12c/c150$

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		81,0	81,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	81,0
M/Md		0,46	0,46	Vccd Trykkbr.	809,5	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00169	,00169	Vcd (uarmert).	161,4	Min. overdekning	60
tøyning i uk		-,00076	-,00076	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	60
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	299
SigmaC i uk		-11,36	-11,36	Maks bøyleavstand	66	Beregnet rissvidde(mm)	0,202
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,360

My dominerende. Armering $\phi 16c/c150$. Tilleggsarmering $\phi 16c/c150$ på et område ca. 1,2 meter mot midten fra hvert kortside.

Opptredende riss på bunnplate OK

2.2 Vegger

2.2.1 Generelt

Veggene spennes inn i bunnplaten. Benytter B35 betongfasthet.

Kummen beregnes med fast innspenne hjørner.

Minimumsarmering:

Minimumsarmering vegger

$$\begin{array}{lll}
 f_{ck} := 35\text{MPa} & f_{yk} := 500\text{MPa} & c_{\text{overdekning}} := 60\text{mm} \\
 b := 1000\text{mm} & f_{ctm} := 3.2\text{MPa} & \varnothing_{\text{hoved}} := 12\text{mm} \\
 & t_{\text{vegg}} := 250\text{mm} &
 \end{array}$$

Vertikalarmering (per side)

$$\begin{aligned}
 A_{sV.min} &:= 0.5 \cdot 0.002 \cdot b \cdot t_{\text{vegg}} = 250 \cdot \text{mm}^2 \\
 A_{sV.min.s\ddot{a}rligvektp\ddot{a}tetthet} &:= A_{sV.min} \cdot 2 = 500 \cdot \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Horisontalarmering (per side)

$$\begin{aligned}
 A_{sH.min} &:= \max\left(0.25 \cdot A_{sV.min}, 0.3 \cdot b \cdot t_{\text{vegg}} \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right) = 480 \cdot \text{mm}^2 \\
 A_{sH.min.s\ddot{a}rligvektp\ddot{a}tetthet} &:= \frac{0.5 \cdot b \cdot t_{\text{vegg}} \cdot f_{ctm}}{500\text{MPa}} = 800 \cdot \text{mm}^2 \\
 \varnothing_{\text{hoved.max}} &:= 20\text{mm}
 \end{aligned}$$

Her vises kun utsnitt av to sider av kummen. Armeringsbehovet på motsatt side av kummen vil være det samme som her.

2.2.2 Laster

2.2.2.1 Permanente laster

Jordtrykk på veggene;

Friksjonsvinkel på sprengsteinfylling $\varphi=42^\circ$, effektiv friksjonsvinkel $\rho=\tan^{-1}(\tan 42^\circ/1,4)=32,75^\circ$

Aktivt jordtrykk; $K_a=\tan^2(45-\rho/2)=0,30$

Hviletrykk; $K_0=1-\sin(\rho)=0,46$

I overkant vegg virker overliggende masser også; maks 1,0m under terreng.

$$q_{\text{topp}}=0,46*1,0*19=8,74\text{kN/m}^2$$

$$q_{\text{bunn}}=q_{\text{topp}}+K_0*H_{\text{kum}}*9=8,74+0,46*2,9*9=20,8\text{kN/m}^2$$

Vanntrykk på veggene;

$$q_{W\text{topp}}=0$$

$$q_{W\text{bunn}}=H_{\text{kum}}*10=2,9*10=29\text{kN/m}^2$$

2.2.2.2 Variable laster

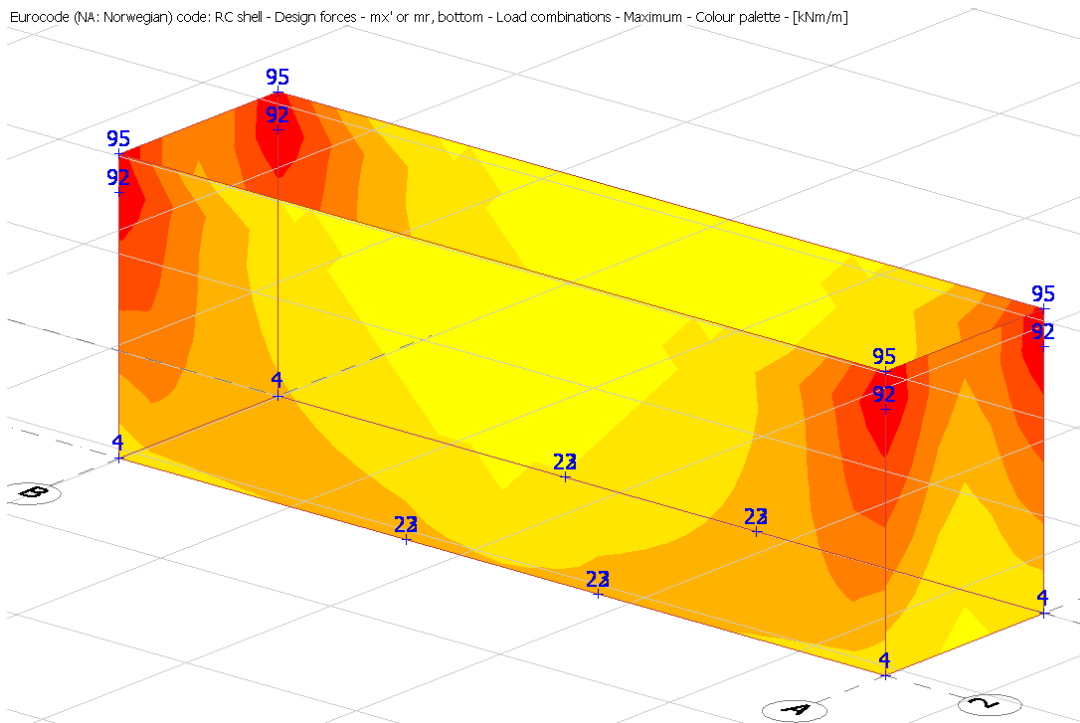
Trafikklast: 30 kN/m²

2.2.2.3 Lastkombinasjoner

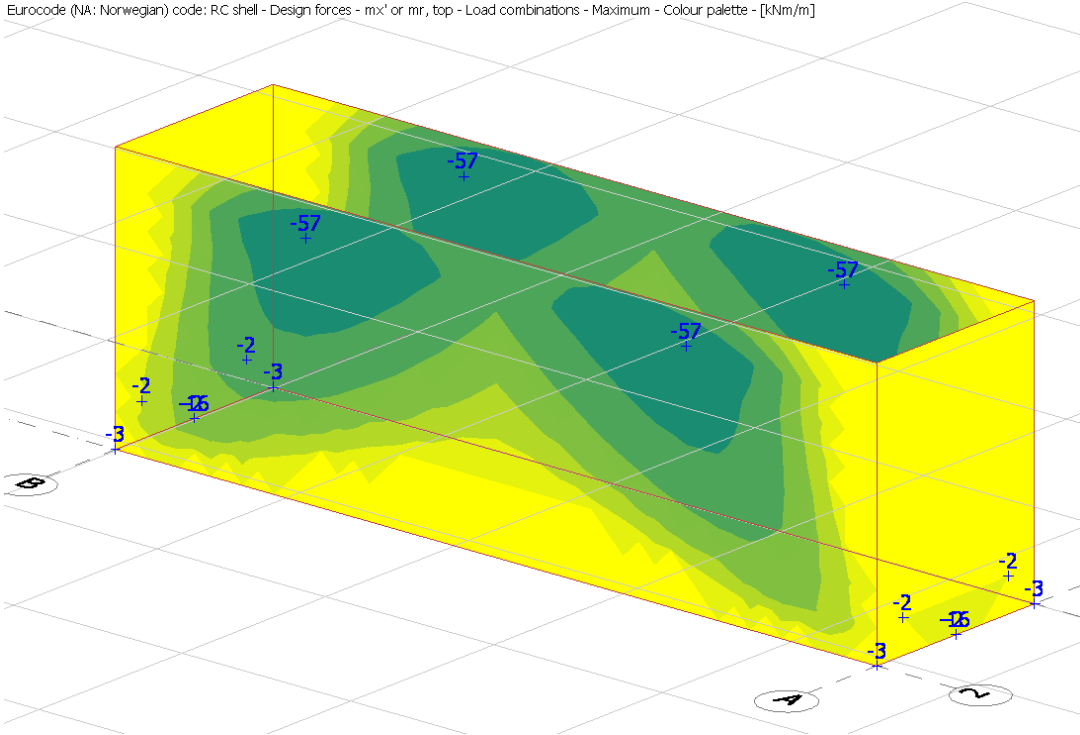
Se lastkombinasjoner for bunnplate. Bunnplate og vegger er prosjektert i 3D, så samme lastkombinasjoner gjør seg gjeldende for veggene.

2.2.3 Bruddgrensetilstand

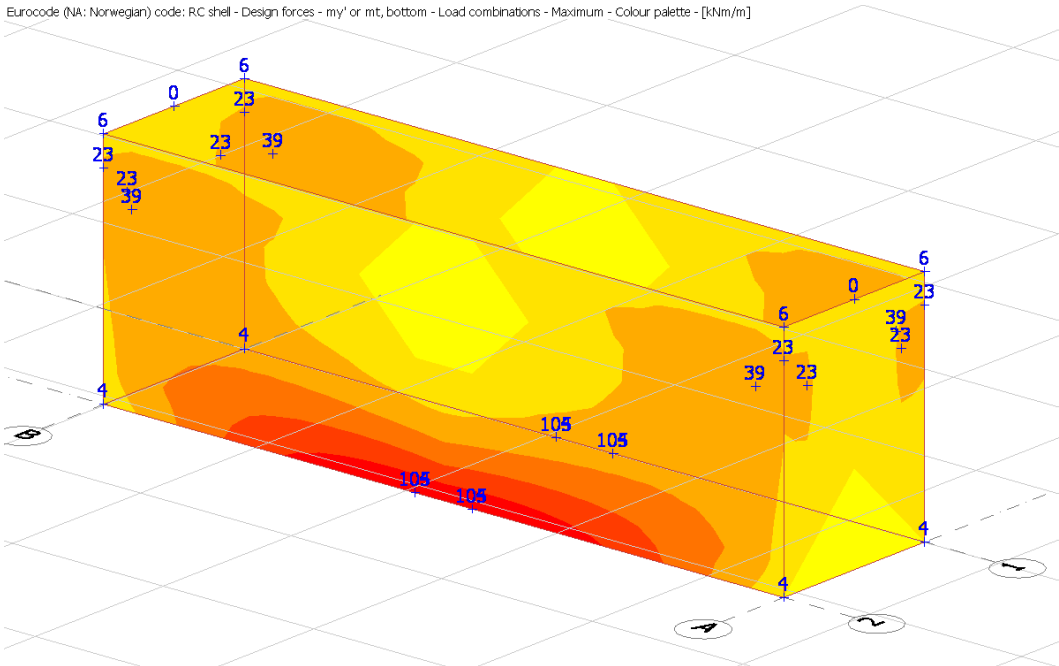
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - mx' or mr, bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



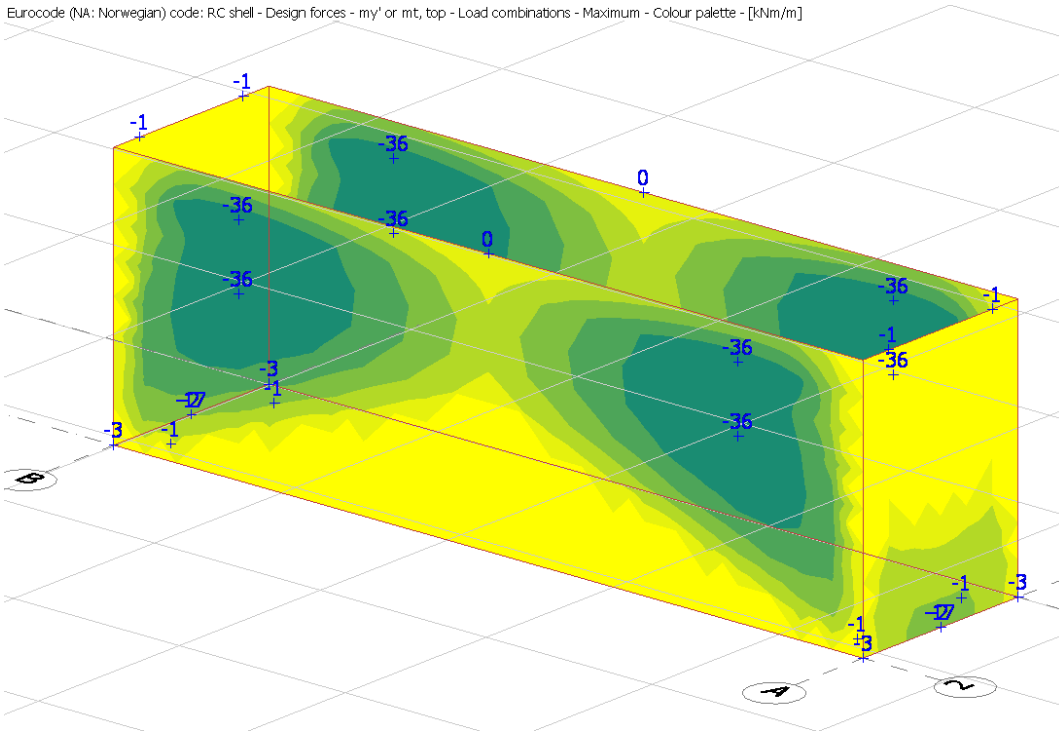
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - mx' or mr, top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



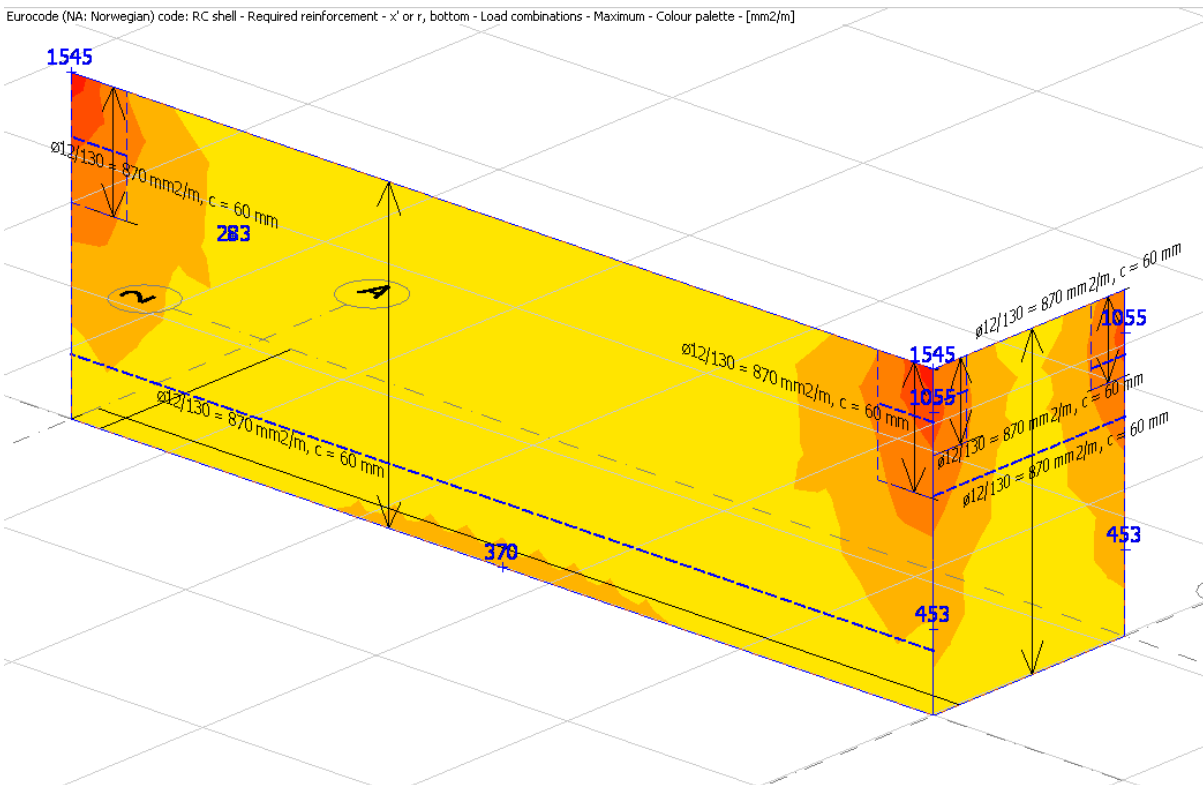
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - my' or mt, bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



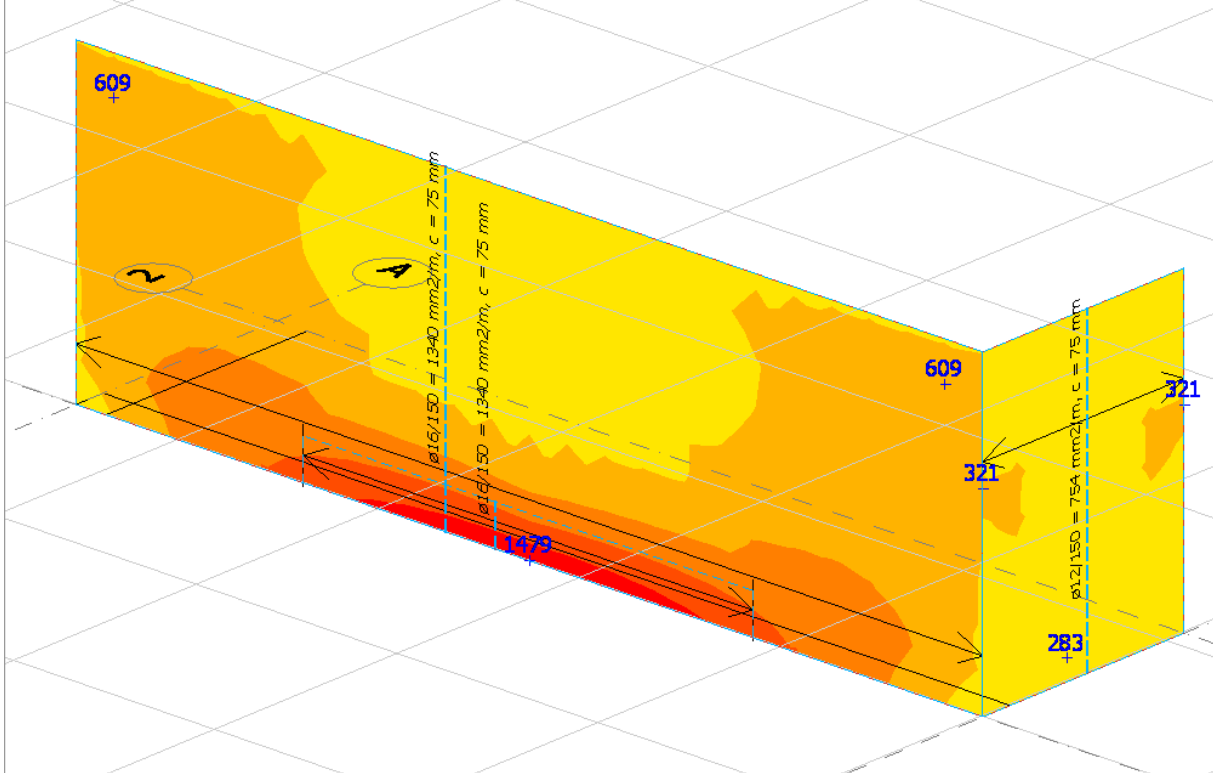
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - my' or mt, top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - x' or r, bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]

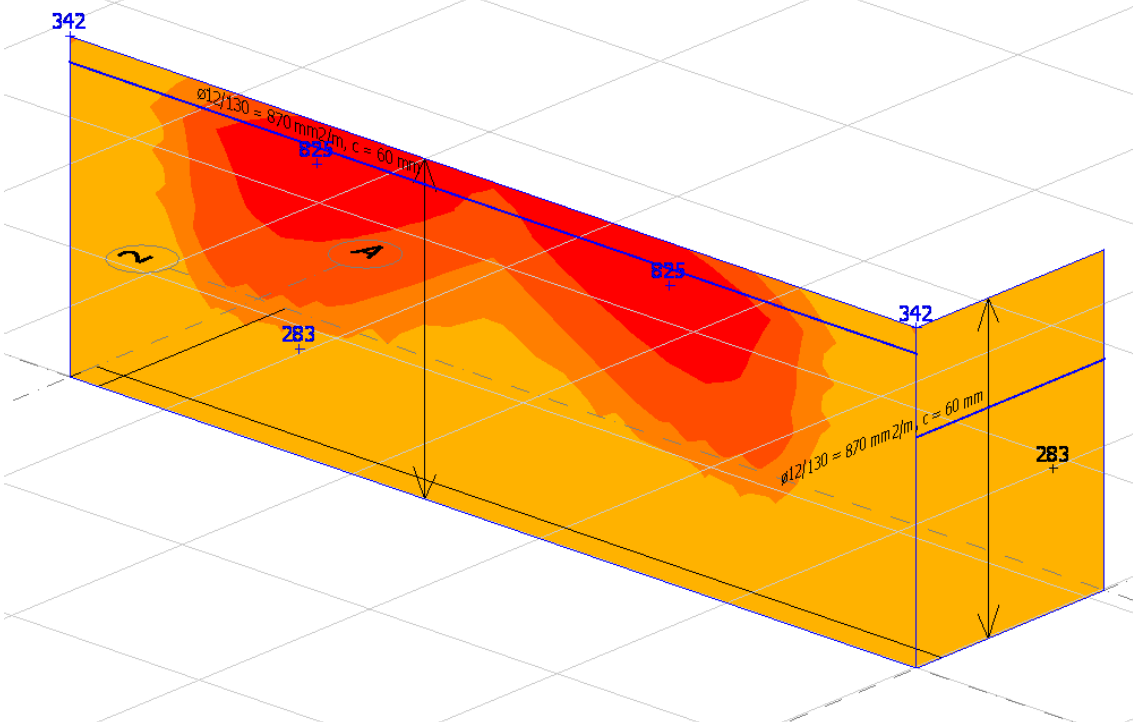


Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - 'y' or t, bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]

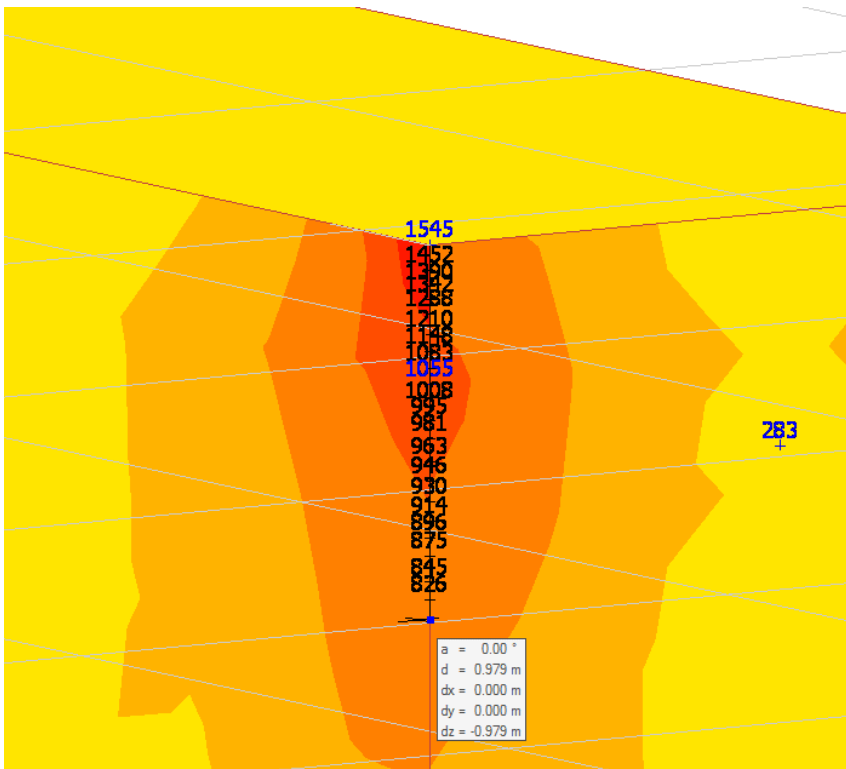
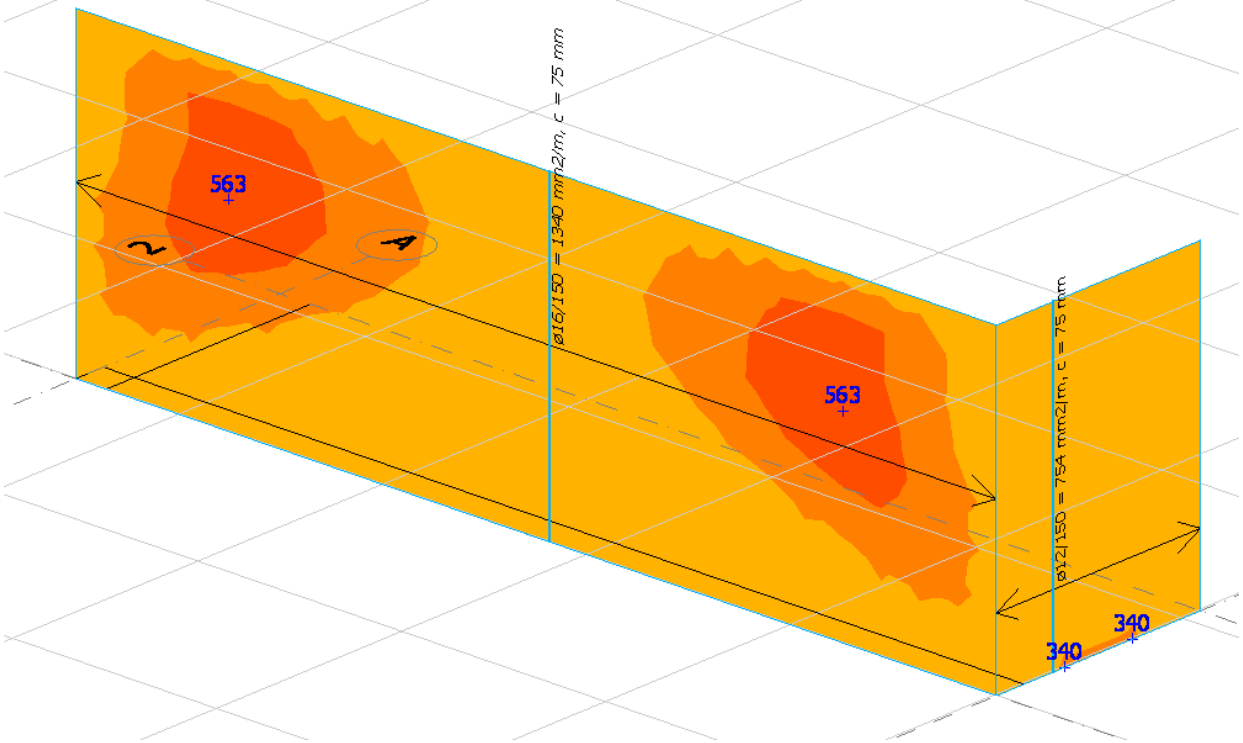


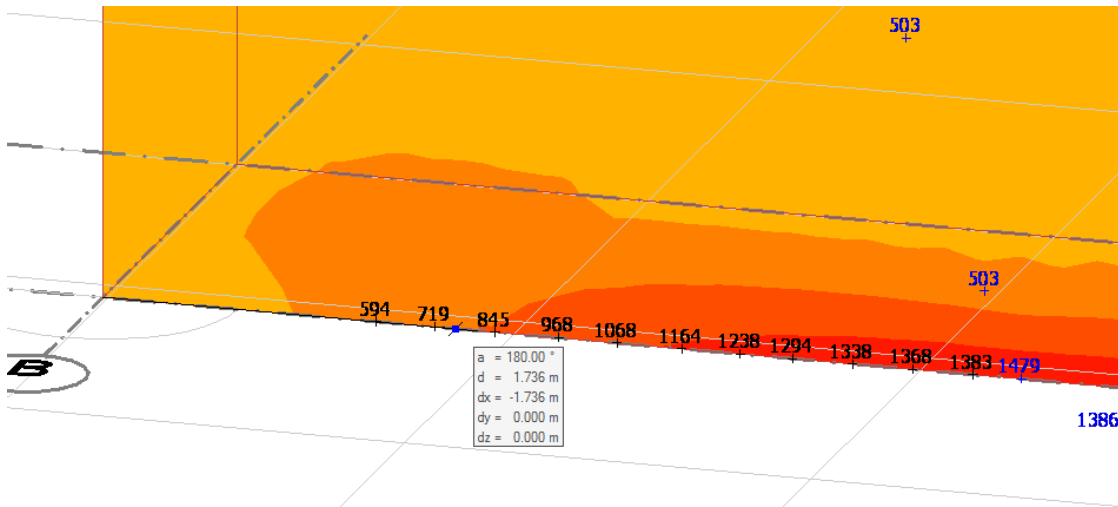
Innlagt vertikalarmering ø16 c/c150 på langsider. Det legges i tillegg bøyer ø16c/c150 nederst på et område ca. 1,2 meter mot midten fra hvert hjørne. Bøylebeina må være minimum 150mm + 50Ø.

Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - 'x' or r, top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



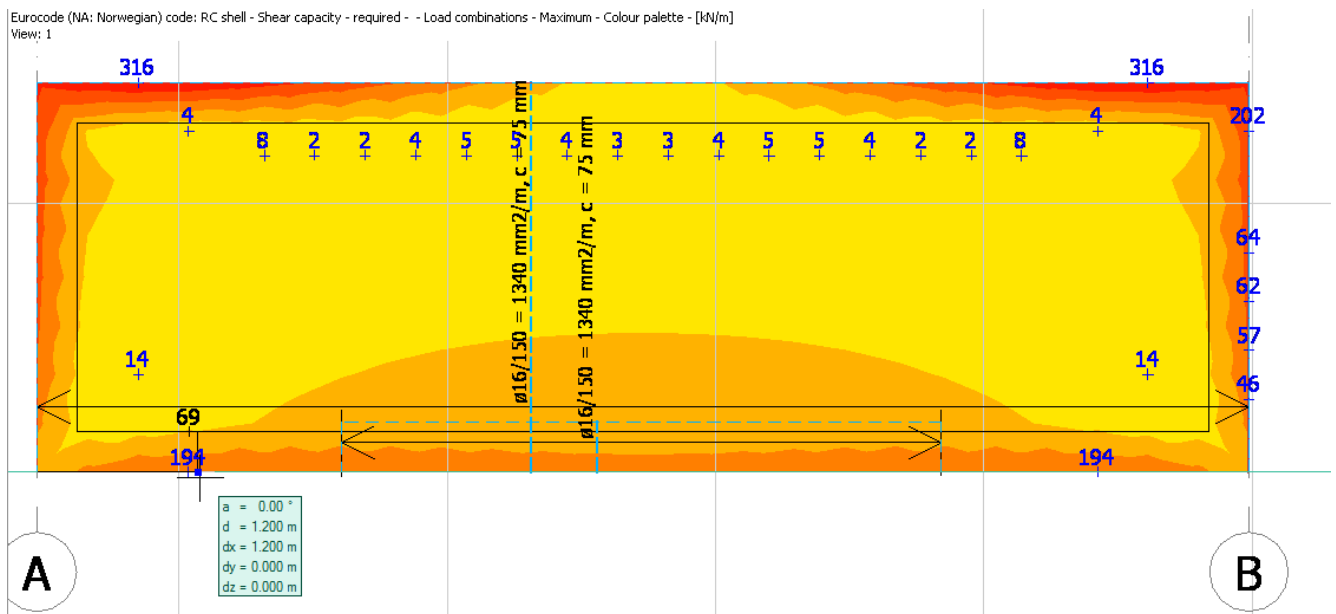
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - y' or t, top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]





ca. 1,2 meter fra hjørner doubles bøyleoppstikkene på kummens langsider.

Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Shear capacity - required - - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kN/m]
View: 1



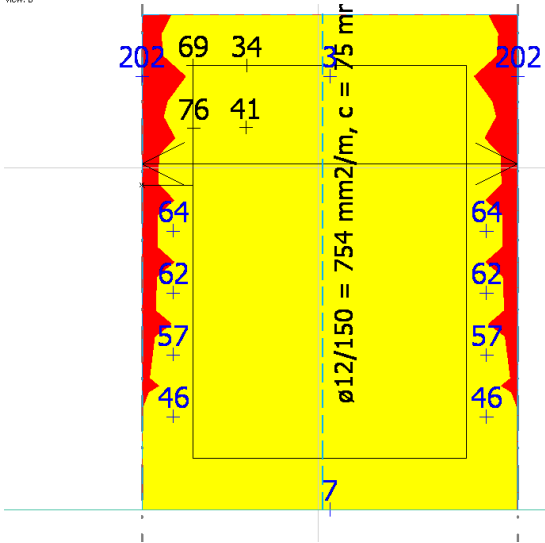
Opptredende skjærkraft. Verdier avstand $t/2$ (vegg) + $d = 125\text{mm} + (250\text{mm} - 60\text{mm} - 12\text{mm}) = 303\text{mm}$ fra senter vegg:

Mathcadberegning av skjærkraftkapasitet til langvegg $t=250\text{mm}$ dobbelarmert ca 1,2 m fra kortsider $\text{Ø}12\text{s}75$ i y-retning og 50mm overdekning gir kapasitet på 136 kN/m.

Opptredende skjærkraft mindre enn 1,2 m fra kortsider armert med $\text{Ø}12\text{c}150$ er 69 kN/m. Det er derfor ikke behov for skjærarmering i langvegger.

Påført skjærkraft på 316kN/m som vist i modellen over vurderes til å ikke være reell.

Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Shear capacity - required - - Load combinations - Maximum - Colour palette - [N/m]
View: B



Opptredende skjærkraft. Verdier avstand $t/2$ (vegg) + $d = 125\text{mm} + (250\text{mm} - 60\text{mm} - 12\text{mm}) = 303\text{mm}$ fra senter vegg:

Mathcadberegning av skjærkraftkapasitet til kortvegg $t=250\text{mm}$ dobbelarmert i hjørner den øverste meteren med $\phi 12s65$ og 50mm overdekning gir kapasitet på 143 kN/m . Skjærkraftkapasiteten i resterende del av vegg armert med $\phi 12c/c150$ er 109 kN/m . Det er derfor ikke behov for skjærarmering i kortvegger.

2.2.4 Bruksgrensetilstand

Sjekker opptredende moment i bruksgrense i BTSnitt for å kontrollere opptredende riss.

Finner de største indre kreftene i veggene og setter dette inn i BTSnitt. Setter kravet til 0,2.

Langsider:

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N=Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M=Msp+tap		70,0	70,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	70,0
M/Md		0,53	0,53	Vccd Trykkbr.	865,7	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00176	,00176	Vcd (uarmert).	146,1	Min. overdekning	50
tøyning i uk		-,00066	-,00066	Stat.nødv(mm²/m)	0	Overdekning (mm)	53
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm²/m)	0	Største rissavstand (mm)	267
SigmaC i uk		-10,02	-10,02	Maks bøyleavstand	81	Beregnet rissvidde(mm)	0,223
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,390

Mx dominerende. Moment hentet i hjørne øverst på kum med armering $\phi 12c/c130$. Tilleggsarmering bøyer $\phi 12c/c130$ i hjørner den øverste meteren. Beregnet rissvidde på $22,3\text{ mm}$ er noe over kravet, men regnes som OK for denne konstruksjonen.

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		80,0	80,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	80,0
M/Md		0,43	0,43	Vccd Trykkbr.	854,4	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00144	,00144	Vcd (uarmert).	167,3	Min. overdekning	50
tøyning i uk		-,00064	-,00064	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	50
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	255
SigmaC i uk		-9,97	-9,97	Maks bøyleavstand	78	Beregnet rissvidde(mm)	0,166
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,375

My dominerende. Moment hentet midt på kummen med armering $\varnothing 16c/c150$. Tilleggsarmering $\varnothing 16c/c150$ på et område ca. 1,2 meter mot midten fra hvert hjørne.

Opptredende riss i langvegger OK

Kortsider:

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		81,0	81,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	81,0
M/Md		0,62	0,62	Vccd Trykkbr.	863,4	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00206	,00206	Vcd (uarmert).	145,9	Min. overdekning	50
tøyning i uk		-,00077	-,00077	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	51
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	261
SigmaC i uk		-11,47	-11,47	Maks bøyleavstand	80	Beregnet rissvidde(mm)	0,265
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,379

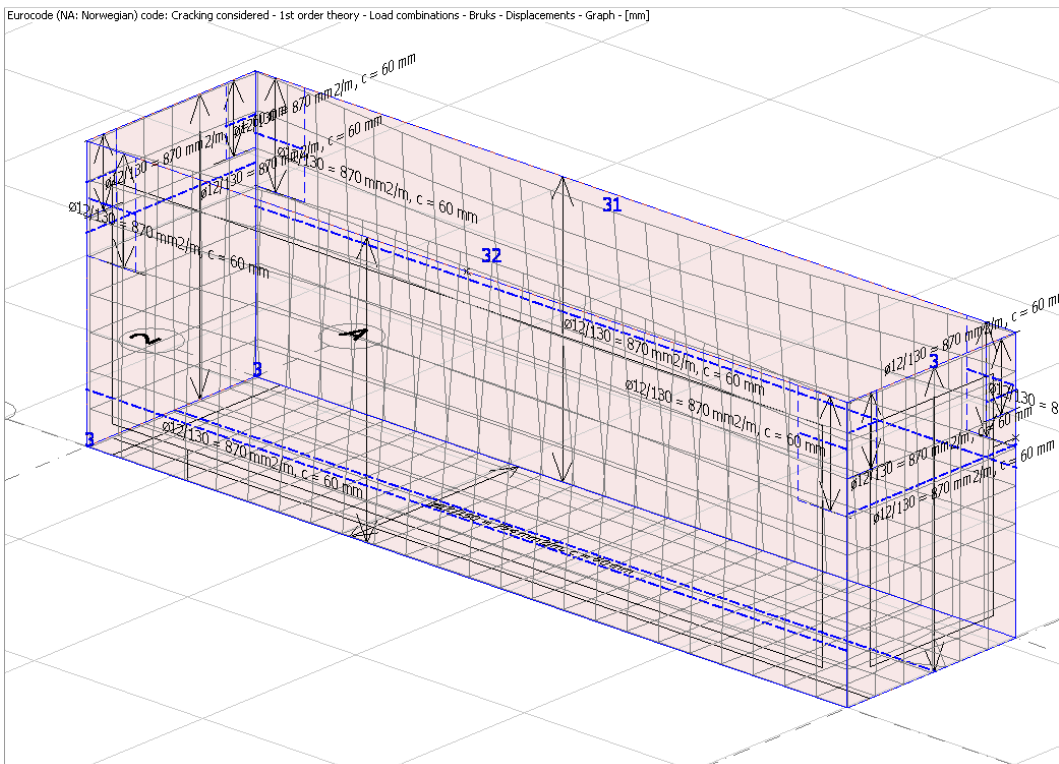
Mx dominerende. Moment hentet i hjørne øverst på kum med armering $\varnothing 12c/c130$. Tilleggsarmering bøylor $\varnothing 12c/c130$ i hjørner den øverste meteren. Beregnet rissvidde på 26,5 mm er noe over kravet, men regnes som OK for denne konstruksjonen.

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		16,0	16,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	16,0
M/Md		0,25	0,25	Vccd Trykkbr.	863,4	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00084	,00084	Vcd (uarmert).	112,4	Min. overdekning	50
tøyning i uk		-,00020	-,00020	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	51
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	377
SigmaC i uk		-3,37	-3,37	Maks bøyleavstand	80	Beregnet rissvidde(mm)	0,130
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,379

My dominerende. Moment hentet i bunn midt på kortside med armering $\phi 12c/c150$.

Opptredende riss i kortvegger OK



L/281 vurderes som OK for denne type konstruksjon. Lastfaktor i bruksgrenseberegninger er konservative. Deformasjoner innenfor krav

Kontroll moment

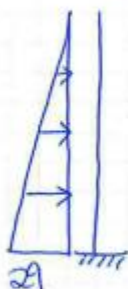
Oppdragsnr.

Side

Dato

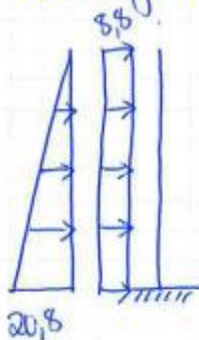
Sign.

Vanntrykk:



$$\frac{qL^2}{6} = \frac{2/3 \times 29 \text{ kN/m}^2 \times 1,02 \times 2,9^2}{6} = 27,6 \text{ kNm/m}$$

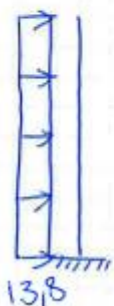
Jordtrykk:



$$\frac{qL^2}{6} + \frac{qL^2}{2}$$

$$\frac{2/3(20,8 - 8,8) \times 1,0 \times 2,9^2}{6} + \frac{2/3 \times 8,8 \times 1,0 \times 2,9^2}{2} = 35,9 \text{ kNm/m}$$

Traffikk:



$$\frac{qL^2}{2} = \frac{2/3 \times 13,8 \times 1,35 \times 2,9^2}{2} = 52,2 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Totalt: } 27,6 + 35,9 + 52,2 = 115,7 \text{ kNm/m}$$

2.3 Lokk

2.3.1 Generelt

FEM design plate benyttes for å prosjektere lokket.

Lokket støpes som et eget element og heises på plass på ferdigstøpt kum. Lokket tenkes fritt opplagt på veggene til kummen. Lokket prosjekteres som et betongdekke med $t=250\text{mm}$, men i felt er den effektive tykkelsen 300mm .

Benytter B35 betongfasthet.

Minimumsarmering:

Det tas høyde for at betongen leveres med en fasthet som ligger noe over den beskrevne. $f_{ctmB45}=3,8$
Tar sikte på å bruke armering med tverrsnitt $\phi 16$:

NA.9.2.1.1

$$A_{s,min}=0,26 \cdot f_{ctm}/f_{yk} \cdot b_t \cdot d=0,26 \cdot 3,8/500 \cdot 1000 \cdot (300-50-16/2)=478\text{mm}^2$$

Det legges særlig vekt på tetthet, så armeringen bør være dobbelt så stor.

$$2 \cdot A_{s,min}=956 \text{ mm}^2, \text{ velger } \phi 16c200 \text{ } A_s=1005 \text{ mm}^2.$$

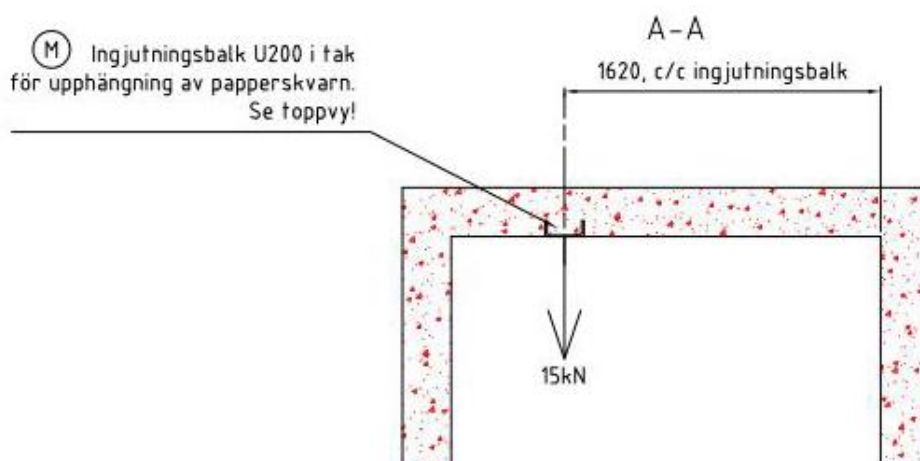
2.3.2 Laster

Utsparinger til kumlokk og kapsellokk innmåles/plasseres etter at armatur er ferdig montert, disse utsparingene resulterer ikke i påførte laster på lokket.

2.3.2.1 Permanente laster

Foruten egenlasten til dekket legges det inn jordmassene over lokk: maks $1,0\text{m}$. En flatelast tilsvarende: $1,0\text{m} \cdot 19\text{kN/m}^3=19\text{kN/m}^2$

Det legges også inn en punktlast på 15kN for opphenging av en papirkvern.



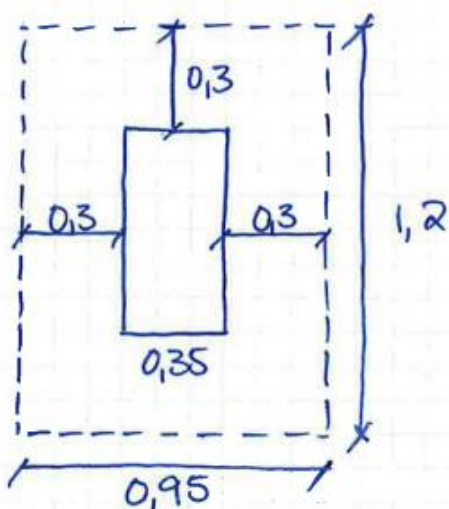
2.3.2.2 Variable laster

Variable laster utgjør en trafikklast i størrelsesorden 30kN/ m²

2.3.2.3 Ulykkeslaster

Det legges inn en trafikklast på 200kN pr dekk som fordeles utover et større område etter overdekning jord min 0,3m og maks 1,0m. Hentet fra: EN 1991-2:2003

Ulykke lastebil ved 0,3m overdekning:



$$\frac{200}{0,95 \times 1,2} = 175 \text{ kN/m}^2$$

Ulykke ved 1,0 m overdekning:

$$\frac{200}{2,35 \times 2,6} = 33 \text{ kN/m}^2$$

4.3.3 Load Model 2

(1) Load Model 2 consists of a single axle load $\beta_Q Q_{sk}$ with Q_{sk} equal to 400 kN, dynamic amplification included, which should be applied at any location on the carriageway. However, when relevant, only one wheel of $200 \beta_Q$ (kN) may be taken into account.

(2) The value of β_Q should be specified.

38

EN 1991-2:2003 (E)

NOTE The National Annex may give the value of β_Q . It is recommended that $\beta_Q = \alpha_{Q1}$.

(3) In the vicinity of expansion joints, an additional dynamic amplification factor equal to the value defined in 4.6.1(6) should be applied.

(4) The contact surface of each wheel should be taken into account as a rectangle of sides 0,35 m and 0,60 m (see Figure 4.3).

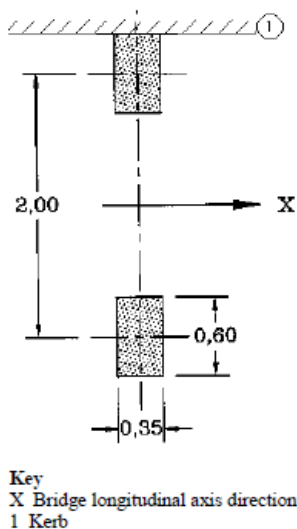


Figure 4.3 - Load Model 2

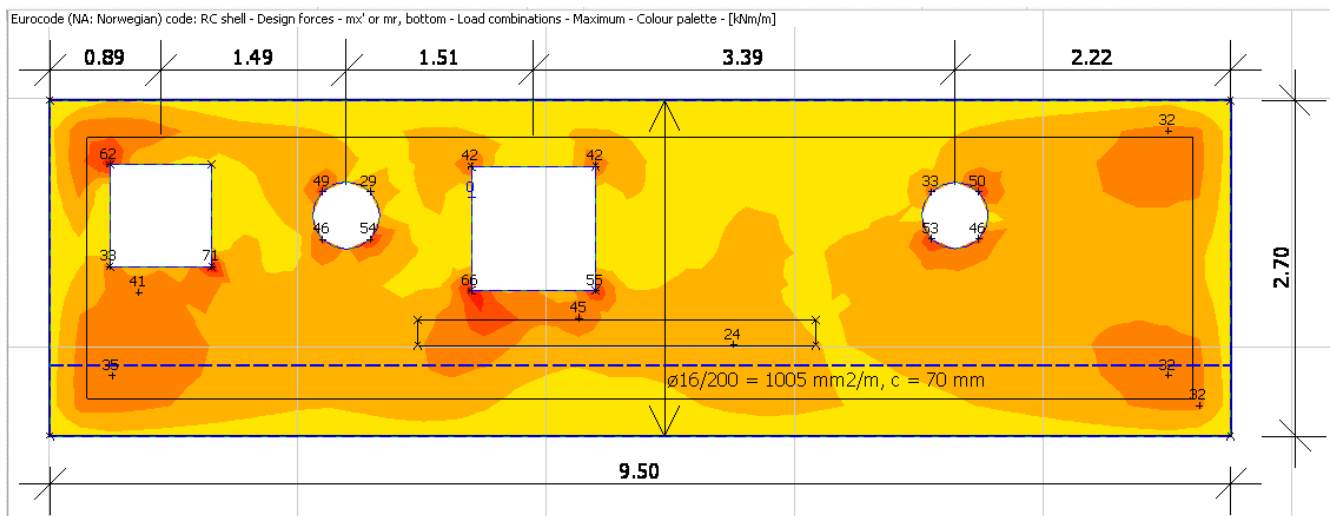
NOTE 1 The contact areas of Load Models 1 and 2 are different, and correspond to different tyre models, arrangements and pressure distributions. The contact areas of Load Model 2, corresponding to twin tyres, are normally relevant for orthotropic decks.

NOTE 2 For simplicity, the National Annex may adopt the same square contact surface for the wheels of Load Models 1 and 2.

2.3.2.4 Lastkombinasjoner

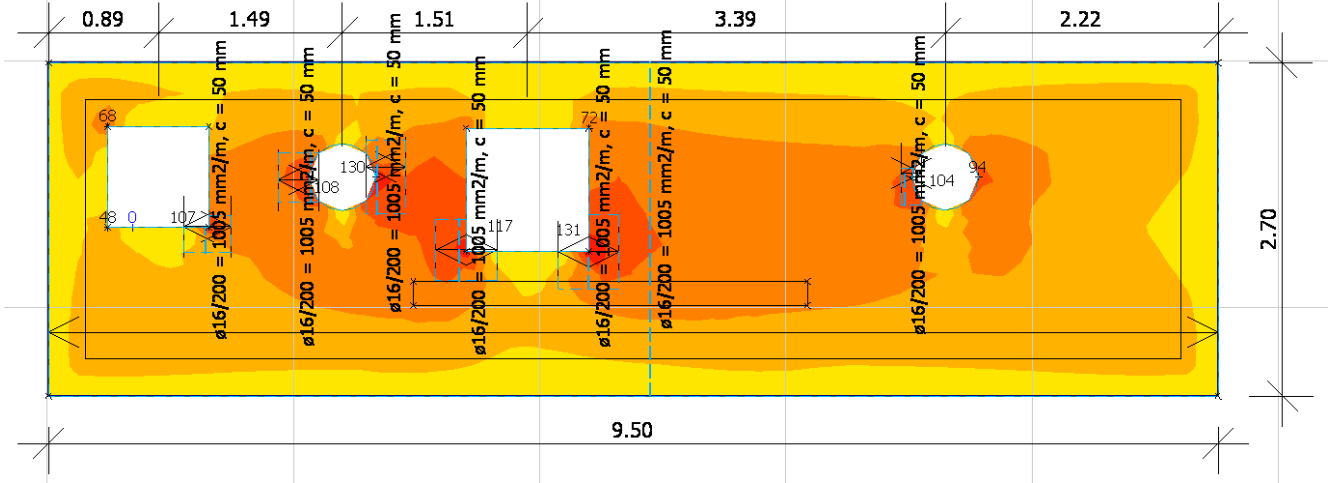
No	Name	Type	Factor	Included load cases
1	Bruks	Sc	1.00	Svinn
			1.00	Auto Egen
			1.00	Jord 1,0m
			1.00	Trafikk
			1.00	Trafikk
2	Brudd 1	U	1.22	Auto Egen
			1.22	Jord 1,0m
			1.35	Trafikk
3	Brudd 2	U	1.35	Auto Egen
			1.35	Jord 1,0m
			0.95	Trafikk
4	Ulykke lastebil med 1,0m overdekning	U	1.00	Auto Egen
			1.00	Jord 1,0m
			1.00	Trafikklast ved 1,0m overdekn
5	Ulykke lastebil med 0,3m overdekning	U	1.00	Auto Egen
			1.00	Jord 1,0m
			1.00	Trafikklast ved 0,3m overdekn

2.3.3 Bruddgrensetilstand

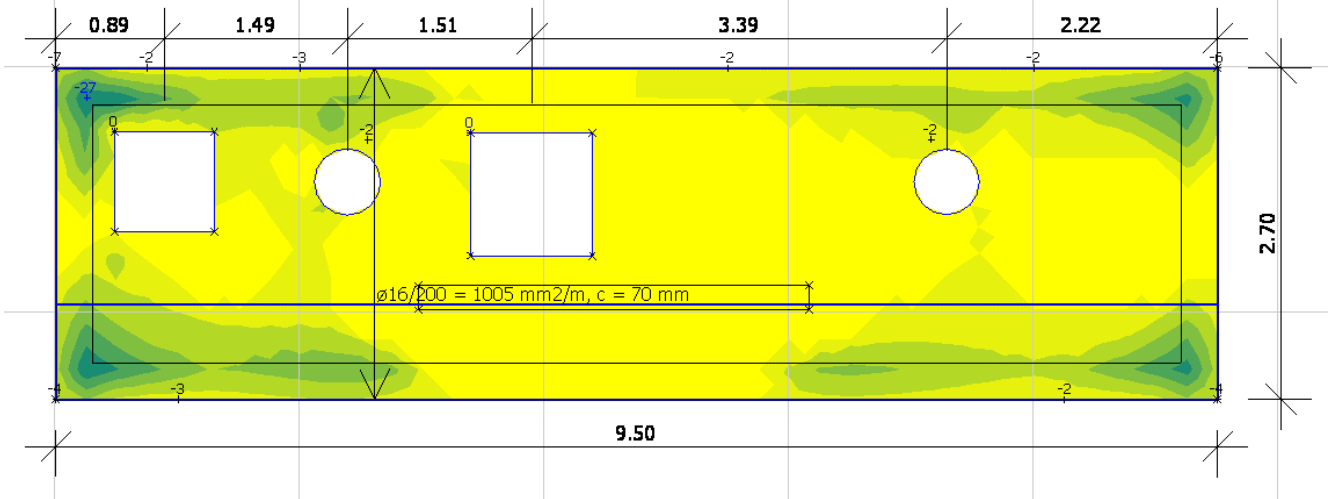


535070-10 – Standardkum type 16 A og B

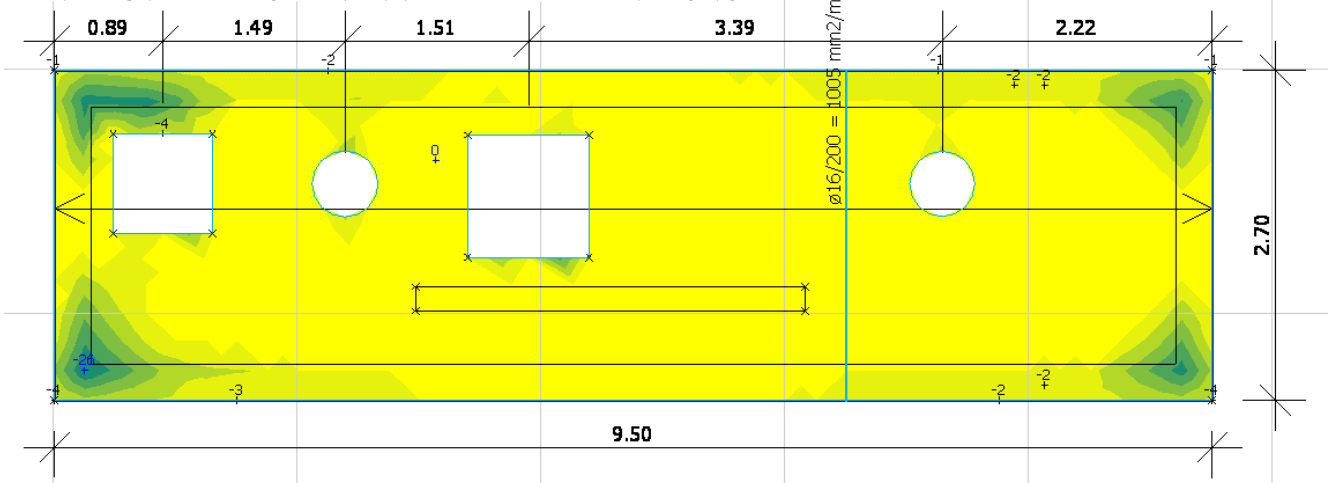
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_y' or m_t , bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]



Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_x' or m_r , top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]

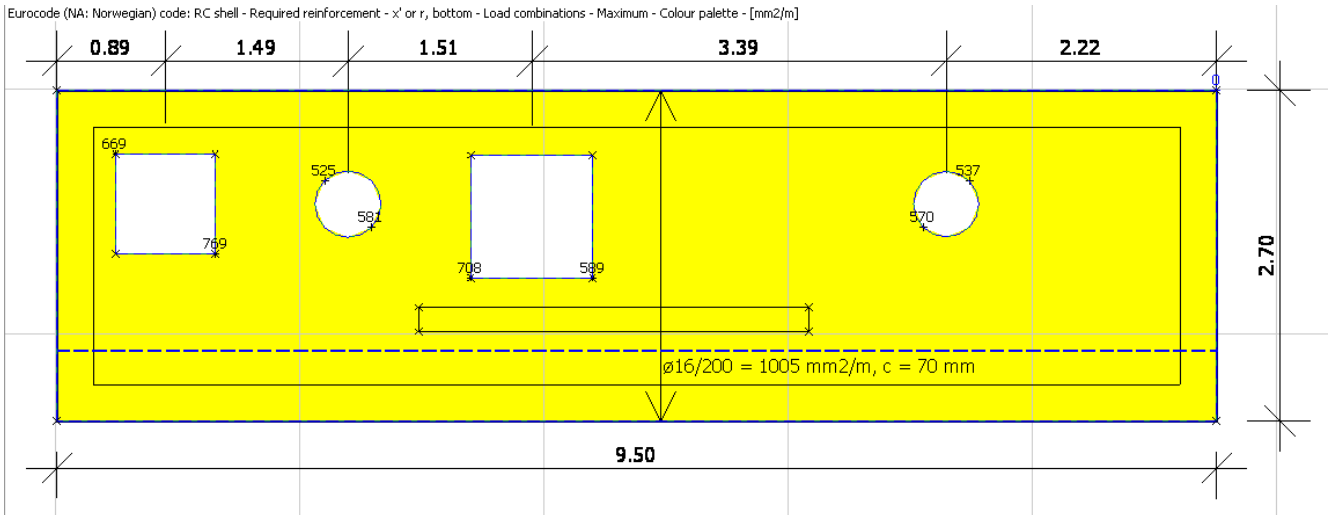


Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Design forces - m_y' or m_t , top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kNm/m]

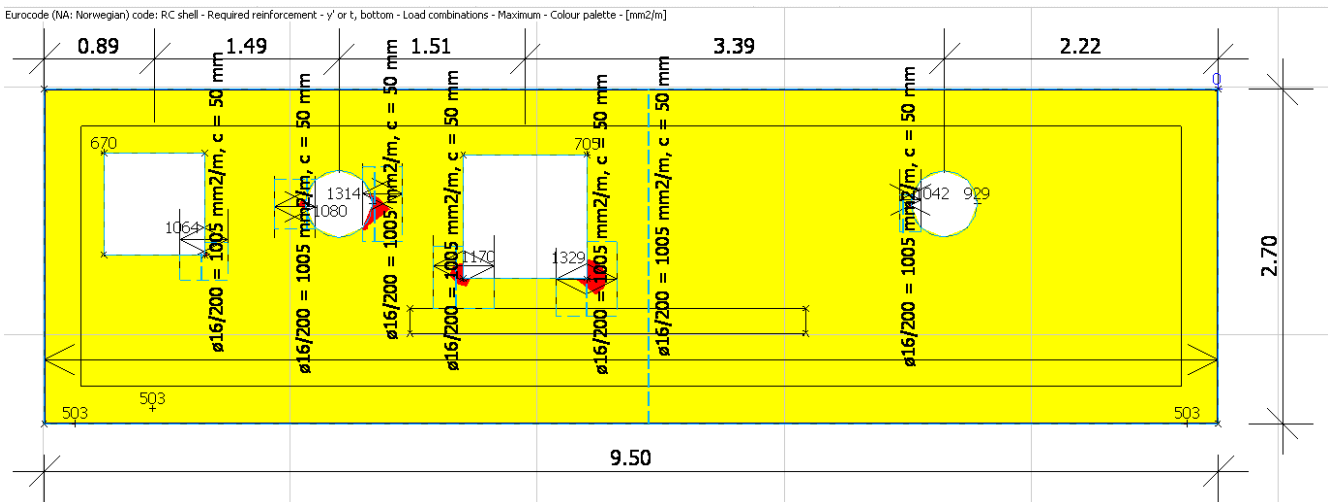


Innlagt $\varnothing 16c/c200$ i lokk. Det legges i tillegg $\varnothing 16c/c200$ i nederste lag i y-retning i området rundt utsparinger.

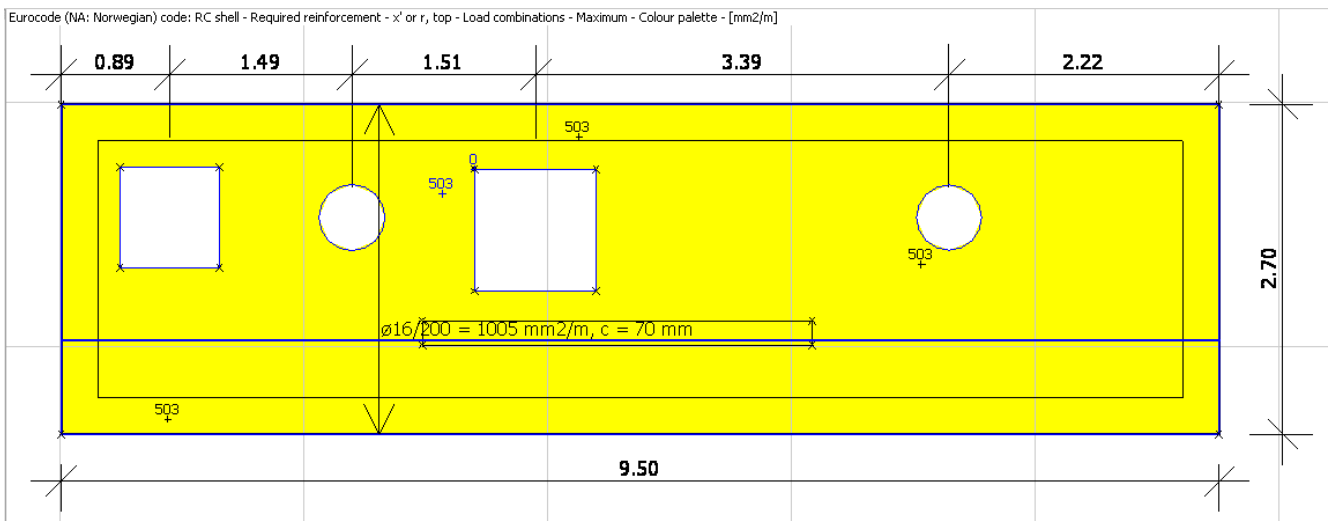
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - 'x' or r, bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



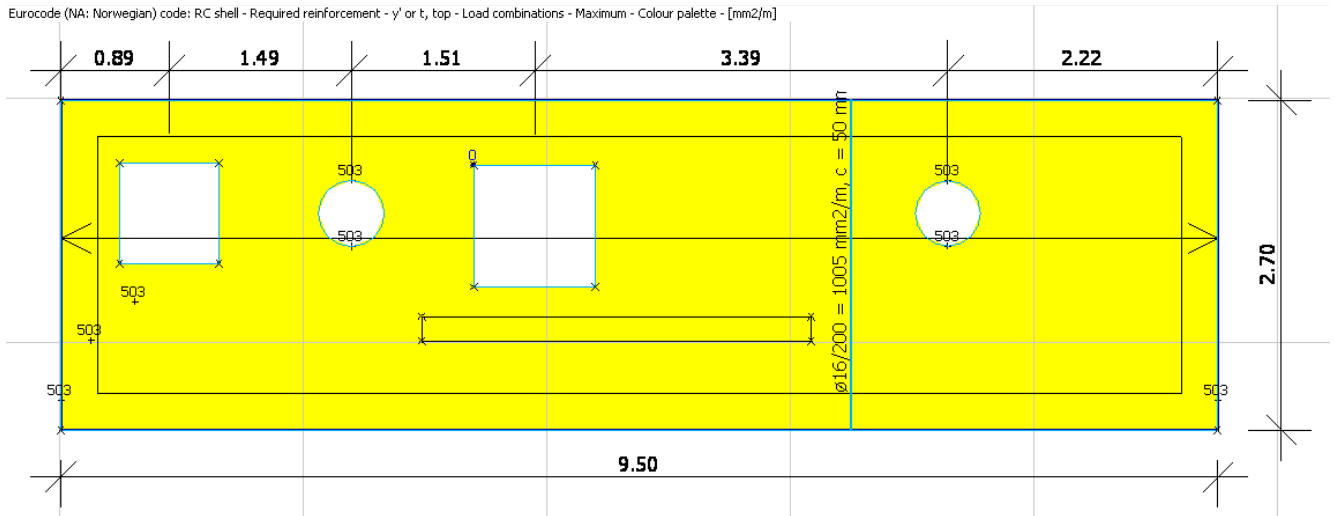
Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - 'y' or t, bottom - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - 'x' or r, top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]

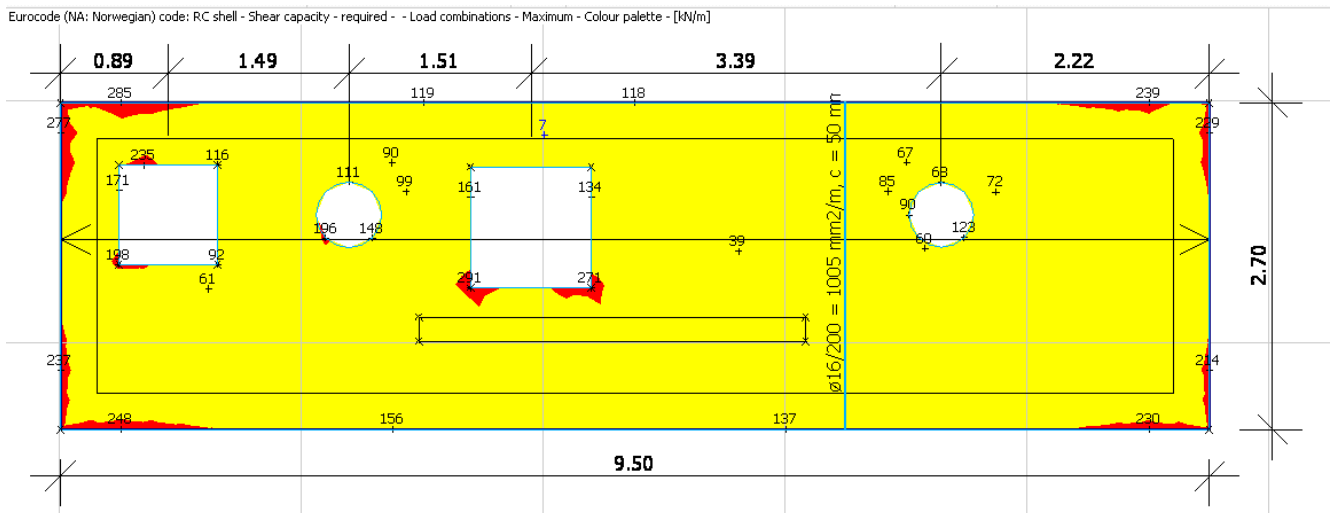


Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Required reinforcement - γ' or t , top - Load combinations - Maximum - Colour palette - [mm²/m]



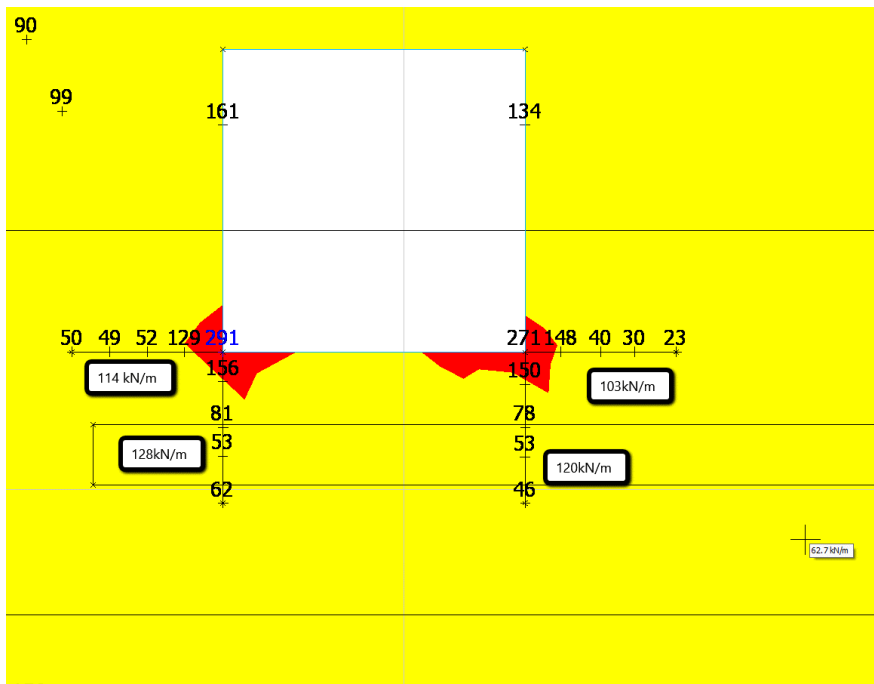
Beregner skjærkraft

Eurocode (NA: Norwegian) code: RC shell - Shear capacity - required - - Load combinations - Maximum - Colour palette - [kN/m]



Mathcadberegning av skjærkraftkapasitet til lokk $t=300\text{mm}$ med $\phi 16\text{s}100$ og 50mm overdekning gir kapasitet på 168kN/m (rundt utsparinger). $\phi 16\text{c}/\text{c}200$ og overdekning 50mm gir kapasitet på 134kN/m .

Verdier avstand $t/2$ (vegg) + $d = 125\text{mm} + (250\text{mm} - 50\text{mm} - 16/2\text{mm}) = 317\text{mm}$ fra senter vegg. Skjærproblematikk er ikke aktuelt her. Sjekker videre hjørner til utsparing med høyest skjærkraft:



Regner ut et gjennomsnitt av skjærkreftene i x og y-retning 0,5m ut fra hjørnene med høyest skjærkrefter.

Alle resultatene ligger innenfor lokkets skjærkraftkapasitet på 168kN/m med armering $\varnothing 16c/c100$ (rundt utsparinger).

2.3.4 Bruksgrensetilstand

Beregner riss

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

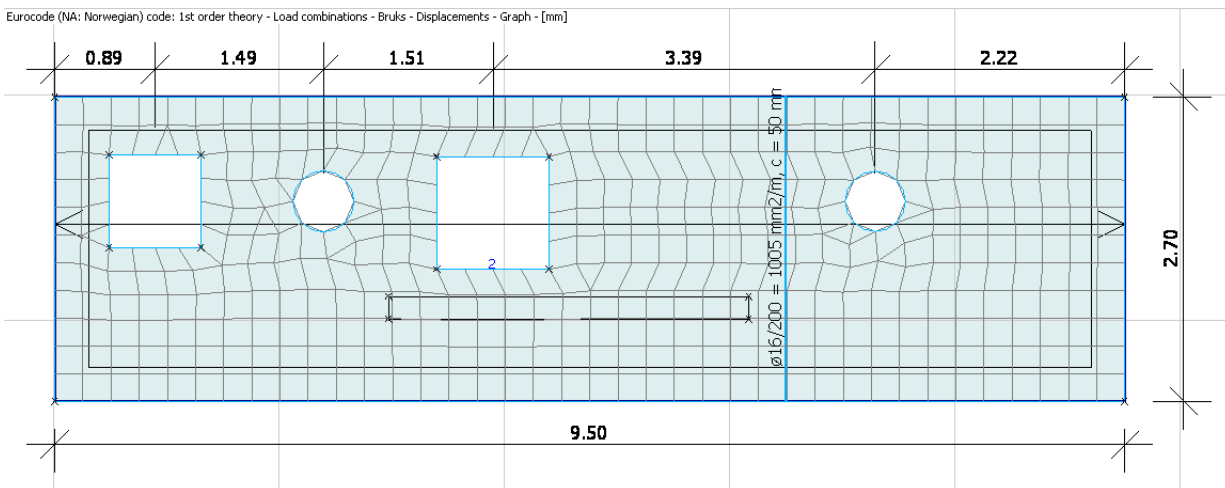
Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		98,0	98,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	98,0
M/Md		0,52	0,52	Vccd Trykkbr.	1079,3	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00161	,00161	Vcd (uarmert).	169,9	Min. overdekning	50
tøyning i uk		-,00058	-,00058	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	50
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	284
SigmaC i uk		-9,12	-9,12	Maks bøyleavstand	108	Beregnet rissvidde(mm)	0,231
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,375

My dominerende – Armert med $\varnothing 16c/c200$. Tilleggsarmering $\varnothing 16c/c200$ rundt utsparinger. Beregnet rissvidde 23,1mm er noe større enn kravet for vanntette konstruksjoner, men regner det som godt nok i dette tilfellet.

Beregningsresultater for lasttilfelle nr 1

Momentkontroll				Skjærkontroll		Risskontroll	
	Oppsp.	t=lastp.	t=25000				
N+Nsp+tap		0,0	0,0	Vgamma (kN)	0,0	N (kN)	0,0
M+Msp+tap		30,0	30,0	Vredusert (kN)	0,0	M (kNm)	30,0
M/Md		0,29	0,29	Vccd Trykkbr.	1079,3	Korrosjonspåvirkning	Lite
tøyning i ok		,00091	,00091	Vcd (uarmert).	134,8	Min. overdekning	50
tøyning i uk		-,00023	-,00023	Stat.nødv(mm2/m)	0	Overdekning (mm)	50
SigmaC i ok		0,00	0,00	Min.arm. (mm2/m)	0	Største rissavstand (mm)	397
SigmaC i uk		-3,86	-3,86	Maks bøyleavstand	108	Beregnet rissvidde(mm)	0,157
SigmaS i ok						tillatt rissvidde	0,375

Mx dominerende – Armert med $\varnothing 16c/c200$. Beregnet rissvidde = 15,7mm < 20mm -->OK!



Deformasjonene til lokket er innenfor grenseverdiene.

2.3.5 Ulykkesgrensetilstand

Ulykkesgrensetilstand blir ikke dimensjonerende. Det verste som kan skje lokkene er at en lastebil kjører oppå disse. Det er ivaretatt ved dimensjonering av bruddgrensetilstand da lokkene må dimensjoneres for dette for å unngå å skilte ned.

2.4 Oppsummering armering

Bunnplate:

Bunnplaten armeres med $\varnothing 12c/c$ 150 i x-retning og $\varnothing 16c/c$ 150 i y-retning. Det legges i tillegg $\varnothing 16c/c$ 150 på et område ca. 1,2 meter fra hver kortsider og til midten.

Vegger:

Horisontalarmering:

$\varnothing 12 c/c$ 130 er tilstrekkelig armering utenom øverste meter i hjørnenes ytterkant, hvor det i tillegg armeres med bøyer $\varnothing 12c/c$ 130

Vertikalarmering langsider:

$\varnothing 16c/c$ 150. Det legges i tillegg $\varnothing 16c/c$ 150 fra bunnen på et område ca. 1,2 meter mot midten fra hvert hjørne.

Vertikalarmering kortsider:

$\varnothing 12 c/c$ 150 er tilstrekkelig armering

Lokk:

Innlagt $\varnothing 16c/c$ 200 i lokk. Det legges i tillegg $\varnothing 16c/c$ 200 i nederste lag i y-retning i området rundt utsparinger.