

Dimensioneringslösning för skyddsrum

D03-101

Dimensionering av komplett skyddsrum

Författare: Lars-Erik Holmberg. Ansvarig utgivare: Björn Ekengren.

1. Förutsättningar	2
1.1 Geometri	2
1.2 Lastförutsättningar	3
1.2.1 Grundvärden	3
1.2.2 Dimensionerande last takplatta	6
1.2.3 Dimensionerande last begränsningsvägg	10
1.2.4 Dimensionerande last golvplatta	13
1.3 Materialvärden	16
1.4 Täckande betongskikt och effektiv höjd	18
2. Snittkrafter	20
2.1 Takplatta	20
2.2 Begränsningsvägg	21
2.3 Golvplatta	24
2.4 Grundsula	25
3. Dimensionering	28
3.1 Takplatta	28
3.2 Begränsningsvägg	31
3.3 Golvplatta	36
3.4 Grundsula	37
4. Sammanfattning	38

1. Förutsättningar

1.1 Geometri

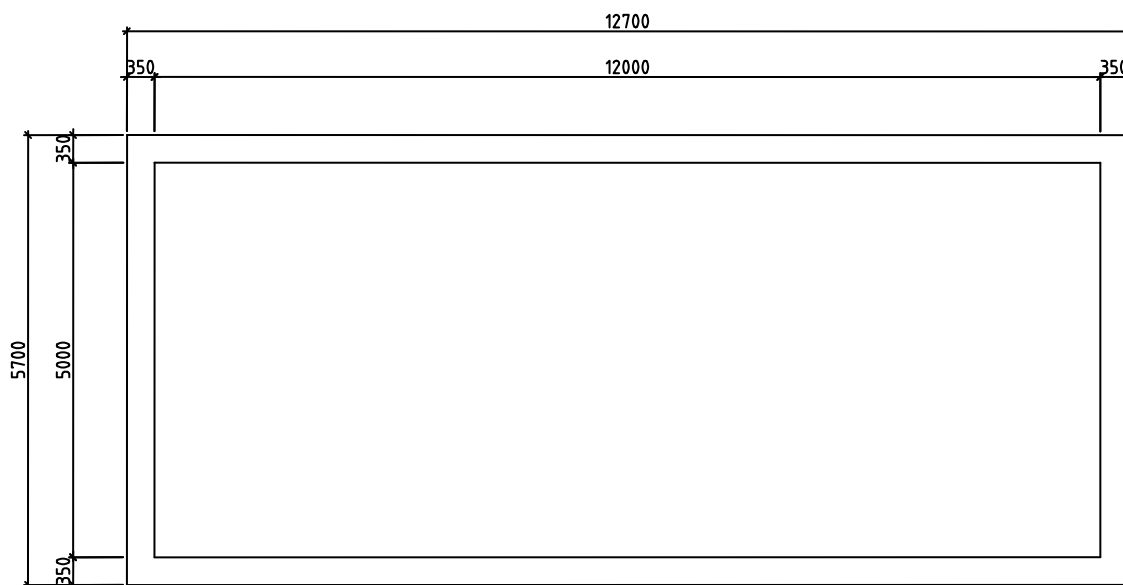
Följande beräkningsexempel utgår från ett skyddsrum med invändigt planmått 5000x12000 mm. Invändig rumshöjd är 2500 mm. Skyddsrummet ligger i den nedersta våningen i ett trevånings bostadshus och med golvnivå i markplanet. Ovanliggande våningar utförs med mellanbjälklag och vindbjälklag av 250 mm betong. Byggnaden ligger i Lund inom snözon 1,5 med normal topografi. Minimitjocklekar på skyddsrumsstommens omslutande konstruktionsdelar framgår av tabell 3:26a i SR. Detta medför följande minsta konstruktionstjocklekar:

Takplatta = 300 mm

Begränsningsväggar = 350 mm

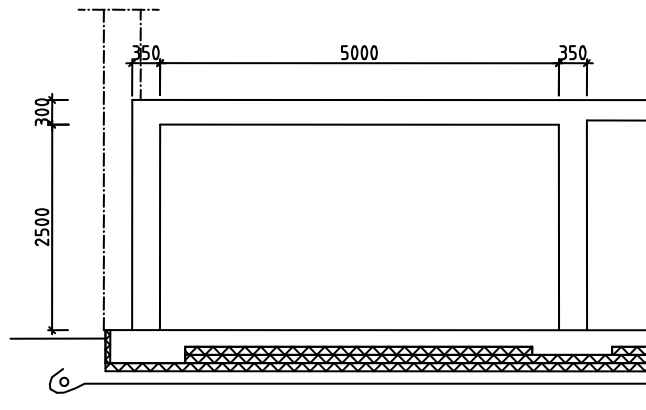
Golvplatta på mark = 200 mm

Utförande enligt följande figurer.



Plan över skyddsrummet

Dimensioneringslösning för skyddsrum



Sektion genom skyddsrummet

Höjd på grundsula väljs till 300 mm.

1.2 Lastförutsättningar

1.2.1 Grundvärden

Permanent last:

$g_b = 25 \text{ kN/m}^3$, betongens egentyngd, EN 1991-1-1, bilaga A, tabell A1.
(Tunghet enligt Eurokod är $\gamma = 24,0 + 1,0 = 25 \text{ kN/m}^3$)

Egentyngd mellanväggar, golvbeläggning för skyddsrumsgolv

$$g_{k2bj1} = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Egentyngd mellanväggar, golvbeläggning och undertak för mellanbjälklag

$$g_{k2bj2} = 0,5 + 0,2 + 0,3 = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

Egentyngd yttertakkonstruktion $g_{k2tak} = 0,8 \text{ kN/m}^2$. (Erfarenhetsvärden).

Golvplatta i skyddsrum

$$g_{kgolv} = g_b * h + g_{k2bj1} = 25 * 0,20 + 0,7 = 5,00 + 0,7 = 5,70 \text{ kN/m}^2,$$

egentyngd platta inklusive mellanväggar, golvbeläggning och undertak.

Takplatta i skyddsrum

$$g_{kbj1} = g_b * h + g_{k2bj2} = 25 * 0,30 + 1,0 = 7,50 + 1,00 = 8,50 \text{ kN/m}^2,$$

egentyngd platta inklusive mellanväggar, golvbeläggning och undertak.

Mellanbjälklag ovan skyddsrum

$$g_{kbj2} = g_b * h + g_{k2bj2} = 25 * 0,25 + 1,0 = 6,25 + 1,00 = 7,25 \text{ kN/m}^2,$$

egentyngd platta inklusive mellanväggar, golvbeläggning och undertak.

Vindsbjälklag ovan skyddsrum

$$g_{ktak} = g_b * h + g_{k2tak} = 25 * 0,25 + 0,8 = 6,25 + 0,8 = 7,05 \text{ kN/m}^2,$$

egentyngd platta inklusive yttertak.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Egentyngd ovanliggande byggnadsdelar

$g_{kv\ddot{a}ggar} = g_b * A_{v\ddot{a}gg} * d / A_{skyddsrum} = 25 * 60 * 0,2 / (12,0 * 5,0) = 5,00 \text{ kN/m}^2$,
egentyngd bjälklag inklusive yttertak och mellanväggar. Används vid raslastberäkning.

Variabel last:

$$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

nyttig last för bostadsutrymmen enligt EN 1991-1-1 6.3.1.2 tabell 6.2 i bilaga NA. (Kategori A bostäder)

$$\psi_0 = 0,7$$

lastkombinationsfaktor, EN 1990 och tabell A1.1.

Snölast:

$$S = \mu C_e C_t S_k \text{ kN/m}^2$$

snölast enligt EN 1991-1-3 tabell N/B1 i bilaga NB.

$$\psi_0 = 0,6$$

lastkombinationsfaktor, EN 1991-1-3 och tabell A1.1 i NA.

$$\mu = 0,8$$

$$C_e = 1,0 \text{ (normal topografi)}$$

$$C_t = 1,0 \text{ (normala förhållanden)}$$

$$S_k = 1,5 \text{ (snözon 1,5)}$$

$$S = \mu C_e C_t S_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Vapenlast:

Last mot väggar och tak

$$A_{kvapen} = 50 \text{ kN/m}^2 \quad \text{enligt SR.}$$

Last från väggar och tak

$$A_{kvapen} = 8,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{enligt SR.}$$

Uppåtriktad last mot golvplatta (grundtyp 2 enligt SR)

$$A_{kvapen} = 0,2 * 50 = 10 \text{ kN/m}^2 \quad \text{enligt SR.}$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Raslast:

A_{ras} = maximum av

$$q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} \text{ och}$$

$$q_n = 3,0 \cdot \sqrt{h_n^3} \text{ kN/m}^2 \quad \text{enligt SR.}$$

k = Raslastkoefficient . $k = 1,4$: enligt SR.

m = Egentyngd jämte nyttig last hos den del av byggnaden som ligger ovanför skyddsrummet dividerad med skyddsrummets yttre takarea (kN/m^2).

$$m = (g_{\text{kbj}} + \psi_0^* q_k + g_{\text{ktak}} + \psi_0^* S + g_{\text{kvägg}} = 7,25 + 0,7 \cdot 2,0 + 7,05 + 0,7 \cdot 1,2 + 5,0 = 21,5 \text{ kN/m}^2.$$

h_t = Vertikalt avstånd i meter mellan byggnadens tyngdpunkt och skyddsrummets överkant. Beräknas enligt SR. h_t antas till 3,0 m i detta beräkningsexempel.

h_n = Den största byggnadshöjden i meter hos befintlig eller planerad näraliggande byggnad. I detta beräkningsexempel förutsätts att inga intilliggande byggnader finns. Dvs. $h_n = 0$.

$$q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} = 1,4 \cdot 21,5 \cdot \sqrt{3,0} = 52,1 \text{ kN/m}^2.$$

Säkerhetsklass:

Säkerhetsklass 2 väljs för takplattan, säkerhetsklass 3 väljs för begränsningsväggarna och säkerhetsklass 1 väljs för golvplattan (säkerhetsklass definieras på samma sätt som enligt tidigare svenska regler, se EN 1990 bilaga NB).

Säkerhetsklass enligt eurokoder beaktas genom en reduktion av lastsidan och har som inverkan att dimensionerande last multipliceras med en faktor $\gamma_d = 1,0$ (=1,0/1,0) respektive 0,91 (=1,0/1,1) eller 0,83 (=1,0/1,2) för säkerhetsklass 1 respektive 2 eller 3.

1.2.2 Dimensionerande last takplatta

Brottgränstillstånd

Dimensionerande last är det största värdet enligt ekvation (6.10a) respektive (6.10b) i EN 1990. I den svenska tillämpningen tillkommer en partialkoefficient γ_d för säkerhetsklass (se A1.5.1).

Fredslastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.2 Lastkombination för varaktiga eller tillfälliga dimensioneringssituationer (huvudkombinationer).

Följande partialkoefficienter m.m. ingår vid bestämning av dimensionerande lastvärden:

$\gamma_G = 1,35$	(gamma) partialkoefficient för permanent last
$\gamma_Q = 1,5$	(gamma) partialkoefficient för variabel last
$\xi = 0,89$	(xsi) reduktionsfaktor för γ_G med värde enligt bilaga NA
$\gamma_d = 0,91$	(gamma) partialkoefficient för säkerhetsklass 2
$\psi_0 = 0,7$	(psi) lastkombinationsfaktor enligt tidigare

$$q_d = \gamma_d * (\gamma_G * g_k + \gamma_Q * \psi_0 * q_k)$$

enligt ekvation (6.10a) i EN 1990 (dominerande permanenta laster)

$$q_d = 0,91 * (1,35 * 8,50 + 1,5 * 0,7 * 2,0) = 12,4 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = \gamma_d * (\xi * \gamma_G * g_k + \gamma_Q * q_k)$$

enligt ekvation (6.10b) i EN 1990 (dominerande fria laster)

$$q_d = 0,91 * (0,89 * 1,35 * 8,50 + 1,5 * 2,0) = 12,00 \text{ kN/m}^2$$

Vilket av lastfallen 6.10a och 6.10b som är dimensionerande beror på förhållandet mellan permanenta och variabla laster. I aktuellt exempel är ekvation (6.10b) i EN 1990 dimensionerande, vilket innebär att $q_d = 12,40 \text{ kN/m}^2$.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Vapenlastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.3 Lastkombination för exceptionella dimensioneringssituationer. Detta gäller vid olyckslaster.

Enligt SR skall lastkombinationen bestå av en jämnt utbredd vapenlast enligt tabell 6:12a i SR samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med representativt värde. Vindlast behöver dock inte medräknas.

$$A_{dvapen} = A_{kvapen} = 50 \text{ kN/m}^2.$$

$$q_d = g_k + \psi_1 * q_k + A_{dvapen} \text{ enligt ekvation (6.11b) i EN 1990.}$$

där $g_k + \psi_1 * q_k$ är lastvärden från frekvent lastkombination enligt ”Dimensionerande lastvärden i bruksgränstillstånd” nedan vilket motsvarar ”representativt värde” enligt SR.

$$\psi_1 = 0,5 \quad (\text{psi}) \text{ lastkombinationsfaktor vid frekvent lastkombination}$$

Detta ger

$$q_d = 8,50 + 0,5 * 2,0 + 50,0 = 59,50 \text{ kN/m}^2$$

Raslastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.3 Lastkombination för exceptionella dimensioneringssituationer.

Enligt SR skall lastkombinationen bestå av en jämnt utbredd raslast $q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} = 52,10 \text{ kN/m}^2$ beräknad enligt avsnitt A1.3.1 enligt ovan samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med representativt värde. Vindlast behöver dock inte medräknas.

$$A_{dras} = A_{kras} = 52,10 \text{ kN/m}^2.$$

$$q_d = g_k + \psi_1 * q_k + A_{dras} \text{ enligt ekvation (6.11b) i EN 1990}$$

där $g_k + \psi_1 * q_k$ är lastvärden från frekvent lastkombination enligt ”Dimensionerande lastvärden i bruksgränstillstånd” nedan vilket motsvarar ”representativt värde” enligt SR. Se avsnitt 1.3.2.2.

$$\psi_1 = 0,5 \quad (\text{psi}) \text{ lastkombinationsfaktor vid frekvent lastkombination}$$

Detta ger dimensionerande raslast

$$q_d = 8,50 + 0,5 * 2,0 + 52,1 = 61,60 \text{ kN/m}^2$$

Bruksgränstillstånd

För dimensionering i bruksgränstillstånd definieras tre lastkombinationer i EN 1990, ekvation (6.14b), (6.15b) och (6.16b). I dessa ingår följande reduktionsfaktorer för variabel last, EN 1990 tabell A1.1 och bilaga NA:

$\psi_0 = 0,7$	faktor för kombinationsvärde för variabel last (permanent skada – irreversibelt gränstillstånd)
$\psi_1 = 0,5$	faktor för frekvent värde för variabel last (tillfällig skada – reversibla gränstillstånd)
$\psi_2 = 0,3$	faktor för kvasipermanent värde för variabel last (långtidslast – långtidseffekter och effekter rörande bärverkets utseende)

Reduktionsfaktorn används endast för nyttig last, inte för last av mellanväggar.

Karakteristisk lastkombination (last som överskrids med 2% sannolikhet under referensperioden):

$$q_{dkar} = g_k + q_k = 8,50 + 2,0 = 10,50 \text{ kN/m}^2.$$

enligt ekvation (6.14b) i EN 1990. Endast en karakteristisk fri last q_k finns. Om flera karakteristiska fria laster finns skall dessa multipliceras med faktorn ψ_0 .

Frekvent lastkombination (last som överskrids med 1% sannolikhet under referensperioden, motsvarar lastkombination 8 i BKR):

$$q_{dfrek} = g_k + \psi_1 * q_k = 8,50 + 0,5 * 2,0 = 9,50 \text{ kN/m}^2$$

enligt ekvation (6.15b) i EN 1990. Endast en karakteristisk fri last q_k finns. Om flera karakteristiska fria laster finns skall dessa multipliceras med faktorn ψ_2 .

Kvasipermanent lastkombination (last som överskrids med 50% sannolikhet under referensperioden, används för att definiera långtidslast som används för beräkning av krypdeformationer):

$$q_{lång} = g_k + \psi_2 * q_k = 8,50 + 0,3 * 2,0 = 9,10 \text{ kN/m}^2$$

enligt ekvation (6.16b) i EN 1990. Endast en karakteristisk fri last q_k finns. Om flera karakteristiska fria laster finns skall dessa multipliceras med faktorn ψ_2 .

Vidare beräkningar i bruksgränstillstånd utförs ej i detta exempel.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Sammanfattning last takplatta	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet	$q_d = 12,40 \text{ kN/m}^2$
Vapenlastfallet	$q_d = 59,50 \text{ kN/m}^2$
Raslastfallet	$q_d = 61,60 \text{ kN/m}^2$
Bruksgränstillstånd:	
Karakteristisk lastkombination	$q_d = 10,50 \text{ kN/m}^2$
Frekvent lastkombination	$q_d = 9,50 \text{ kN/m}^2$
Kvasipermanent lastkombination	$q_d = 9,10 \text{ kN/m}^2$

1.2.3 Dimensionerande last begränsningsvägg

Brottgränstillstånd

Dimensionerande last för begränsningsvägg:

- Vertikallast q_d från skyddsrummets takplatta (säkerhetsklass 3)
- Horisontell vindlast q_{vvind}
- Horisontell vapenlast A_{dvapen}

Vertikallast:

Linjelast $q = 0,5 \cdot B \cdot q_d$

Endast last på skyddsrumstaket medräknas då vapenlastfallet/raslastfallet i normalfallet är dimensionerande.

$B = 5,7 \text{ m}$

$B =$ skyddsrummets bredd

Fredslastfallet:

$\gamma_G = 1,35$

(gamma) partialkoefficient för permanent last

$\gamma_Q = 1,5$

(gamma) partialkoefficient för variabel last

$\xi = 0,89$

(xsi) reduktionsfaktor för γ_G med värde enligt bilaga NA

$\gamma_d = 1,0$

(gamma) partialkoefficient för säkerhetsklass 3

$\psi_0 = 0,7$

(psi) lastkombinationsfaktor enligt tidigare

$$q_d = \gamma_d \cdot (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot q_k)$$

enligt ekvation (6.10a) i EN 1990 (dominerande permanenta laster)

$$q_d = 1,0 \cdot (1,35 \cdot 8,50 + 1,5 \cdot 0,7 \cdot 2,0) = 13,60 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 0,5 \cdot 5,70 \cdot 13,6 = 38,8 \text{ kN/m}$$

Vapenlastfallet:

$$q_{d \text{ vapen}} = 59,5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{vapen}} = 0,5 \cdot 5,7 \cdot 59,5 = 169,6 \text{ kN/m}$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Raslastfallet:

$$q_d \text{ raslast} = 61,6 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{raslast}} = 0,5 * 5,7 * 61,6 = 175,6 \text{ kN/m}$$

Horisontallast:

Fredslastfallet:

$$q_{d \text{ vind}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{beräkning av vindlastvärde redovisas ej i denna beräkning})$$

Vapenlastfallet:

$$A_{d \text{ vapen}} = 50,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{enligt SR}$$

Bruksgränstillstånd

Dimensionerande last för begränsningsvägg:

- Vertikallast q_d från skyddsrummets takplatta (frekvent lastkombination)
- Horisontell vindlast $q_{d \text{ vind}}$

Vertikallast:

$$\text{Linjelast } q = 0,5 * B * q_d$$

$$B = 5,7 \text{ m} \quad (B = \text{skyddsrummets bredd})$$

Fredslastfallet:

$$q_d = 9,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (frekvent lastkombination)}$$

$$q_d = 0,5 * 5,70 * 9,50 = 27,1 \text{ kN/m}$$

Horisontallast:

Fredslastfallet:

$$q_{d \text{ vind}} = 0,75 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{beräkning av vindlastvärde redovisas ej i denna beräkning})$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Sammanfattning last begränsningsvägg	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet: vertikallast horisontallast	$q_d = 38,8 \text{ kN/m}$ $q_d = 0,75 \text{ kN/m}^2$
Vapenlastfallet: vertikallast horisontallast	Fall 1 $q_d = 169,6 \text{ kN/m}^2$ $q_d = 0 \text{ kN/m}^2$
vertikallast horisontallast	Fall 2 $q_d = 0 \text{ kN/m}^2$ $q_d = 50,0 \text{ kN/m}^2$
Raslastfallet: vertikallast horisontallast	$q_d = 175,6 \text{ kN/m}^2$ $q_d = 0 \text{ kN/m}^2$
Bruksgränstillstånd:	
vertikallast	$q_d = 27,1 \text{ kN/m}$
horisontallast	$q_d = 0,75 \text{ kN/m}^2$

1.2.4 Dimensionerande last golvplatta

Brottgränstillstånd

Dimensionerande last är det största värdet enligt ekvation (6.10a) respektive (6.10b) i EN 1990. I den svenska tillämpningen tillkommer en partialkoefficient γ_d för säkerhetsklass (se avsnitt 1.5.1).

Fredslastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.2 Lastkombination för varaktiga eller tillfälliga dimensioneringssituationer (huvudkombinationer).

Följande partialkoefficienter m.m. ingår vid bestämning av dimensionerande lastvärden:

$\gamma_G = 1,35$	partialkoefficient för permanent last
$\gamma_Q = 1,5$	partialkoefficient för variabel last
$\xi = 0,89$	reduktionsfaktor för γ_G med värde enligt bilaga NA
$\gamma_d = 0,83$	partialkoefficient för säkerhetsklass 1
$\psi_0 = 0,7$	lastkombinationsfaktor enligt tidigare
$q_d = \gamma_d * (\gamma_G * g_k + \gamma_Q * \psi_0 * q_k)$	
	enligt ekvation (6.10a) i EN 1990 (dominerande permanenta laster)

$$q_d = 0,83 * (1,35 * 5,70 + 1,5 * 0,7 * 2,0) = 8,13 \text{ kN/m}^2$$

$q_d = \gamma_d * (\xi * \gamma_G * g_k + \gamma_Q * q_k)$	
	enligt ekvation (6.10b) i EN 1990 (dominerande fria laster)

$$q_d = 0,83 * (0,89 * 1,35 * 5,70 + 1,5 * 2,0) = 8,17 \text{ kN/m}^2$$

Vilket av lastfallen 6.10a och 6.10b som är dimensionerande beror på förhållandet mellan permanenta och variabla laster. I aktuellt exempel är både ekvation (6.10a) och ekvation (6.10b) i EN 1990 dimensionerande, vilket innebär att $q_d = 8,17 \text{ kN/m}^2$.

Vapenlastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.3 Lastkombination för exceptionella dimensioneringssituationer. Detta gäller vid olyckslaster.

Enligt SR skall lastkombinationen bestå av en jämnt utbredd vapenlast enligt tabell 3:12a i SR samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med vanliga lastvärden. Vindlast behöver dock inte medräknas. Grundtyp 2 enligt SR ger

$$A_{dvapen} = -0,2 * A_{kvapen} = -0,2 * 50 = -10 \text{ kN/m}^2 \text{ (uppåtriktad last).}$$

Vapenlastfallets sugfas är ej dimensionerande då denna last tas upp via marktryck.

$$q_d = g_k + \psi_1 * q_k + A_{dvapen}$$

enligt ekvation (6.11b) i EN 1990.

där $g_k + \psi_1 * q_k$ är lastvärden från frekvent lastkombination enligt ”Dimensionerande lastvärden i bruksgränstillstånd” nedan vilket motsvarar ”vanliga lastvärden” enligt SR. Se avsnitt 1.3.2.2.

Detta ger

$$q_d = 6,00 + 0,5 * 2,0 - 10,0 = -3,0 \text{ kN/m}^2$$

Bruksgränstillstånd

Belastningar i fredslastfallet förutom krympkrafter är ej dimensionerande då dessa tas upp via marktryck.

Dimensionering med hänsyn till fredslaster utförs ej i detta beräknings-exempel.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Sammanfattning last golvplatta	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet	ej dimensionerande
Vapenlastfallet	$q_d = -3,0 \text{ kN/m}^2$
Raslastfallet	ej dimensionerande
Bruksgränstillstånd:	
	ej dimensionerande

1.3 Materialvärden

Betongkvalitet C25/30 (minimikrav enligt SR) och armering av typ B500C. Exponeringsklass XC1 (inomhus i uppvärmd lokal).

Karakteristiska värden och andra grundvärden:

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	tryckhållfasthet för betongen, EN 1992-1-1 tabell 3.1
$f_{ctk} = 1,8 \text{ MPa}$	motsvarande draghållfasthet, EN 1992-1-1 tabell 3.1
$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$	E-modul för betong, EN 1992-1-1 tabell 3.1
$\epsilon_{cu} = 3,5 \cdot 10^{-3}$	brottstukning för betong
$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	sträckgräns för armering
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	E-modul för armering

Dimensioneringsvärden vid fredslaster:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_C = 1,0 * 25 / 1,5 = 16,7 \text{ MPa} \quad \text{tryckhållfasthet för betong} \\ \text{(3.15 EN 1992-1-1)}$$

α_{cc} är koefficient som beaktar långtidseffekter på tryckhållfasthet och ogynnsamma effekter av det sätt på vilket lasten påförs.

γ_C är partialkoefficient för betong med värde = 1,5. Se 2.4.2.4 EN 1992-1-1.

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk} / \gamma_C = 1,0 * 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa} \quad \text{draghållfasthet för betong} \\ \text{(3.16 EN 1992-1-1)}$$

α_{ct} är koefficient som beaktar långtidseffekter på draghållfasthet och ogynnsamma effekter av det sätt på vilket lasten påförs.

Faktorerna α_{cc} och α_{ct} har rekommenderat värde 1,0 och samma värde enligt bilaga NA.

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa} \quad \text{flytgräns för armering} \\ \text{(3.16 EN 1992-1-1)}$$

γ_s är partialkoefficient för armering med värde = 1,15. Se 2.4.2.4 EN 1992-1-1.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Dimensioneringsvärden vid vapenlast och raslast:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_C = 1,0 * 25 / 1,2 = 20,8 \text{ MPa}$$
 tryckhållfasthet för betong, lika ovan

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk} / \gamma_C = 1,0 * 1,8 / 1,2 = 1,5 \text{ MPa}$$
 draghållfasthet för betong, lika ovan

$$f_{yd} = 0,9 * f_{yk} = 0,9 * 500 = 450 \text{ MPa}$$
 flytgräns för armering, se SR kapitel 6.22.

För geokonstruktioner gäller Eurokod 7-1. Det förutsätts att en markteknisk undersökning (MTU) utförts. Denna resulterar i att undergrunden hänförs till geoteknisk kategori 1 (GK1). Vid dimensionering i geoteknisk klass GK1 sätts det dimensionerande grundtrycksvärde $f_d = 100 \text{ kPa}$.

Sammanfattning materialvärden	
Fredslastfallet:	
f_{cd} tryckhållfasthet för betong	16,7 MPa
f_{ctd} draghållfasthet för betong	1,2 MPa
f_{yd} draghållfasthet för armering	435 MPa
Vapenlastfallet/raslastfallet:	
f_{cd} tryckhållfasthet för betong	20,8 MPa
f_{ctd} draghållfasthet för betong	1,5 MPa
f_{yd} draghållfasthet för armering	450 MPa

1.4 Täckande betongskikt och effektiv höjd

Värden på täckande betongskikt c anges i avsnitt 4.4 i EN 1992-1-1. Samtliga värden är nationellt valbara, och nedan ges värden enligt NA.

$c_{\min, \text{dur}} = 10 \text{ mm}$ m.h.t. beständighet
 $c_{\min, \text{b}} = \phi$ m.h.t. vidhäftning och förankring, $\phi =$ stångdiameter
 $\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm}$ tillägg för avvikelser

Takplatta:

Följande armeringsdimensioner antas:

Huvudarmering i takplatta $\phi 16 \text{ mm}$. Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

$$c_{\text{huv}} = \max(\phi_{\text{huv}}, c_{\min, \text{dur}}) + \Delta c_{\text{dev}} = 16 + 10 = 26 \text{ mm}$$

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 300 - 26 - 16/2 = 266 \text{ mm.}$$

Sekundärarmering i takplatta $\phi 10 \text{ mm}$. Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

$$c_{\text{huv}} = \max(\phi_{\text{huv}}, c_{\min, \text{dur}}) + \Delta c_{\text{dev}} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 300 - 20 - 10/2 = 275 \text{ mm.}$$

Begränsningsvägg:

Huvudarmering i begränsningsväggar $\phi 10 \text{ mm}$. Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

$$c_{\text{huv}} = \max(\phi_{\text{huv}}, c_{\min, \text{dur}}) + \Delta c_{\text{dev}} = 10 + 10 = 20 \text{ mm}$$

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 350 - 20 - 10/2 = 325 \text{ mm.}$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Golvplatta:

Huvudarmering i golvplatta $\phi 12$ mm. Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

$$c_{\text{huv}} = \max(\phi_{\text{huv}}, c_{\text{min,dur}}) + \Delta c_{\text{dev}} = 12 + 10 = 22 \text{ mm.}$$

I underkant platta väljs $c_{\text{huv}} = 50$ mm.

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 200 - 22 - 12/2 = 172 \text{ mm i överkant platta.}$$

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 200 - 50 - 12/2 = 144 \text{ mm i underkant platta.}$$

Grundsula:

Huvudarmering tvärs grundsula $\phi 10$ mm. Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

I underkant platta väljs $c_{\text{huv}} = 50$ mm.

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 300 - 50 - 10/2 = 245 \text{ mm i underkant platta.}$$

Sammanfattning täckande betongskikt, effektiv höjd				
Byggnadsdel	Ök/utsida	Eff höjd d	Uk/insida	Eff höjd d
Takplatta $\phi 16$	26 mm	266 mm	26 mm	266 mm
Takplatta $\phi 10$	20 mm	275 mm	20 mm	275 mm
Begränsningsvägg	20 mm	325 mm	20 mm	325 mm
Golvplatta	22 mm	172 mm	50 mm	144 mm
Grundsula	-	-	50 mm	245 mm

2. Snittkrafter

2.1 Takplatta

Brottgränstillstånd

Följande lastvärden används

$$g_d = 8,50 \text{ kN/ m}^2 \quad \text{enbart permanent last}$$

$$q_d = 12,40 \text{ kN/ m}^2 \quad \text{för fredslastfall}$$

$$q_d = 61,60 \text{ kN/ m}^2 \quad \text{största värde av vapenlastfall och raslastfall}$$

Takplattan räknas som en enkelspänd platta utan inspänning i begränsningsväggarna. Randeffekter från upplag i skyddsrummets kortsidor beaktas inte. Spännvidd för takplattan blir = 5,00 + 0,35 = 5,35 m. (Upplag på halva vägg tjockleken).

Detta ger maximalt fältmoment:

$$M_f = \frac{q_d * l^2}{8} = \frac{12,40 * 5,35^2}{8} = 44,4 \text{ kNm/m} \quad \text{för fredslastfallet}$$

$$M_f = \frac{q_d * l^2}{8} = \frac{61,60 * 5,35^2}{8} = 220,4 \text{ kNm/m} \quad \text{för vapenlastfallet/raslastfallet}$$

Sammanfattning fältmoment takplatta	
Fredslastfallet	44,4 kNm/m
Vapenlastfallet/raslastfallet	220,4 kNm/m

2.2 Begränsningsvägg

Brottgränstillstånd

Följande lastvärden används

$q_d = 38,8 \text{ kN/m}$	vertikal fredslastfall
$q_{d\text{vind}} = 0,75 \text{ kN/m}^2$	horisontell fredslastfall
$q_d = 169,6 \text{ kN/m}^2$	vertikal vapenlastfall
$q_d = 175,6 \text{ kN/m}^2$	vertikal raslastfall
$A_{d\text{vapen}} = 50,0 \text{ kN/m}^2$	horisontell vapenlastfall

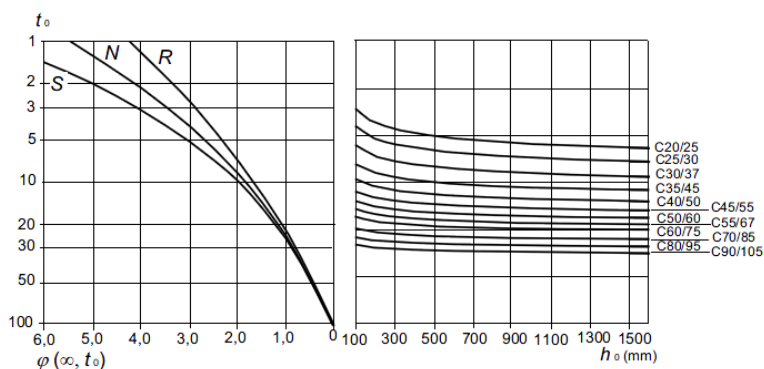
Begränsningsväggen räknas som fritt upplag mot golvplatta respektive mot takplatta, dvs inga inspänningsmoment förutsätts.

Kryptal:

Kryptal beräknas enligt avsnitt 3.1.4 i EN 1992-1-1. Väggen befinner sig inom hus med $RH < 80\%$.

Vägg tjocklek $h_0 = 0,35 \text{ m}$

Betong C25/30 klass S. Pålastning tidigast efter 1 månad (720 timmar gammal) ger enligt figur 3.1 i EN 1992



b) utomhusförhållanden – RH = 80%

Figur 3.1 – Metod för att bestämma kryptalet, $\varphi(\infty, t_0)$, för betong under normala miljöbetingelser

Kryptal $\varphi_{ef} = 2,8$

Knäcklängd och slankhetstal:

Knäcklängd $l_0 = 2,5 \text{ m}$

Fritt avstånd mellan upplag enligt Eulerknäckfall 1

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (5.14 \text{ EN } 1992)$$

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} \text{ för rektangulärt tvärsnitt}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{h/\sqrt{12}} = \frac{2,5}{0,35/\sqrt{12}} = 2,06 \text{ m}$$

Geometrisk imperfektion:

Som geometrisk imperfektion för en enstaka pelare kan man använda en excentricitet enligt 5.2 EN 1992, alternativ a2.

$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = \frac{l_0}{300} = \frac{2,5}{300} = 0,0083 \text{ m}$$

Detta ger

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,0083 \cdot N$$

Första ordningens moment:

Brottgränstillstånd:

Fredslastfallet:

Moment på grund av vindlast

$$M_v = q_v \cdot l_0^2 / 8 = 0,75 \cdot 2,5^2 / 8 = 0,6 \text{ kNm}$$

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,0083 \cdot 38,8 = 0,3 \text{ kNm}$$

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ kNm}$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Vapenlastfallet:

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,0083 \cdot 38,8 = 0,3 \text{ kNm} \quad \text{vapenlastfall 2 enligt 1.2.3}$$

dimensionerande

$$M_v = q_v \cdot l_0^2 / 8 = 50,0 \cdot 2,5^2 / 8 = 39,1 \text{ kNm}$$

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0,3 + 39,1 = 39,4 \text{ kNm}$$

Raslastfallet:

$$M_{0Ed} = 0,0083 \cdot 175,6 = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$$M_v = 0 \text{ kNm}$$

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 1,5 + 0 = 1,5 \text{ kNm}$$

Bruksgränstillstånd

Moment på grund av vindlast

$$M_v = q_v \cdot l_0^2 / 8 = 0,75 \cdot 2,5^2 / 8 = 0,6 \text{ kNm}$$

Moment på grund av normallast

$$M_{0Ed} = 0,0083 \cdot 27,1 = 0,2 \text{ kNm}$$

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0,2 + 0,6 = 0,8 \text{ kNm}$$

Sammanfattning moment begränsningsvägg	
Fredslastfallet brottgränstillstånd	0,9 kNm/m
Fredslastfallet, bruksgränstillstånd	0,8 kNm/m
Vapenlastfallet, brottgränstillstånd	39,4 kNm/m
Raslastfallet, brottgränstillstånd	1,5 kNm/m

2.3 Golvplatta

Brottgränstillstånd

Följande lastvärden används

$$g_d = 6,00 \text{ kN/ m}^2 \quad \text{enbart permanent last}$$

$$q_d = 8,17 \text{ kN/ m}^2 \quad \text{för fredslastfall}$$

$$q_d = -3,00 \text{ kN/ m}^2 \quad \text{för vapenlastfall}$$

Golvplattan räknas som en enkelspänd platta utan inspanning i begränsningsväggarna. Randeffekter från upplag i skyddsrummets kortsidor beaktas inte. Spännvidd för takplattan blir $= 5,00 + 0,35 = 5,35 \text{ m}$.

Detta ger maximalt fältmoment:

Belastningar i fredslastfallet är ej dimensionerande då denna last tas upp via marktryck.

Maximalt fältmoment i vapenlastfallet blir

$$M_f = \frac{q_d * l^2}{8} = \frac{-3,00 * 5,35^2}{8} = -10,7 \text{ kNm/m}$$

Sammanfattning moment golvplatta	
Fredslastfallet brottgränstillstånd	Ej dimensionerande
Fredslastfallet bruksgränstillstånd	Ej dimensionerande, eventuell krymparmering behandlas ej här
Vapenlastfallet, brottgränstillstånd	-10,7 kNm/m

2.4 Grundsula

Brottgränstillstånd

Lastnedräkning:

Fredslastfallet:

Byggnadsdel	Linjelast kN/m
Takplatta skyddsrum	38,8
Egenvikt vägg $2,5*0,35*25 =$	21,9
Egenvikt väggbeklädnad =	1,0
Egenvikt grundsula $0,3*1,0*25 =$	7,5
	<hr/>
	69,2

Vapenlastfallet:

Byggnadsdel	Linjelast kN/m
Takplatta skyddsrum	169,6
Egenvikt vägg $2,5*0,35*25 =$	21,9
Egenvikt väggbeklädnad =	1,0
Egenvikt grundsula $0,3*1,0*25 =$	7,5
	<hr/>
	200,0

Raslastfallet:

Byggnadsdel	Linjelast kN/m
Takplatta skyddsrum	175,6
Egenvikt vägg $2,5*0,35*25 =$	21,9
Egenvikt väggbeklädnad =	1,0
Egenvikt grundsula $0,3*1,0*25 =$	7,5
	<hr/>
	206,0

Raslastfallet blir dimensionerande.

Moment i grundsula.

Fredslastfall:

$$N_d = 69,2kN$$

$$f_d = \text{max markpåköning} = 100kPa$$

Sulbredd

$$B = \frac{N_d}{f_d} = \frac{69,2}{100} \geq 0,70m$$

Vapenlastfallet:

$$N_d = 185,4kN$$

$$f_d = \text{max markpåköning} = 100kPa$$

Sulbredd

$$B = \frac{N_d}{2 \cdot f_d} = \frac{200,0}{2 \cdot 100} \geq 1,00m$$

Raslastfallet:

$$N_d = 191,7kN$$

$$f_d = \text{max markpåköning} = 100kPa$$

Sulbredd

$$B = \frac{N_d}{2 \cdot f_d} = \frac{206,0}{2 \cdot 100} \geq 1,03m$$

Sulbredd = 1,1 m väljes.

Moment i grundsula

$$M_{ed} = \frac{f_d \cdot \left(\frac{B - 0,35}{2}\right)^2}{2} = \frac{100 \cdot \left(\frac{1,10 - 0,35}{2}\right)^2}{2} = 26,3kNm / m$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Sammanfattning moment grundsula	
Fredslastfallet brottgränstillstånd	Ej dimensionerande
Fredslastfallet bruksgränstillstånd	Ej dimensionerande, eventuell krymp- armering behandlas ej här
Vapenlastfallet, brottgränstillstånd	26,3 kNm/m

3. Dimensionering

3.1 Takplatta

Fredslastfall:

Beräkning av erforderlig armering

Dimensionerande fältmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$.	$\frac{M_{Ed,f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} = \frac{0,0444}{1,0 * 0,266^2 * 1,0 * 16,7}$	0,0376
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,0376}$	0,038
Erforderlig armeringsarea, m ² /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2) f_{yd}} = \frac{0,0444}{0,266(1 - 0,038/2) 435}$	0,000391
Armering $\phi 16$		s 514

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Vapenlastfall/Raslastfall:

Beräkning av erforderlig armering

Dimensionerande fältmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$.	$\frac{M_{Ed,f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,2204}{1,0 * 0,266^2 * 1,0 * 20,8}$	0,150
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,150}$	0,163
Erforderlig armeringsarea, m ² /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2) f_{yd}} =$ $\frac{0,2204}{0,266(1 - 0,163/2) 450}$	0,0020
Armering ϕ 16	Största avstånd mellan parallella stänger är 200 mm enligt SR	s 100

I längsled takplatta kan minimiarmering enligt SR väljas. Minimiarmeringen skall vara minst 0,14% av tvärsnittsarean per sida på plattan.

$$\text{Detta ger en minimiarmering} = \frac{0,14 * 1,0 * 0,275}{100} = 0,000385 \text{ m}^2/\text{m}.$$

Armering ϕ 12 mm ger centrumavstånd $s = 293$ mm. Armering ϕ 10 mm ger centrumavstånd $s = 203$ mm. Maximalt centrumavstånd på armeringen enligt SR är 200 mm. Detta ger att armering ϕ 12 mm s 200 mm alternativt ϕ 10 mm s 200 mm.

Lämplig armering i underkant platta blir ϕ 16s100 mm i den korta riktningen och ϕ 10s200 i den långa riktningen. I överkant platta väljs lämpligen # ϕ 10s200 mm.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

Sammanfattning armering takplatta	
Armering i överkant platta	# ϕ 10s200 mm
Armering i underkant platta: korta riktningen långa riktningen	ϕ 16s100 mm ϕ 10s200 mm

3.2 Begränsningsvägg

Minimiarmering i begränsningsväggen är enligt SR

$$\rho = 0,14\%$$

Effektiv höjd $d=325$ mm, detta ger

$$A_s = \rho \cdot A_c = \frac{0,14 \cdot 1,0 \cdot 0,325}{100} = 0,000455 \text{ m}^2/\text{m}$$

vilket motsvarar $\phi 10s172$. Minsta diameter är 10 mm och minsta centrumavstånd är 200 mm enligt SR.

Detta ger armering # $\phi 10s172$ i bägge kanter.

$$\text{Total armeringsarea/m} = 0,000455 \cdot 2 = 0,00091 \text{ m}^2$$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2)f_{yd}} = 0,00091 \text{ m}^2$$

Tvårsnittets bärförmåga:

Följande lastkombinationer kontrolleras.

- Horisontell vapenlast på vägg och samtidig vertikal fredslast i överkant vägg.
- Vertikal vapenlast på i överkant vägg och samtidig horisontell fredslast på vägg.
- Vertikal raslast på i överkant vägg och samtidig horisontell fredslast på vägg.

Vid vapenlastfall behöver inte vapenlast på takplatta och vägg antas verka samtidigt.

Tvårsnittets bärförmåga:

Enligt Eurokod (5.8.3.1 (1)) är

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}}$$

$$A = (1 + 0,2 \cdot \varphi_{ef})^{-1} = (1 + 0,2 \cdot 2,8)^{-1} = 0,64$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

$$B = \sqrt{1 - 2 \cdot \omega} = \sqrt{1 - 2 \cdot 0,30} = 0,63$$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - 1,0 = 0,7$$

n = 4 (antal väggar)

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot 0,64 \cdot 0,63 \cdot 0,7}{\sqrt{4}} = 2,82 > 2,06$$

Dvs andra ordningens moment kan försummas. Om $\lambda > 2,82$ m måste beräkning av 2:a ordningens moment utföras.

- **Horisontell vapenlast på vägg och samtidig vertikal fredslast i överkant vägg.**

Armering på grund av enbart vapenlast på vägg

Dimensionerande moment, kNm/m	M_{Ed}	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$.	$\frac{M_{Ed, f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0394}{1,0 * 0,325^2 * 1,0 * 20,8}$	0,0179
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,0184}$	0,0181
Erforderlig armeringsarea, m ² /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2) f_{yd}} =$ $\frac{0,0394}{0,325(1 - 0,0181/2) 450}$	0,000272
Armering ϕ 10	Största avstånd mellan parallella stänger är 200 mm enligt SR	s 288

Minimiarmering # ϕ 10s172 ger mekaniskt armeringsinnehåll

$$\omega = 2\left(1 - \frac{M_{ed}}{d \cdot f_{yd} \cdot A_s}\right) = 2\left(1 - \frac{0,0394}{0,325 \cdot 450 \cdot 0,00091}\right) = 1,41$$

Dimensioneringslösning för skyddsrum

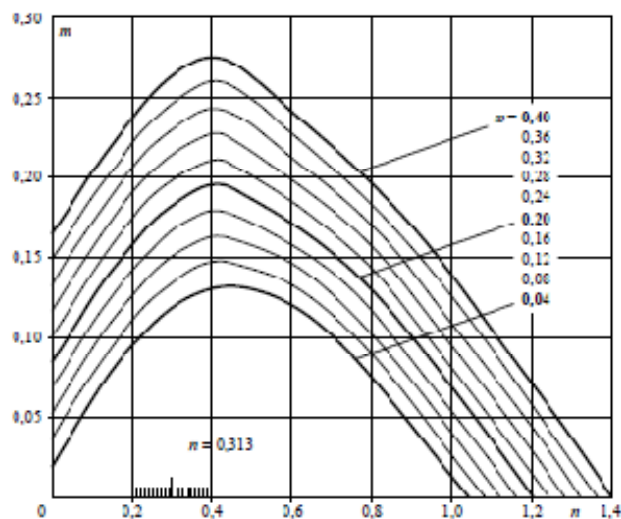
Relativa normalkraften i brottgränstillstånd är

$$n = \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,0388}{0,35 \cdot 20,8} = 0,005$$

Relativa momentet i brottgränstillstånd är

$$m = \frac{M_{ed}}{h \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,0394}{0,325 \cdot 0,35 \cdot 20,8} = 0,0167$$

Interaktionsdiagram enligt nedan ger med $n = 0,005$ och $m = 0,0167$



$$\omega \geq \text{ca } 0,40$$

Aktuellt $\omega = 1,41$ vilket ger att minimiarmeringen räcker.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

- **Vertikal vapenlast i överkant vägg och samtidig horisontell fredslast på vägg.**

Moment på grund av horisontell last är $< 1,5$ kNm/m. Minimiarmering räcker.

Armering # $\phi 10s172$ ger mekaniskt armeringsinnehåll

$$\omega = 2\left(1 - \frac{M_{ed}}{d \cdot f_{yd} \cdot A_s}\right) = 2\left(1 - \frac{0,0015}{0,325 \cdot 450 \cdot 0,00091}\right) = 1,98$$

Relativa normalkraften i brottgränstillstånd är

$$n = \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,1696}{0,35 \cdot 20,8} = 0,023$$

Relativa momentet i brottgränstillstånd är

$$m = \frac{M_{ed}}{h \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,0015}{0,325 \cdot 0,35 \cdot 20,8} = 0,0006$$

Interaktionsdiagram enligt ovan ger med $n = 0,023$ och $m = 0,0006$

$$\omega \geq \text{ca } 0,001$$

Aktuellt $\omega = 1,98$ vilket ger att minimiarmeringen räcker.

Dimensioneringslösning för skyddsrum

- **Vertikal raslast i överkant vägg och samtidig horisontell fredslast på vägg.**

Moment på grund av horisontell last är $< 1,5$ kNm/m. Minimiarmering räcker.

Armering # $\phi 10s172$ ger mekaniskt armeringsinnehåll

$$\omega = 2\left(1 - \frac{M_{ed}}{d \cdot f_{yd} \cdot A_s}\right) = 2\left(1 - \frac{0,0015}{0,325 \cdot 450 \cdot 0,00091}\right) = 1,98$$

Relativa normalkraften i brottgränstillstånd är

$$n = \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,1756}{0,35 \cdot 20,8} = 0,024$$

Relativa momentet i brottgränstillstånd är

$$m = \frac{M_{ed}}{h \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,0015}{0,325 \cdot 0,35 \cdot 20,8} = 0,0006$$

Interaktionsdiagram enligt ovan ger med $n = 0,024$ och $m = 0,0006$

$$\omega \geq \text{ca } 0,001$$

Aktuellt $\omega = 1,98$ vilket ger att minimiarmeringen räcker.

Begränsningsvägg 350 mm med armering # $\phi 10s172$ i bägge kanter är tillräcklig för att motstå aktuella belastningar. Armering # $\phi 10s170$ i bägge kanter väljes.

Sammanfattning armering begränsningsvägg	
Armering i bägge kanter	# $\phi 10s170$ mm

Dimensioneringslösning för skyddsrum

3.3 Golvplatta

Fredslastfall:

-

Vapenlastfall:

Dimensionerande fältmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$.	$\frac{M_{Ed, f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0107}{1,0 * 0,172^2 * 1,0 * 20,8}$	0,017
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,017}$	0,017
Erforderlig armeringsarea, m ² /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2) f_{yd}} =$ $\frac{0,0107}{0,172(1 - 0,017/2) 450}$	0,00014
Armering $\phi 10$	Största avstånd mellan parallella stänger är 200 mm enligt SR	s 560

Minimiarmeringen skall vara minst 0,14% av tvärsnittsarean per sida på plattan.

Detta ger en minimiarmering = $\frac{0,14 * 1,0 * 0,172}{100} = 0,00024 \text{ m}^2/\text{m}$ vilket är större än beräknad armering och mindre än # $\phi 10$ s200.

Armering # $\phi 10$ s200 i ök och uk väljes.

Sammanfattning armeringgolvsplatta	
Armering i bägge kanter	# $\phi 10$ s200 mm

Dimensioneringslösning för skyddsrum

3.4 Grundsula

Dimensionerande moment, kNm/m	M_{Ed}	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$.	$\frac{M_{Ed,f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0263}{1,0 * 0,245^2 * 1,0 * 20,8}$	0,0211
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,0211}$	0,0213
Erforderlig armeringsarea, m ² /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2) f_{yd}} =$ $\frac{0,0263}{0,245 \cdot (1 - 0,0213/2) \cdot 450}$	0,000241
Armering $\phi 10$	Största avstånd mellan parallella stänger är 200 mm enligt SR	s 325

Beräknad armering är mindre än minimiarmering enligt SR.
Armering $\phi 10$ s200 väljs.

Sammanfattning armering grundsula	
Armering i underkant sula	# $\phi 10$ s200 mm

4. Sammanfattning

Sammanfattning beräkningsresultat				
Byggnadsdel	Dimension	Täckande betongskikt	Armering i tvärriktning	Armering i längsriktning
Takplatta: underkant överkant	300 mm	26 mm 26 mm	φ16s100 φ10s200	φ10s200 φ10s200
Begränsningsvägg: insida utsida	350 mm	325 mm 325 mm	φ10s170 φ10s170	φ10s170 φ10s170
Golvplatta: underkant överkant	200 mm	22 mm 50 mm	φ10s200 φ10s200	φ10s200 φ10s200
Grundsula: underkant överkant	300x1100 mm	50 mm -	φ10s200 -	φ10s200 -