



NOTAT

Til: Seksjon Investering og fornying
v/Gunleik Hoffman

Oppdrag:	Dimensjonering av tørrmur		
Oppdragsgiver:	Trøndelag fylkeskommune	Dato:	
Planfase:	Bygging, gang-og sykkelveg	Geot. kategori:	2
Kommune:	Høylandet	Vegnr:	Fv 17
UTM 33 ref:		Dokumentnr.:	GEOT-N01
Utarbeidet av:	Olga Lepkovski,	Sign.:	
Kontrollert av:	Robert Bjørklund	Sign.:	
		Oppdragsnr: 96-20	
		Ant. vedlegg: 5	

Fv17 Litjtyldum-Skarland bru. Dimensjonering av tørrmurer.

BAKGRUNN OG BESKRIVELSE AV OPPDRAG

Etter oppdrag fra Seksjon Investering og fornying i Trøndelag fylkeskommune har Team Geofag foretatt dimensjonering av tørrmurer som støttekonstruksjon på oppsiden av ny gang-og sykkelveg ved Fv17. Oversiktskart og plassering av murene er beskrevet i rapport Vd1470A-GEOT-R3 fra SVV. Murene skal dimensjoneres på nytt grunnet endringer i byggeplanen.

Det er planlagt 2 murer i områder med ulikt grunnforhold. Murene vil plasseres på oppsiden av gang-og sykkelveg som støttekonstruksjon for skråningen.

I rapporten Vd1470-GEOT-R3 er det anbefalt forsiktig utgraving ved etablering av murene, slik at skråningshelninger i byggegropen ikke overstiger 1:1,5 for muren i sør og 1:2 for muren i nord.

Det er ønskelig å redusere omfang av utgravinger grunnet blant annet nærhet til bolighus i tiltaksområdet. Prosjektet har bedt om å foreta vurderinger om grunnens materialegenskaper tillater brattere graveskråninger enn det er beskrevet i rapporten.

DIMENSJONERING AV TØRRMURER

Natursteinmurere er dimensjonert ved hjelp av beregningsprogrammet «Tørrmur» versjon 19.01 utarbeidet av Profinova AS v/ Nils Magnar Helle, iht. håndbok V220. Beregningene er vist i bilag 4 og 5.

Trøndelag fylkeskommune. Seksjon Vegfag

I samsvar med håndbok N200 kap.52 skal grunnen under og bak muren frostisoleret til frostfri dybde. Beregnet frostdybde i området er 2,8 m, se beregning i bilag 1. Det skal enten foretas masseutskifting med velgradert stein/grus/pukk til frostfri dybde eller isoleres rundt muren med XPS-plater. Beregnet minimum tykkelse for XPS-plater er 13 cm, se bilag 1. Prinsippskisse for tørrmur frostisolert med XPS-plater er presentert i bilag 2 for mur i sør og i bilag 3 for mur i nord.

Ved isolasjon med XPS-plater skal det legges et nedre frostsikringslag, med tykkelse på min. 30 cm. Frostsikringsmassene i kontakt med isolasjonsplatene skal være velgradert, og ha en øvre siktestørrelse på 32 mm eller mindre.

Murene skal bygges opp av stein med god kvalitet, og de må tåle håndtering under opplasting, transport og muring.

Drensrør legges inn i de tilførte pukkmassene, som vist på tegning i bilag 2 og 3.

Murene skal bygges opp med dimensjoner som er oppgitt i tabell ved prinsippskisse i bilag 2 og 3. Bunn- og toppstein bør fortrinnsvis være slik at full bredde blir dekket av stein.

Muren skal mures i forband i lengderetningen, og hvis tilgjengelige murblokker ikke er store nok til å dekke murens bredde, skal muren også bygges med forband i tverretning. Muren må bygges slik at murblokkene ligger støtt i muren uten buler og ujevnheter.

Oversikt over materialparametere brukt for dimensjonering er vist i tabell 1. Disse er valgt på bakgrunn av resultater av grunnundersøkelser presentert i SVV sin rapport Vd1470A-GEOT-R03 samt erfaringsverdier fra Hb V220.

Tabell 1 Materialparametere for dimensjonering av tørrmurer.

Mur i sør, 2,6 m			
Masser	γ (kN/m ³)	φ (°)	a (kN/m ²)
Stedlige masser i bakkant mur Silt	18	31	2
Undergrunn Leire	20	30	15
Massene i frostsikringslaget Pukk	19	38	0

Mur i nord, 1,8 m			
Masser	γ (kN/m ³)	φ (°)	a (kN/m ²)
Stedlige masser i bakkant mur Leire	20	31	15
Undergrunn Leire	20	31	15
Massene i frostsikringslaget Pukk	19	38	0

VURDERING FOR BRATTERE GRAVESKRÅNING.

Mur i sør.

Stabilitetsberegningen for anleggsfasen ved etablering av mur i sør er utført med GeoSuite Stabilitet. Vurderingene ble gjort for graveskråning med helning 1:1,5 og maks høyde 3 m.

Det ble benyttet en jevnt fordelt anleggslast på 10 kPa for hele vegbredden til traktorvei med partialfaktor $\gamma_m=1,3$.

Grunnvannstand er antatt hydrostatisk, 3 m under terrengoverflaten, henviser til rapport Vd1470A-GEOT-R03.

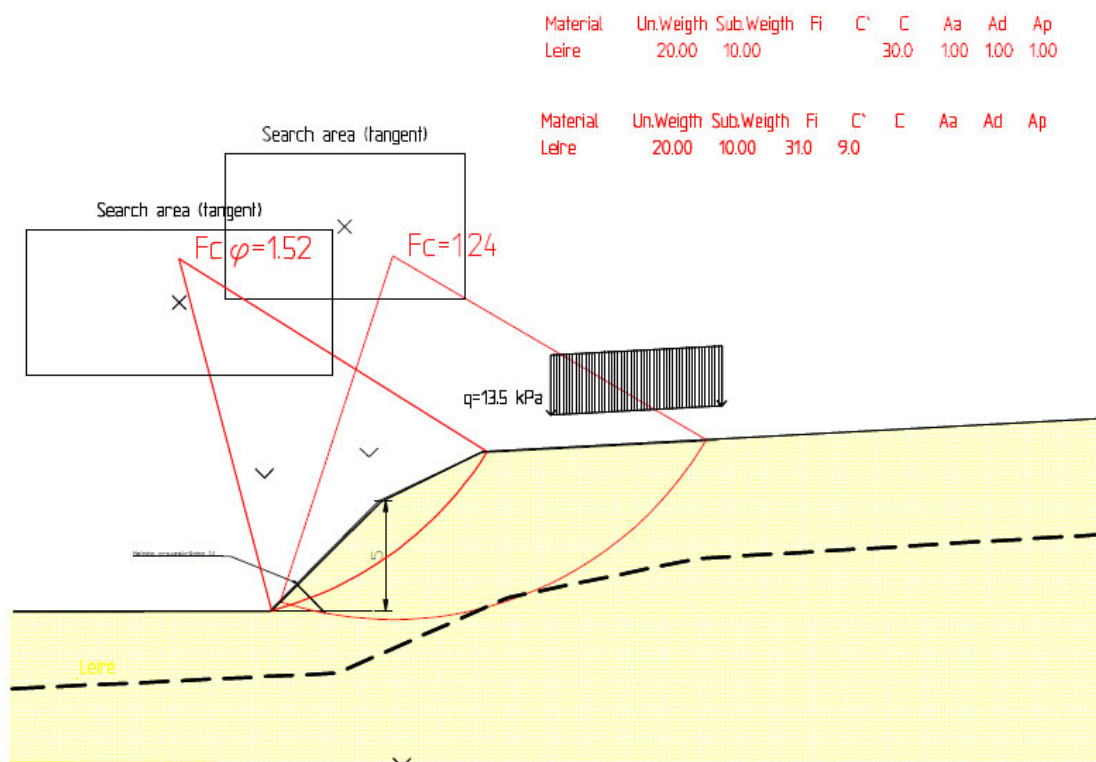
For beregningene ble det brukt materialparametere fra rapporten Vd1470A-GEOT-R03 basert på erfaringsverdier og resultater av laboratorieundersøkelser. Disse er presentert i tabellen under.

Lag	Densitet, γ (kN/m ³)	Udrenert skjærstyrke C_u (kPa)	Attraksjon, a (kPa)	Friksjonsvinkel, φ (°)	Merknad
Silt	19	-	2	31	Erfaringsparametere
Leire	20		15	30	Laboratorieundersøkelser
		30			

Ved stabilitetsberegninger ble det oppnådd materialfaktorer, $\gamma_m=1,2$ ($a\varphi$ -analyse), $\gamma_m=2,07$ (C_u -analyse), slik det er vist i tegningen:

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Silt	18.00	8.00	31.0	1.2				
Leire	20.00	10.00	30.0	8.6				

Ved stabilitetsberegninger ble det oppnådd materialfaktorer, $\gamma_m=1,52$ ($\alpha\phi$ -analyse), $\gamma_m=1,24$ (C_u -analyse), slik det er vist i tegningen:



Konklusjon for graveskråning 1:1 med maks høyde 5 m, med huset på toppen av skråningen: OK.

VEDLEGGSOVERSIKT

Bilag 1:	Dimensjonering av frostsikringslaget
Bilag 2:	Prinsippskisse, mur i sør
Bilag 3:	Prinsippskisse, mur i nord
Bilag 4:	Beregninger mur i sør
Bilag 5:	Beregninger mur i nord

REFERANSER

Standard Norge (2016): NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler

Standard Norge (2008): NS-EN 1997-2:2007+NA:2008: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

Statens vegvesen (2018): Håndbok N200 Vegbygging

Statens vegvesen (2010): Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging

Statens vegvesen: www.vegvesen.no/kart/visning/frostsonekart

Statens vegvesen: www.vegvesen.no/kart/visning/arsmiddeltemperatur

Statens vegvesen: www.vegvesen.no/nvdb/vegkart

Statens vegvesen (2020): Geoteknisk rapport for byggeplan. Vd1470A-GEOT-R03 Fv Høylandet GS-veg.

Dimensjonering av frostsikringslaget.

Beregning er utført i hht håndbok N200 kap. 521-522.

Følgende parametere er brukt som grunnlag for dimensjonering:

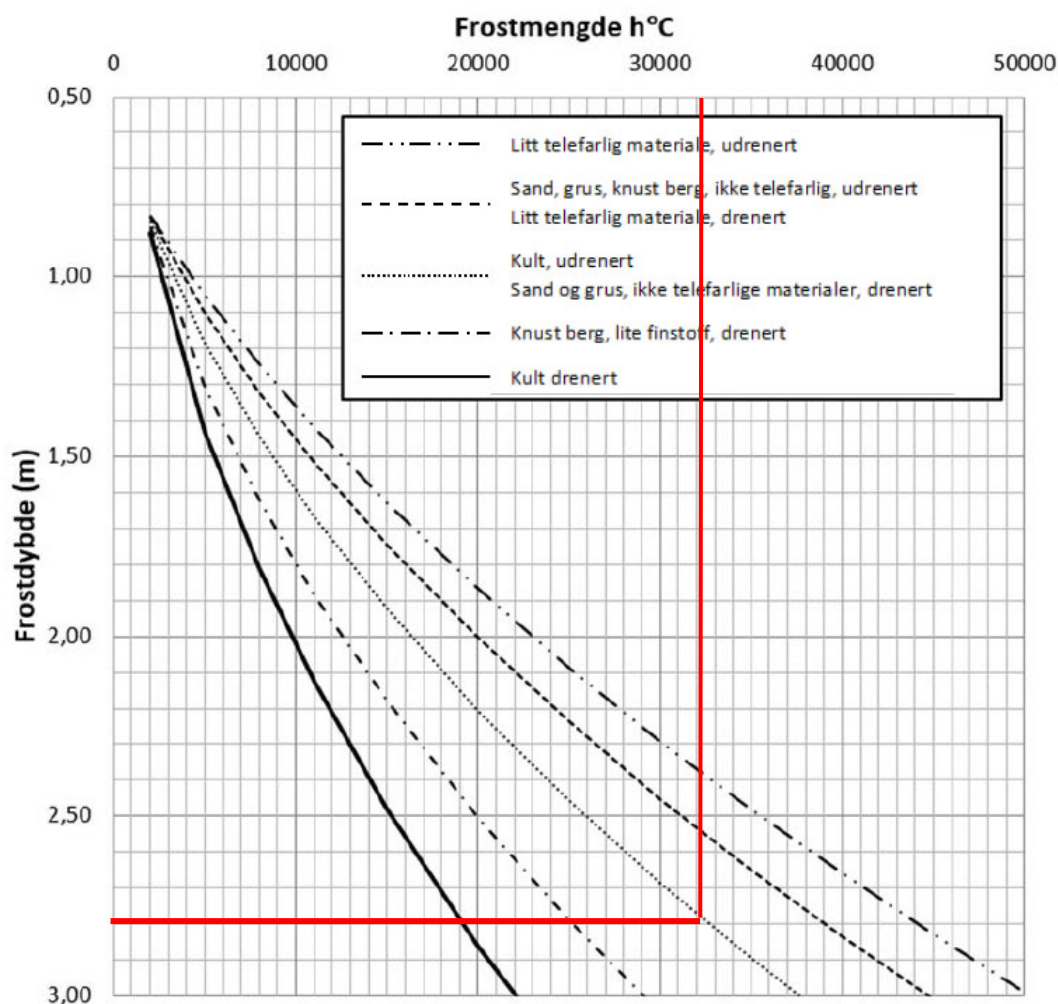
Frostmengde $F_{100}=32136 \text{ h}^{\circ}\text{C}$ (www.vegvesen.no/kart/visning/frostsonekart)

Årsmiddeltemperatur for strekningen er $4,0^{\circ}\text{C}$

(www.vegvesen.no/kart/visning/arsmiddeltemperatur)

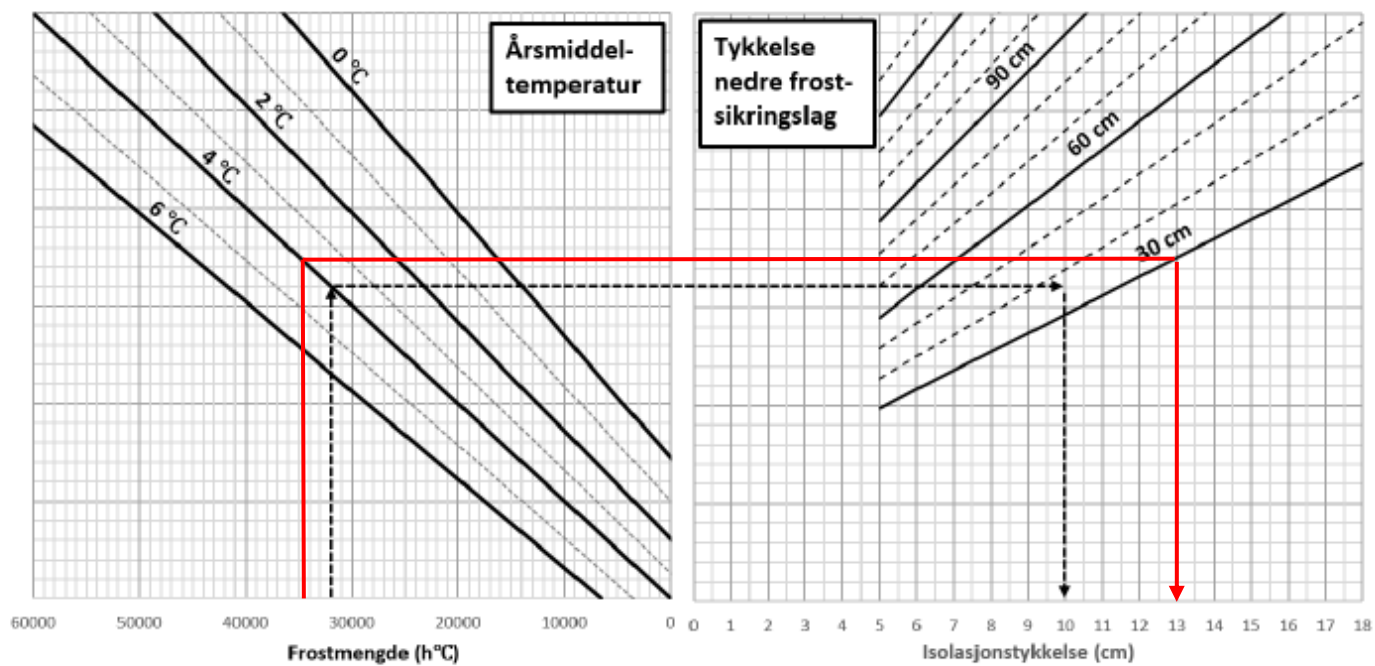
Materiale for frostsikringslag: «sand og grus, ikke telefarlig materiale, drenert» i Figur 521.1 i håndbok N200.

Dimensjonerende frostdybde er bestemt til å være **2,8 m** (frostdybde fra Figur 521.1).

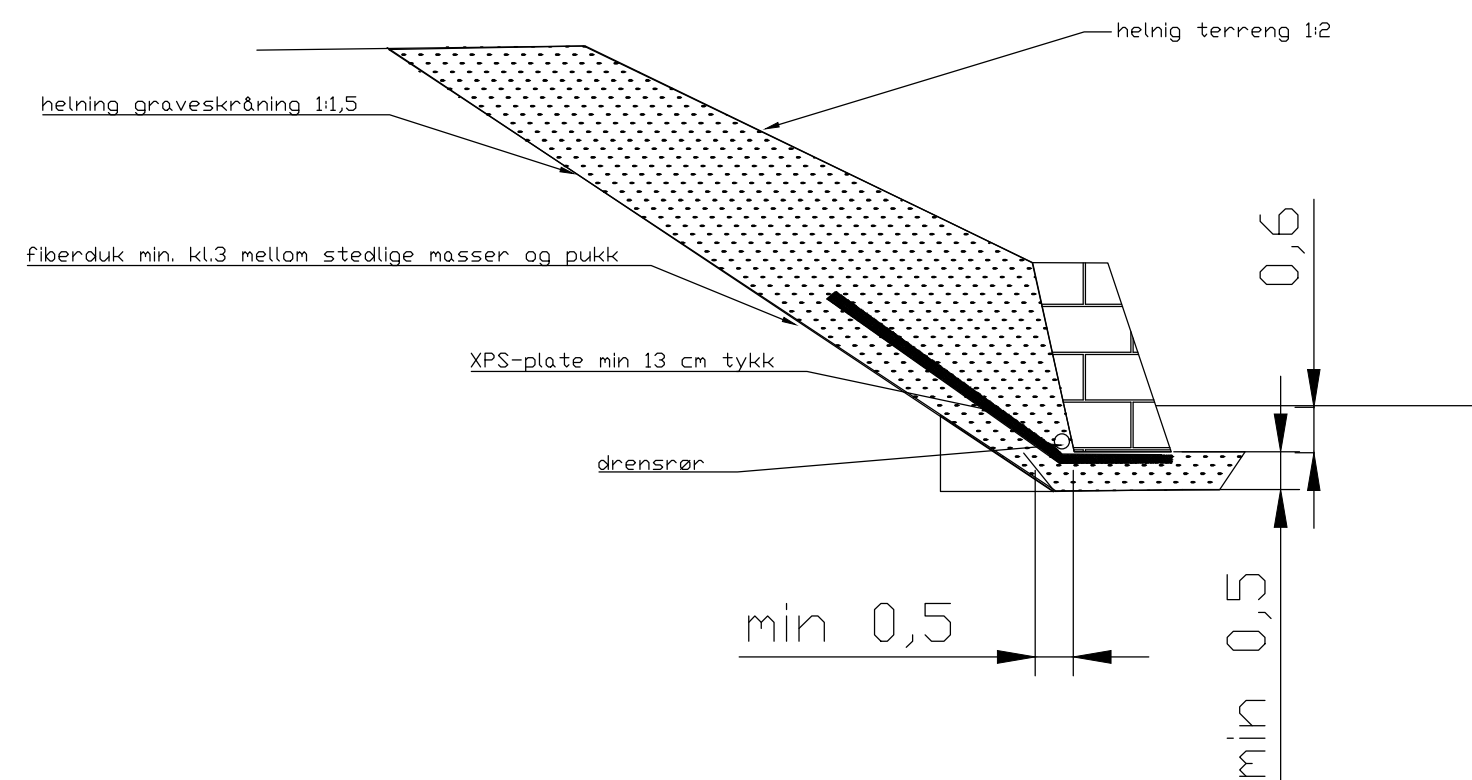


Figur 521.1 Frostdybde ved frostsikring med knust berg, sand eller grus, årsmiddeltemperatur 4°C

Ved bruk av ekstrudert polystyren (XPS) kan man redusere tykkelse på frostsikringslaget. Ved frostmengde $32136 \text{ h}^{\circ}\text{C}$ skal det brukes XPS-plater med min. 13 cm (kap. 523 håndbok N200, Figur 523.1) Påkrevd minimal tykkelse på nedre frostsikringslag er 30 cm.



Figur 523.1 Frostmessig dimensjonering med XPS

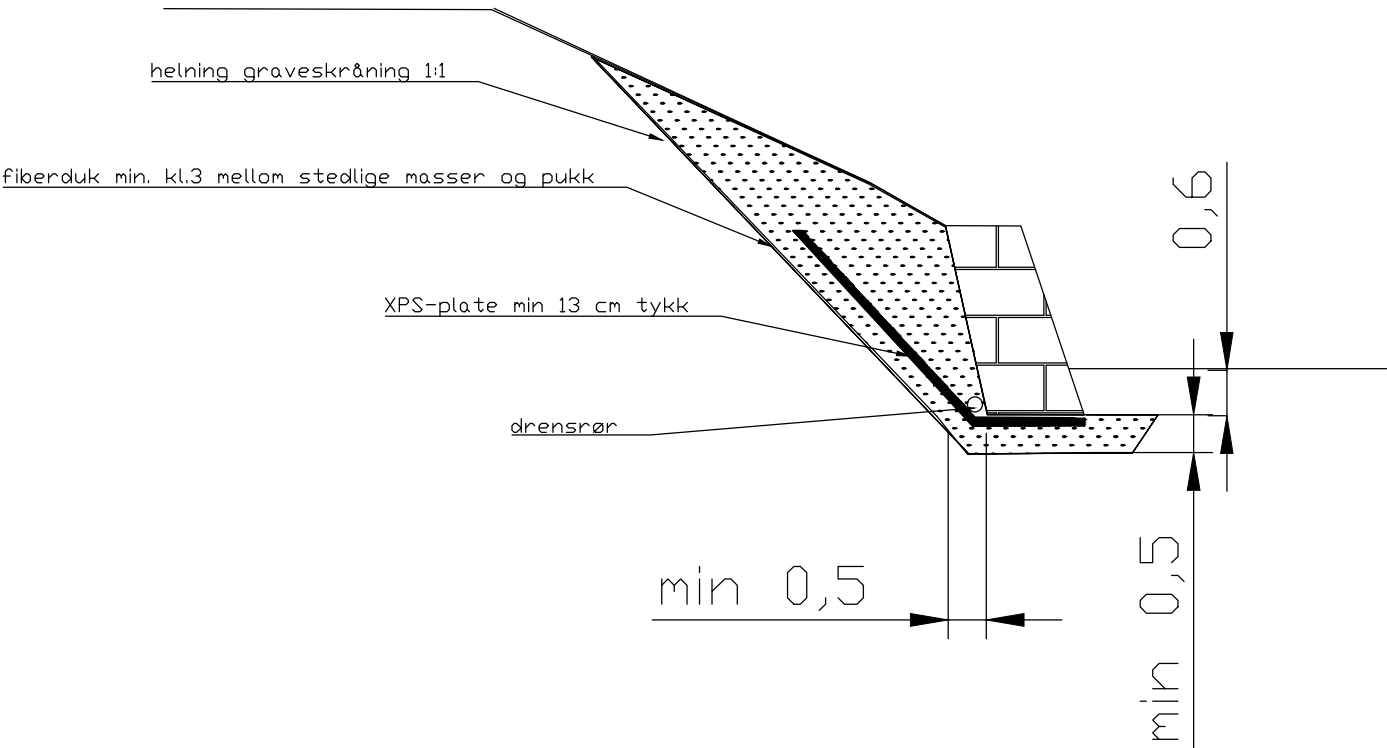


Dimensjoner mur			
Murens maks høyde, m	Toppbredde, m	Bunnbredde, m	Helning mur
2,5	1,0	1,3	3:1



- Fiberduk kl.3 legges mellom pukk og stedlige masser;
- XPS-plater min 13 cm i tykkelse legges under og bak muren i høyde opp til murens topp.
- Mellom stedlige masser og XPS-plater skal det legges pukklag med tykkelse min 0,3m;
- Muren skal bygges i samsvar med dimensjoner i tabellen.
- Det skal legges drensrør i foten bak muren;
- Tilbakefylte masser skal komprimeres ihht hb N200, kap 258
- Skråning bak muren føres til opprinnelig terreng.
Skråningshelning skal ikke være brattere enn 1:2.

Revisjon	Revisjonen gjelder		Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Trøndelag fylkeskommune Fv 17 Høylandet Parsell Prinsippskisse, mur i sør			Tegningsdato			
			Bestiller		TRFK	
			Produsert for		TRFK	
			Produsert av		TRFK	
			PROF-nummer			
			Arkivnummer		96-20-GEOT-N1	
			Byggverksnummer			
			Målestokk A1			
Utarbeidet av		Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjonsbokstav	
Olga Lepkovski					Bilag 2	



Dimensjoner mur			
Murens maks høyde, m	Toppbredde, m	Bunnbredde, m	Helning mur
2,5	1,0	1,3	3:1



- Fiberduk kl.3 legges mellom pukk og stedlige masser;
- XPS-plater min 13 cm i tykkelse legges under og bak muren i høyde opp til murens topp.
- Mellom stedlige masser og XPS-plater skal det legges pukklag med tykkelse min 0,3m;
- Muren skal bygges i samsvar med dimensjoner i tabellen.
- Det skal legges drensrør i foten bak muren;
- Tilbakefylte masser skal komprimeres ihht hb N200, kap 258
- Skråning bak muren føres til opprinnelig terreng. Partiene av terrenget som har brattere skråning enn 1:2 skal plastres med stein.

Revisjon	Revisjonen gjelder		Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
 Trøndelag fylkeskommune			Tegningsdato			
			Bestiller		TRFK	
			Produsert for		TRFK	
			Produsert av		TRFK	
Fv 17 Høylandet						
Parsell						
Prinsippskisse, mur i nord			PROF-nummer			
			Arkivnummer		96-20-GEOT-N1	
			Byggverksnummer			
			Målestokk A1			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/ revisjonsbokstav		Bilag 3
Olga Lepkovski						

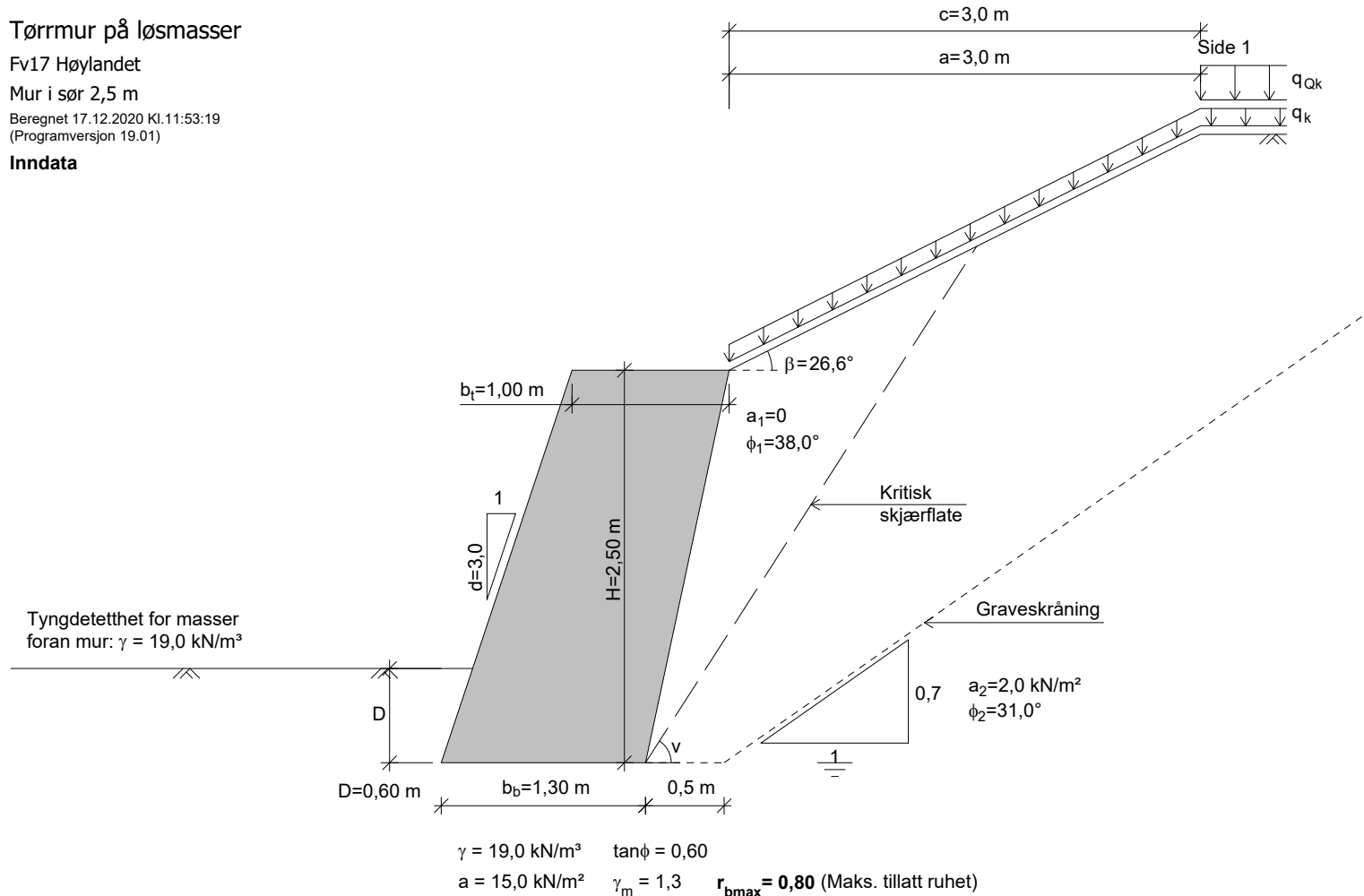
Tørrmur på løsmasser

Fv17 Høylandet

Mur i sør 2,5 m

Beregnet 17.12.2020 Kl.11:53:19
(Programversjon 19.01)

Inndata



Tyngdetetthet for mur: $\gamma_{mur} = 22,0 \text{ kN/m}^3$

Tyngdetetthet for masser bak mur: $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$

Konsekvensklasse: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Seigt, dilatant brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,3$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0,3$

Kritisk skjærflate går gjennom bakfyllmassene, dvs.:

Midlere friksjonsvinkel: $\phi_m = \phi_1 = 38,0^\circ$

Midlere attraksjon: $a_m = a_1 = 0,0 \text{ kN/m}^2$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi_m}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{38,0}{2} - \frac{26,6}{4} = 57,4^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

Bæreevnen regnes dykket, dvs. kritisk skjærflate antas å gå gjennom masser som ligger under grunnvannsstanden.

NB! Programmet beregner totalstabilitet og bæreevne for muren.

Det forutsettes at muren utformes slik at den beregningsmessig virker som ett legeme, med teoretisk omriss som vist på figuren ovenfor.

Muren kontrolleres ikke for glidning/velting for hvert enkelt skift.

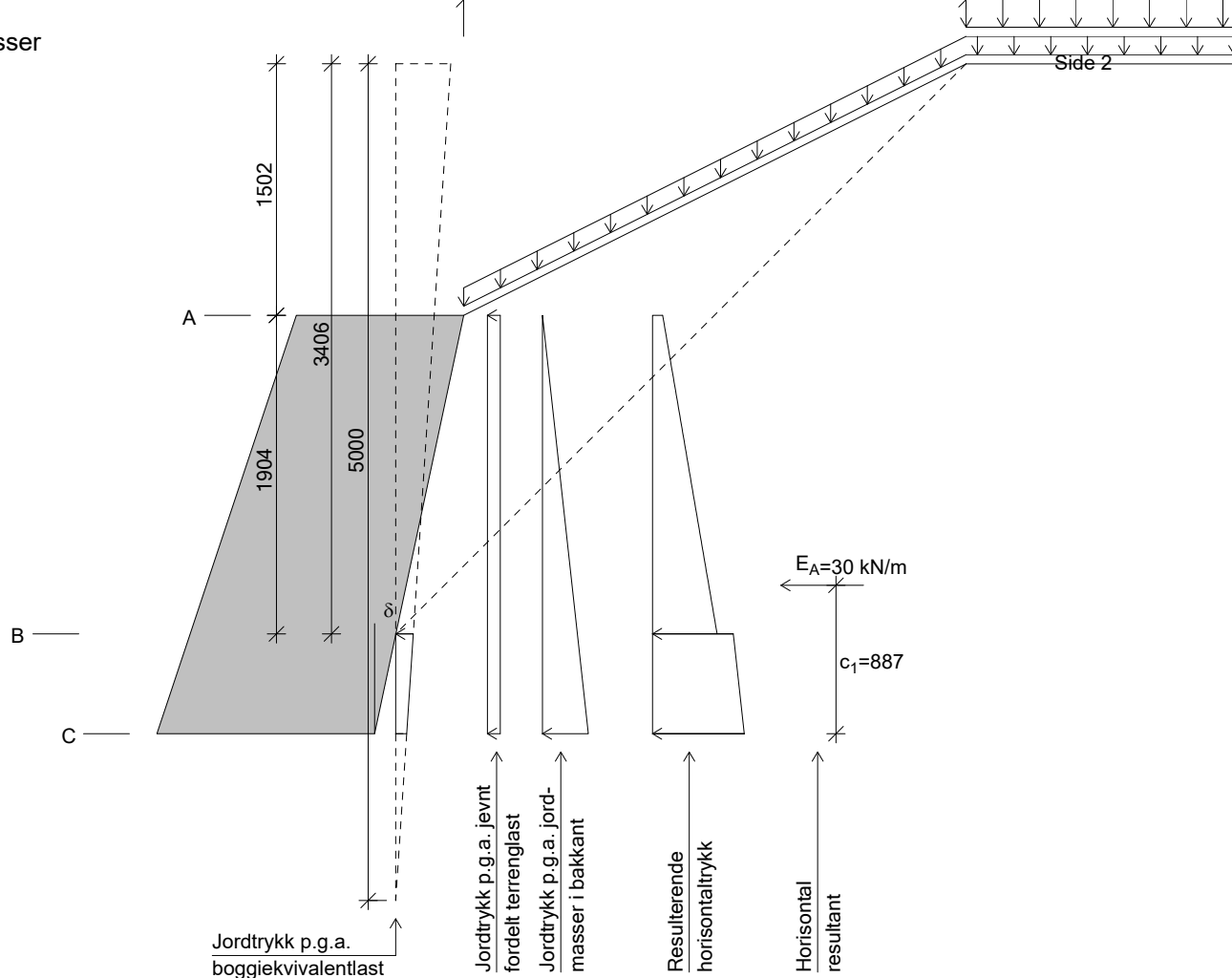
Laster i bakkant	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$	1,35
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$	1,35
Boggiekvivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

Fv17 Høylandet

Mur i sør 2,5 m

Jordtrykk
(mål i mm)



Lastspredning 1:1 for boggiekvivalentlasten mot bakkant mur er vist med skrå stiplet linje fra start lastutbredelse.

$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,78/1,3 = 0,60$, $\phi_d = \arctan(0,60) = 31,0^\circ$

Ved hellende terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_{\beta A} \cdot (p_v' + a)$$

$$a = 0 \Rightarrow \text{Uttrykket forenkles til: } p_A' = K_{\beta A} \cdot p_v' \quad (1)$$

$$s = \tan\beta/\tan\phi_d = 0,83 \quad , \quad t = (1+r_v) \cdot (1-s) = 0,22$$

$$\Rightarrow K_{\beta A} = 0,478 \text{ (iht. figur 5.5 i V220)}$$

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{2,5}{\frac{2,5}{3,0} + 1,0 - 1,3} = 4,7$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 12,0^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(12,0^\circ + 31,0^\circ)}{\cos^3(12,0^\circ) \cdot \cos^2(31,0^\circ)} = 0,777$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A, \text{korrig}} = K_\delta \cdot K_{\beta A} = 0,777 \cdot 0,478 = 0,371$$

Resulterende trykk i bakkant beregnes iht. ligning (1) ovenfor.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} = 5,0 \cdot 1,35 = 6,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A, \text{korrig}} \cdot p'_{Av} = 0,371 \cdot 6,8 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Nivå B (ved topp boggiekvivalentlast)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 1,90 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-3,41}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Bv} = 1,90 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 + 0,32 \cdot 25,0 \cdot 1,35 = 53,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A, \text{korrig}} \cdot p'_{Bv} = 0,371 \cdot 53,7 = 19,9 \text{ kN/m}^2$$

Nivå C (bunn mur)

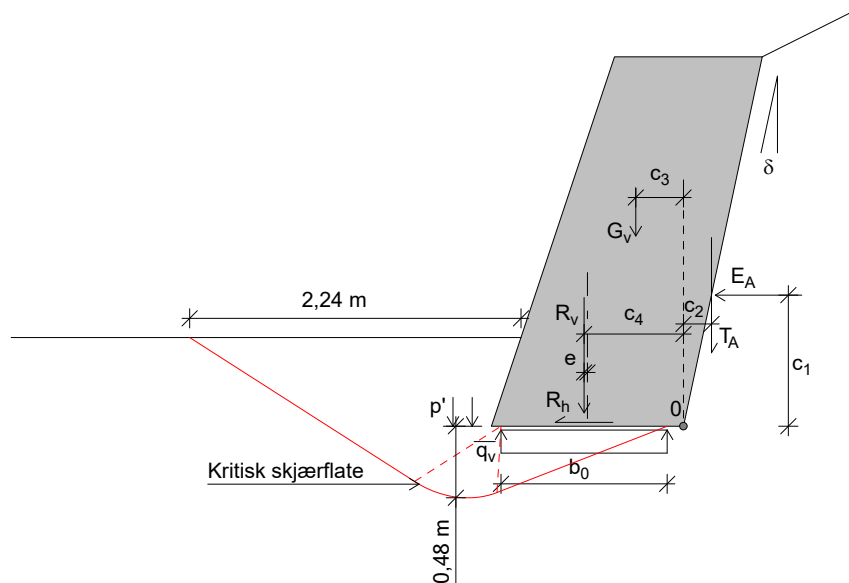
$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Cv} = 2,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-2,5-1,50}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2}$$

$$p'_{Cv} = 2,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 + 0,20 \cdot 25,0 \cdot 1,35 = 61,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ch} = K_{A, \text{korrig}} \cdot p'_{Cv} = 0,371 \cdot 61,0 = 22,6 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A = 30 = 30 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,3 + 1,0) \cdot 2,5 \cdot 22,0 = 63 \text{ kN/m}$$

$$c_3 = \frac{1}{G_v} \cdot \left[\frac{H}{6} \cdot (b_b - b_t) \cdot \gamma_{\text{mur}} \cdot (b_b - b_t - \frac{H}{d_b}) + H \cdot b_t \cdot \gamma_{\text{mur}} \cdot (b_b - \frac{1}{2} \cdot b_t - \frac{1}{2} \cdot \frac{H}{d}) \right]$$

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{63} \cdot \left[\frac{2,5}{6} \cdot (1,3 - 1,0) \cdot 22,0 \cdot (1,3 - 1,0 - \frac{2,5}{4,7}) + 2,5 \cdot 1,0 \cdot 22,0 \cdot (1,3 - \frac{1}{2} \cdot 1,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{2,5}{3,0}) \right] = 0,32 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{30}{2,5} + 0,0 \right) \cdot 2,5 = 5,5 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{0,89}{4,7} = 0,19 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 63 + 5,5 = 69 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{30 \cdot 0,89 - 5,5 \cdot 0,19 + 63 \cdot 0,32}{69}$$

$$c_4 = 0,67 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,67 - 0,5 \cdot 1,3 = 0,02 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,3 - 2 \cdot 0,02 = 1,12 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 69 / 1,12 = \mathbf{61 \text{ kN/m}^2}$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse) :

$$\text{Krav 1 : } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,60 / 1,3 = 0,46 \Rightarrow r_b = \frac{30}{1,12 \cdot (61 + 15) \cdot 0,46}$$

$$r_b = \mathbf{0,77} < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK !}$$

$$\text{Krav 2 : } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 0,60 = 11,4 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 4,6, \quad N_\gamma = 1,6, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = \mathbf{115 \text{ kN/m}^2} > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK !}$$

$$\underline{\underline{\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,53}}$$

Inndata

NB! Programmet beregner totalstabilitet og bæreevne for muren.
Det forutsettes at muren utformes slik at den beregningsmessig virker
som ett legeme, med teoretisk omriss som vist på figuren ovenfor.
Muren kontrolleres ikke for glidning/velting for hvert enkelt skift.

Laster i bakkant	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$	1,35
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$	1,35
Boggiekvivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.	

Tørrmur på løsmasser

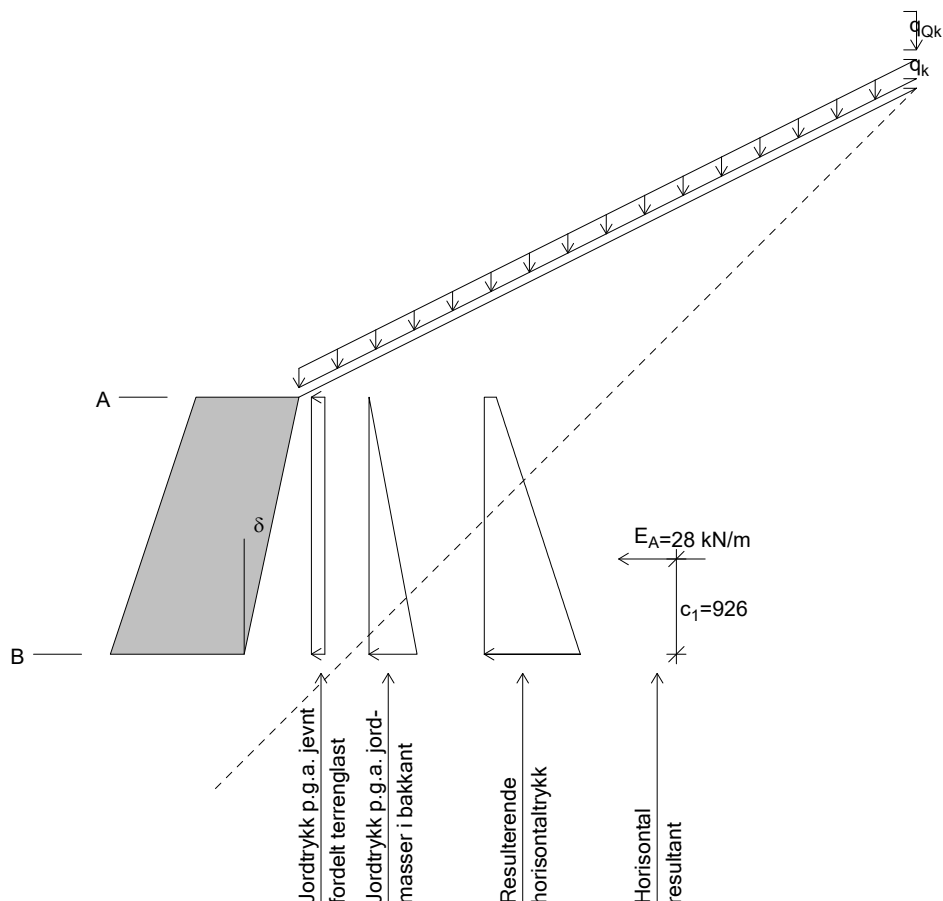
Fv 17 Høylandet

Mur nord 2,5 m

Jordtrykk

(mål i mm)

Side 2



Boggiekvivalentlasten antas med spredning 1:1 nedover i bakfyllingen mot muren.

Dette er iht. pkt. 3.3.3 (fig. 3.10) i NA-rundskriv 07/2015 (forskrift for trafikklast).

Jordtrykket p.g.a. boggiekvivalentlasten har sin maksimale verdi i topp, og går mot null ved dybde 5 m. I dette tilfellet er dybden større enn 5 m, slik at boggiekvivalentlasten ikke belaster muren.

ved dybde 5 m. I dette tilfellet treffer lastspredningslinjen murlinjen under uk mur, slik at boggiekvivalentlasten ikke belaster muren.

Boggiekvivalentlasten blir derfor ikke tatt med i beregningene.

$r_v = 0,3$ (ruhet for beregning av jordtrykk)

$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,78/1,3 = 0,60$, $\phi_d = \arctan(0,60) = 31,0^\circ$

Ved hellende terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_{\beta A} \cdot (p_v' + a)$$

$$a = 0 \Rightarrow \text{Uttrykket forenkles til: } p_A' = K_{\beta A} \cdot p_v' \quad (1)$$

$$s = \tan \beta / \tan \phi_d = 0,83, \quad t = (1 + r_v) \cdot (1 - s) = 0,22$$

$$\Rightarrow K_{\beta A} = 0,478 \text{ (iht. figur 5.5 i V220)}$$

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{2,5}{\frac{2,5}{3,0} + 1,0 - 1,3} = 4,7$$

$$\tan \delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 12,0^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3 \delta \cdot \cos^2 \phi_d} = \frac{\cos^2(12,0^\circ + 31,0^\circ)}{\cos^3(12,0^\circ) \cdot \cos^2(31,0^\circ)} = 0,777$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A, \text{kor}} = K_\delta \cdot K_{\beta A} = 0,777 \cdot 0,478 = 0,371$$

Resulterende trykk i bakkant beregnes iht. ligning (1) ovenfor.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} = 5,0 \cdot 1,35 = 6,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A, \text{kor}} \cdot p'_{Av} = 0,371 \cdot 6,8 = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

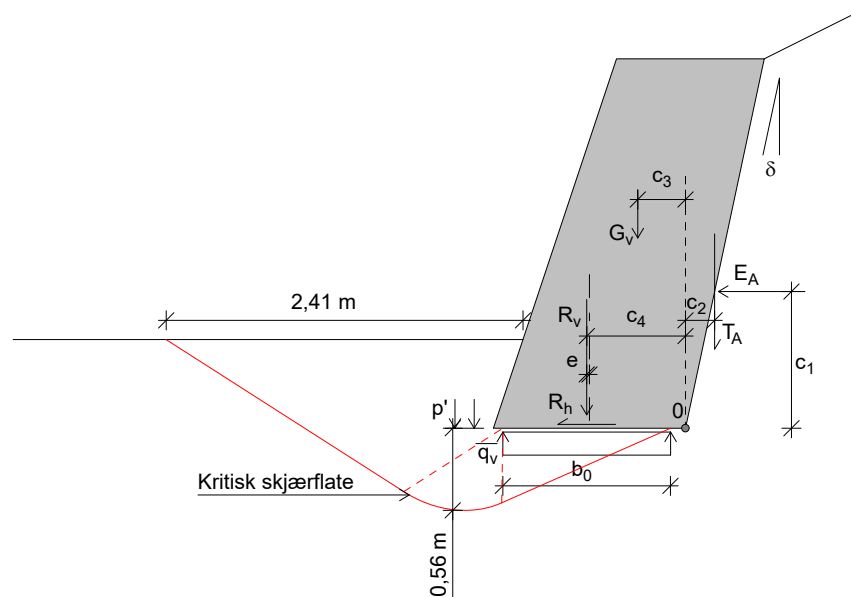
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikalspenning: } p'_{Bv} = 2,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} = 2,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 54,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A, \text{kor}} \cdot p'_{Bv} = 0,371 \cdot 54,3 = 20,1 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A = 28 = 28 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,3 + 1,0) \cdot 2,5 \cdot 22,0 = 63 \text{ kN/m}$$

$$c_3 = \frac{1}{G_v} \cdot \left[\frac{H}{6} \cdot (b_b - b_t) \cdot \gamma_{\text{mur}} \cdot (b_b - b_t - \frac{H}{d_b}) + H \cdot b_t \cdot \gamma_{\text{mur}} \cdot (b_b - \frac{1}{2} \cdot b_t - \frac{1}{2} \cdot \frac{H}{d}) \right]$$

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{63} \cdot \left[\frac{2,5}{6} \cdot (1,3 - 1,0) \cdot 22,0 \cdot (1,3 - 1,0 - \frac{2,5}{4,7}) + 2,5 \cdot 1,0 \cdot 22,0 \cdot (1,3 - \frac{1}{2} \cdot 1,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{2,5}{3,0}) \right] = 0,32 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{28}{2,5} + 0,0 \right) \cdot 2,5 = 5,1 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{0,93}{4,7} = 0,20 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 63 + 5,1 = 68 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{28 \cdot 0,93 - 5,1 \cdot 0,20 + 63 \cdot 0,32}{68}$$

$$c_4 = 0,67 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,67 - 0,5 \cdot 1,3 = 0,02 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,3 - 2 \cdot 0,02 = 1,13 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 68 / 1,13 = 60 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1 : } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,60 / 1,3 = 0,46 \Rightarrow r_b = \frac{28}{1,13 \cdot (60 + 15) \cdot 0,46}$$

$$r_b = 0,72 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK !}$$

$$\text{Krav 2 : } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

$$p' = 19,0 \cdot 0,60 = 11,4 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 5,0, \quad N_\gamma = 1,8, \quad \gamma' = 20,0 - 10 = 10,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 127 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK !}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,48$$