


NOTAT

KUNDE / PROSJEKT Bergen kommune Bymiljøetaten Lyngbøveien byggeplan	PROSJEKTLEDER David Thorsen Frøystad	DATO 16.12.2019
PROSJEKTNUMMER 10212414	OPPRETTET AV Julie Mathieu	REV. DATO
UTARBEIDET AV Julie Mathieu	SIGNATUR  Digitally signed by Julie Mathieu Date: 2019.12.16 14:06:54 +01'00'	KONTROLLERT AV Marianne Borge
		SIGNATUR

Oppsummering

Den geotekniske problemstillingen er vurdert til:

- **Geoteknisk kategori, GK 2**
- **Konsekvens- / pålitelighetsklasse, CC/RC 2**
- **Prosjekteringskontrollklasse, PKK 2**
- **Utførelseskontrollklasse, UKK 2**
- **Tiltaksklasse, TK 2**

Murene skal fundamenteres enten på berg eller på løsmasser, bestående av sprengsteinsfylling, over berg. Dersom det i byggetiden observeres andre grunnforhold, må en geotekniker tilkalles for å vurdere grunnforholdene og ev. omprosjekttere murene.

Vedlegg A: Resultater fra tørrmur program

Vedlegg B: Seismiske påkjenninger

Vedlegg C: Prinsippskisser

Innholdsfortegnelse

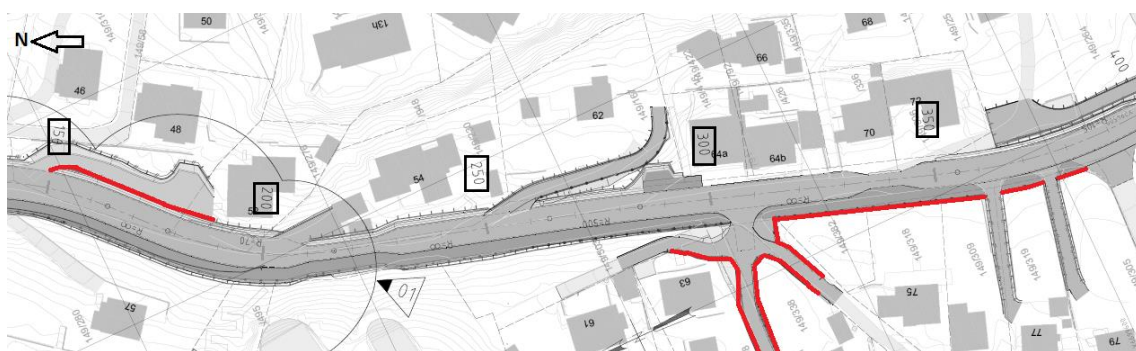
1	Innledning	3
1.1	Problemstilling	3
1.2	Grunnlag	3
2	Regelverk og standarder	4
2.1	TEK 17 §7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger	4
2.2	TEK17 §10, Konstruksjonssikkerhet	4
2.3	Geoteknisk kategori	5
2.4	Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)	5
2.5	Kvalitetssystem	5
2.6	Tiltaksklasse i henhold til Lov om planlegging og byggesaksbehandling	5
2.7	Prosjekterings- og utførelseskontroll	6
3	Beregningsforutsetninger	6
3.1	Fundamentering	6
3.2	Grunnforhold og geotekniske parametere	6
3.2.1	Materialfaktor	7
3.3	Grensetilstand	7
3.4	Laster geometri og dimensjonerende profiler	7
3.4.1	Laster	7
3.4.2	Geometrisk grunnlag	7
3.4.3	Dimensjonerende profiler	8
3.5	Beregningsmetode	9
3.5.1	Ruhet bak mur	9
3.5.2	Ruhet under fundament	9
3.6	<i>Jordskjelv</i>	9
3.6.1	Seismiskpåkjenning	10
3.6.2	Terrenglast	10
4	Resultater	10
	Referanser	11

1 Innledning

Bergen Kommune har engasjert Sweco Norge AS for blant annet geoteknisk detaljprosjektering av tørrmur langs Lyngbøveien i Bergen kommune. Det er planlagt breddeutvidelse av Lyngbøveien langs en strekning på ca. 600 m. Se Figur 1 for plassering av tørrmur.

Det er ikke utført detaljerte geotekniske grunnundersøkelser som grunnlag for geoteknisk prosjektering. Det er kun foretatt 44 stk. manuelle fjellkontrollboringer.

Dette notatet oppsummerer forutsetningene som er lagt til grunn for prosjekteringen, samt resultater fra beregningene.



Figur 1: Oversiktskart som viser murene. Røde linjer markerer murenes beliggenhet.

1.1 Problemstilling

Det skal etableres flere tørrmurer langs Lyngbøveien.

1.2 Grunnlag

Den geotekniske prosjekteringen i dette notatet er utført på følgende grunnlag:

- Observasjoner og geotekniske vurderinger ved befaring, Notat RIG-N01-A01, Sweco, 17.09.2015 [1].
- Geoteknisk prosjektering av tørrmurer, Notat RIG-N02-X01, Sweco, 23.05.2016 [2].
- Lyngbøveien - Plan og profil, Illustrasjon – ikke juridisk bindende, C001, Sweco, 29-10-2018.
- Tverrprofiler, Sweco, 01.10.2019.

2 Regelverk og standarder

Gjeldende regelverk legges til grunn for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0) [3]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7) [4]
- NS-EN 1998-1:2004+NA:2008 og NS-EN 1998-5:2004 + NA:2008 (Eurokode 8) [5]
- Byggeteknisk forskrift TEK 17 [6]
- Byggesaksforskriften SAK 10 [7]
- NS 3458:2004 Komprimering, krav og utførelse [8]

I tillegg benyttes følgende veiledninger og håndbøker der det er relevant:

- ✓ Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging [9]
- ✓ Statens vegvesen (SVV), Håndbok N200, Vegbygging [10]
- ✓ Statens vegvesen (SVV), Håndbok N400, Bruprosjektering [11]

2.1 TEK 17 §7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 §7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred). I følge NVE [12] er området ikke plassert innenfor et område med flomskredfare.

Området hvor murene skal bygges ligger i dag på ca. kote +30 og min. ca. 100 m fra Lyngbøvatnet, og det forventes ikke at flom eller stormflo skal skade området. På bakgrunn av kart og tørrmurens plassering vurderes det at det ikke er fare for flom, stormflo i dette området.

Sweco Norge har vurdert skredfare langs Lyngbøveien i 2016 [13]. Det er vurdert at tilstrekkelig sikkerhet mot veien er tilsvarende sikkerhetsklasse S1. Basert på observasjoner i felt, tidligere skredhendelser, simuleringer og faglig skjønn vurderer vi at veien stedvis ligger innenfor fareområdet for skred med bakgrunn i sikkerhetsklasse S1.

2.2 TEK17 §10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 §10.2 angir at:

«Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.»

Veiledningen til TEK 17 angir videre at:

«Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.»

Da det leggs til grunn en prosjektering basert på Eurokodene (NS-EN) som angitt i punkt 3.1 vil TEK 17 §10 være ivaretatt.

2.3 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 [4] stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

Dette prosjektet vurderes å falle innunder **geoteknisk kategori 2**. Begrunnelse for valgt kategori er at tiltaket samsvarer med følgende beskrivelse for geoteknisk kategori 2: *«konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer og vanskelige grunn- og belastningsforhold»*.

2.4 Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)

Eurokode 0 [3] definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA. A1 (901).

I denne tabellen er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i følgende to alternativer:

- ✓ Kompliserte tilfeller
- ✓ Enkle og oversiktlige grunnforhold

For geoteknisk prosjektering av prosjektet er det valgt **konsekvens-/pålitelighetsklasse CC/RC = 2** siden grunnforholdene er relativt enkle (grunt til berg eller berg i dagen).

2.5 Kvalitetssystem

Eurokode 0 [3] krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig. Dette systemet skal tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Swecos kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er derfor ivaretatt også for pålitelighetsklasse 2.

2.6 Tiltaksklasse i henhold til Lov om planlegging og byggesaksbehandling

I veiledningen om byggesak kap. 9 er det i tabell 2 og 3 gitt kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering og utførelse. I tabell 2 i veiledningen oppgis det at fundamentering for anlegg og konstruksjoner, som etter Eurokode 0 er plassert i pålitelighetsklasse 2, havner i **tiltaksklasse 2** for prosjektering.

2.7 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 [3] gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Dette innebærer i henhold til tabell NA. A1 (902) og NA. A1 (903) at det for prosjekteringskontroll av geotekniske arbeider kan forutsettes en prosjekteringskontrollklasse PKK2.

For prosjektering av tørrmur gjelder dermed at det utføres egenkontroll (DSL 1), intern systematisk kontroll (DSL 2) og i tillegg utvidet kontroll (DSL 3). I henhold til standarden kan prosjekteringskontrollklasse PKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket. For utførelsen gjelder at det skal utføres egenkontroll (IL 1), intern systematisk kontroll (IL 2) og i tillegg utvidet kontroll (IL 3). I henhold til standarden skal utvidet utførelseskontroll i utførelseskontrollklasse UKK2 bekrefte at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende tiltaket.

3 Beregningsforutsetninger

3.1 Fundamentering

Murene er fundamentert enten på berg eller på løsmasser, bestående av sprengsteinsfylling. Alle humusholdige masser over berg må graves bort. Ved fundamentering på løsmasser må muren fundamenteres på sprengsteinsfylling over berg. Utfylte masser skal bestå av velgradert sprengstein, som legges ut og komprimeres lagvis med normal komprimering iht. NS-3458.

Prinsipptegning for mur fundamentert på berg og på løsmasser er vist i vedlegg C.

3.2 Grunnforhold og geotekniske parametere

I forbindelse med reguleringsplan ble det utført enkle grunnundersøkelser. Det ble den 09.02.2016 utført en befaring langs Lyngbøveien og utarbeidet notat 15027002_RIG-N02-A01 [2]. På befaring ble det utført grunnundersøkelse i de delene av området hvor det var opprinnelig planlagt å bygge avkjørsler og fortau. Grunnundersøkelse ble utført av geotekniker Kevin Brant fra Sweco ved bruk av en enkel skrue som ble trykket ned i jorden. Formålet var å kartlegge dybden til harde masser eller berg. Metoden gir kun en grov vurdering av dybde til berg/harde masser.

Basert på enkle grunnundersøkelser, varierer dybde til berg mellom 1,0 og 2,5 m. Det er antatt at det er generelt grunt til berg. Grunnforhold består hovedsakelig av humusholdige masser over berg. Dersom det oppdages ved byggetiden at det er andre grunnforhold, må geotekniker kontaktes.

Det skal bygges 1 stk. tørrmur ved profilnr. 150-186. Det er ikke utført grunnundersøkelser i linjen der denne tørrmuren skal etableres, men det antas at det er lignende grunnforhold som beskrevet over.

Under mur	$\varphi = 40^\circ$ berg	$a = 10 \text{ kPa}$ $\mu = 0,7$ (iht. pkt. 11.2.5 i N400 [10])	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Fyllmasser bak mur	$\varphi = 40^\circ$	$a = 5 \text{ kPa}$	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

3.2.1 Materialfaktor

For prosjektet er det valgt partialfaktor for materialegenskapen lik $\gamma_M = 1,4$ iht. håndbok N200 etter tabell 9.3.2 a) [10] eller NS-EN 1997-1 [4].

For seismiske laster er det benyttet en seismisk faktor $\gamma_I = 1,4$. Materialfaktor lik 1,2 for fyllmasser iht til NS-EN 1998-5 kapittel NA.3.1.

3.3 Grensetilstand

Tørrmurene er permanente konstruksjoner.

3.4 Laster geometri og dimensjonerende profiler

3.4.1 Laster

Muren er dimensjonert for terrenglast og trafikklast eller generell anleggstrafikk/servicetrafikk foruten om jordtrykkspåkjenninger.

Karakteristisk terrenglast: $q_{k,1} = 5,0 \text{ kPa}$

Karakteristisk trafikklast/anleggslast: $q_{k,2} = 25,0 \text{ kPa}$

Lastfaktor terrenglast: $\gamma_G = 1,30$

Lastfaktor trafikklast/anleggslast: $\gamma_Q = 1,15$

Dimensjonerende terrenglast: $q_{d,1} = q_{k,1} * \gamma_G = 6,5 \text{ kPa}$

Dimensjonerende trafikklast: $q_{d,2} = q_{k,2} * \gamma_Q = 28,75 \text{ kPa}$

Murkroner med kjøresterkt rekkverk vil kunne gi en stor belastning på topp av tørrmuren. Muren er derfor også dimensjonert for påkjørsellast.

Påkjørsellast fra RIB: 2 tilfeller

Tilfelle 1:

- $F_h = 16,1 \text{ kN/m}$
- $F_v = 24,8 \text{ kN/m}$

Tilfelle 2:

- $F_h = 16,1 \text{ kN/m}$
- $F_v = 61,5 \text{ kN/m}$

3.4.2 Geometrisk grunnlag

Murene skal etableres på flere steder langs Lyngbøveien. Se Figur 1.

Løpemet: L = ca. 170 m
 Murhøyde: H = 0 – 4,5 m
 Terrenghelning foran mur: α = maks. 18° (maksimum 1:3)
 Terrenghelning bak mur: β = 0°
 Murens fronthelning: 5:1

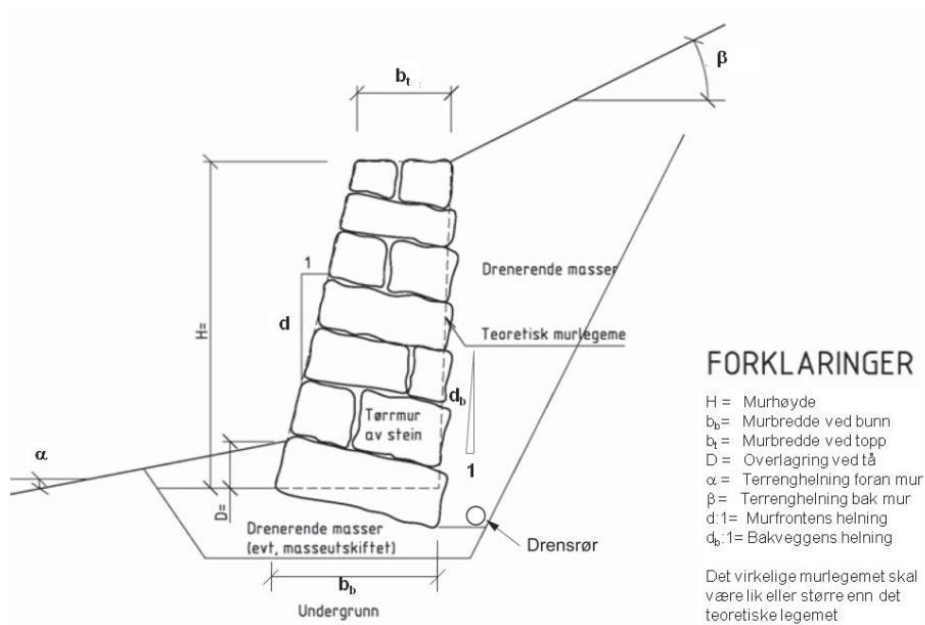
Det henvises til prinsippsskisser i vedlegg C.

3.4.3 Dimensjonerende profiler

Natursteinsmuren er dimensjonert for 2 profiler og er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1 Oppsummering av dimensjonerte profiler. Figur 2 viser hva de forskjellige symbolene er.

Profil	H [m]	Masser bak mur	Masser under mur	Murens fronthelning d [-]	Terrenghelning foran mur α [°]	Terrenghelning bak mur β [°]
A	0 - 4,5	Komprimerte fyllmasser	Berg	5:1	0	0
B	0 - 4,5	Komprimerte fyllmasser	Komprimerte fyllmasser over berg	5:1	0 – 18 (maks. 1:3)	0



Figur 9.5 Snitt av maskinmurt tørrmur.

Figur 2 Snitt av maskinmurt tørrmur, hentet fra Statens vegvesen håndbok V220 [9].

3.5 Beregningsmetode

Alle beregningene har blitt utført med programmet Tørrmur, Profinova AS versjon 17.01. Modellen baserer seg på Statens vegvesenets håndbok V220 geoteknikk i vegbygging [9].

Den seismiske påkjenningen har blitt beregnet med internt regneark.

3.5.1 Ruhet bak mur

- Fundamentering på berg: $r_v = 0$
- Fundamentering på løsmasser: $r_v = 0,3$

3.5.2 Ruhet under fundament

Det stilles krav til maks ruhet under fundament etter SVV V220 i figur 6.3 for støttemurer og landkar.

NS-EN 1997 setter krav til $H_d \leq R_d + R_{p;d}$ der $R_d = V' \tan \delta_d$ eller $R_d = (V'_d \tan \delta_k) / \gamma_{R;h}$.

Horisontalt terreng foran støttemur og landkar		Skrått terreng foran støttemur og landkar	
ruhet r_b	materiale under såle	ruhet r_b	materiale under såle
$\leq 0,9$	sand, grus og sprengstein	$\leq 0,8$	grus og sprengstein
$\leq 0,8$	leire og silt *	$\leq 0,7$	leire, silt og sand*

*Det forutsettes at leire/silt er uforstyrret, drenert og ufrossen, slik at fundamentet ikke kan gli på underlaget.

Figur 6.3 Krav til ruhet ved dimensjonering av støttemurer og landkar.

3.6 Jordskjelv

Muren vil være direktfundamentert på stedlige masser/berg. Grunntypen er vurdert som:

- **Grunntype A**

$a_{g40Hz} = 0,85 \text{ m/s}^2$ - Spissverdi akselerasjon ved berg i Bergen (fig. NA.3(901) [1]).

$a_{gR} = 0,8 * a_{g40Hz} = 0,68 \text{ m/s}^2$

Det har blitt vurdert at natursteinsmuren er i seismisk klasse SK III.

Seismisk klass III Tabell NA.4(902) fotnote 3) «for støttemurer langs jernbane, støttemurer langs veger med høyde over 3 m og støttemurer langs viktige veier (Klasse III) benyttes samme seismisk klasse som vegen eller jernbanen».

For SK III $\gamma_I = 1,4$ Tabell NA.4(901)

Design spissverdi akselerasjon ved berg regnes dermed:

For SK III $a_g = a_{gR} * \gamma_I = 0,95 \text{ m/s}^2$

Muren er fritatt for seismisk påvirkning og det settes krav til forenklet seismisk dimensjonering etter NS-EN 1998-1 kap. 3.2.1 [5].

3.6.1 Seismiskpåkjenning

Vurdering av seismisk påkjenning på muren er vurdert i internt regneark «07_01_GEO_TØRRM_seismisk_laster_tørrmur» [14] og er en del av vedlegg B.

Dynamisk tillegg for gitte murhøyder og inngangsverdiene til tørrmur programmet for seismiske tilfelle er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Seismiske påkjenninger for hver profil.

Profil	Total høyde H [m]	Dynamisk tillegg ΔE_d [kN/m]	Horisontal last F_H [kN/m]	Vertikal last F_v [kN/m]	Moment last M_T [kNm/m]
A	4,5	6,92	6,73	0	-10,71
B	4,5	6,92	6,73	0	-10,71

3.6.2 Terrenglast

Natursteinsmuren dimensjoneres forenklet etter NS-EN 1998-1 3.2.1(4) [5].

Dimensjonerende terrenglast: $Q_{d,1} = Q_{k,1} * \psi_{2,1} * \gamma_{Q,1} = 5 \text{ kPa} * 0,2 * 1,3 = 1,3 \text{ kPa}$

Dimensjonerende trafikklast/anleggslast: $Q_{d,2} = Q_{k,2} * \psi_{2,2} * \gamma_{Q,2} = 25 \text{ kPa} * 0,3 * 1,15 = 8,7 \text{ kPa}$

Total last ved terreng: $Q_{d,1} + Q_{d,2} = 10 \text{ kPa}$

4 Resultater

Resultatene fra beregningen for bruddgrense med og uten seismisk påkjenning, se tabell 3.

Det henviser til vedlegg A for beregningsresultater.

Tabell 3 Resultater fra beregningene for situasjonen bruddlast og seismisk situasjon. Dimensjonerende profiler er markert med "X".

Bruddgrense / Seismisk situasjon	Profil	Total høyde H [m]	Bredde bunn [m]	Bredde topp [m]	Dimensjonerende profil
Bruddgrense	A	4,5	2,0	2,0	X
	A	3,0	1,6	1,6	

Bruddgrense	B	4,5	2,0	2,0	X
	B	3,0	1,6	1,6	
Seismisk situasjon	A	4,5	2,0	2,0	
Seismisk situasjon	B	4,5	2,0	2,0	

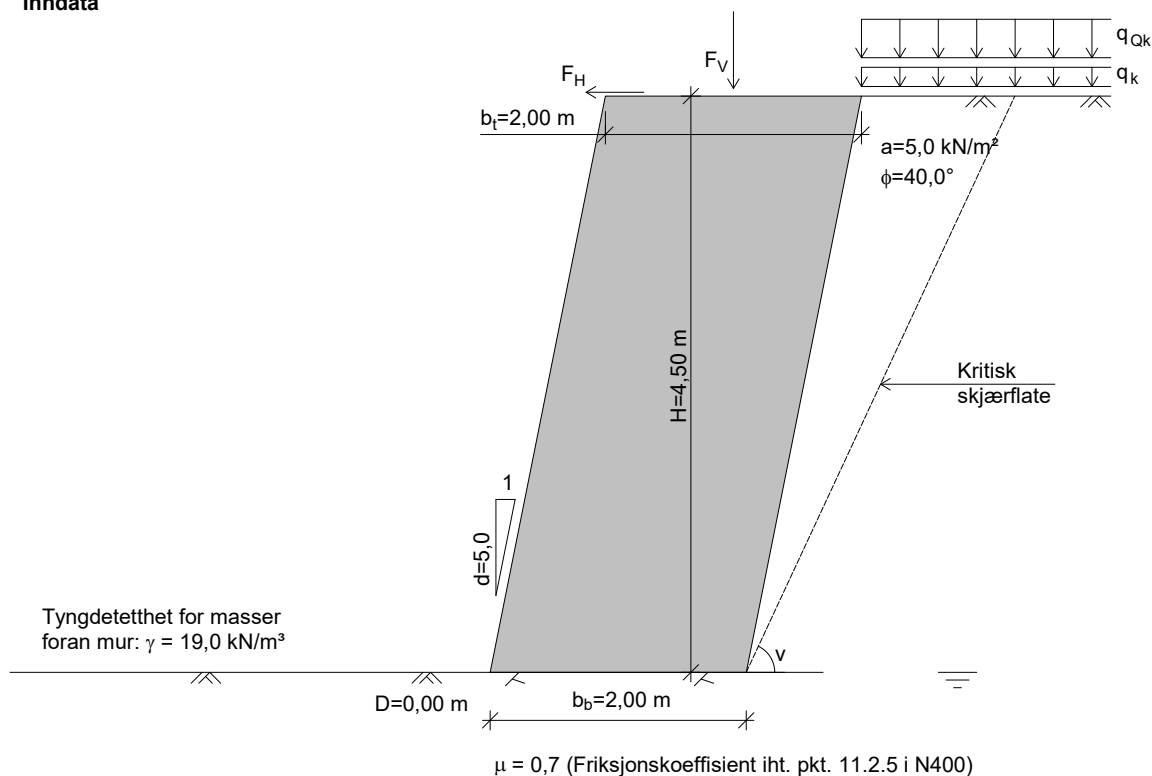
Murens bredde blir ikke påvirket av den seismiske påkjenningen.

Referanser

- [1] Observasjoner og geotekniske vurderinger ved befaring, Notat RIG-N01-A01, Sweco, 17.09.2015
- [2] Geoteknisk prosjektering av tørrmurer, Notat RIG-N02-X01, Sweco, 23.05.2016
- [3] Standard Norge. NS-EN 1990:2002+NA:2008. Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.
- [4] Standard Norge. NS-EN 1997-1:2004+NA:2008. Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler.
- [5] Standard Norge. NS-EN 1998-1/5:2004+NA:2008. Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger / Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold.
- [6] Byggteknisk forskrift TEK 17.
- [7] Byggesaksforskriften SAK 10.
- [8] NS 3458:2004 Komprimering, krav og utførelse
- [9] Statens vegvesen: Håndbok V 220. Geoteknikk i vegbygging. 2018 (tidligere Håndbok 016).
- [10] Statens vegvesen: Håndbok N200. Vegbygging. 2018.
- [11] Statens vegvesen: Håndbok N400. Bruprosjektering. 2015.
- [12] NVE, Aktsomhetskart for flom og for skred. <https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>.
- [13] Vurdering av skredfare og ingeniørgeologiske forhold, Notat 15027001_N01_A01, Sweco, 07.07.2016.
- [14] «Jordskjelvdesign i Statens vegvesen», NGI, Vegdirektoratet, 2017.

Beregnet 02.12.2019 Kl.12:32:00
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

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

Konsekvensklasse: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,4$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

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.

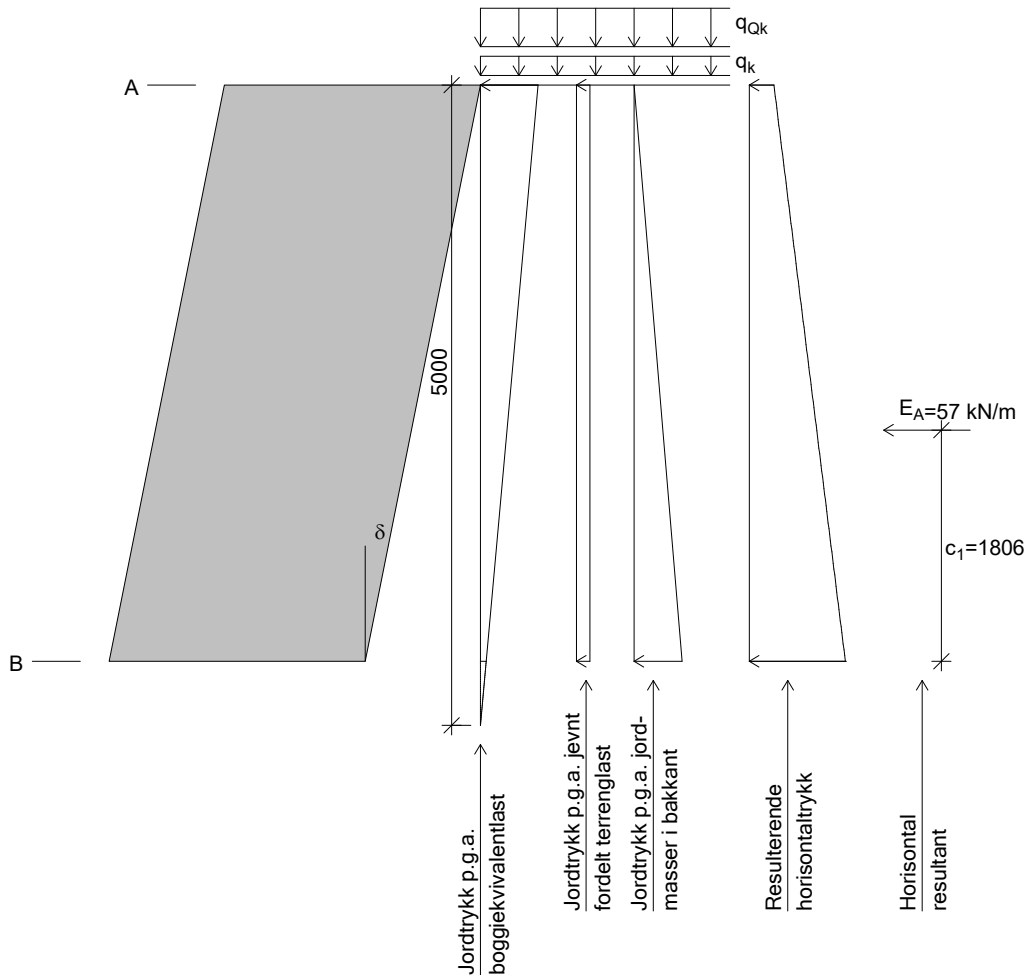
Muren kontrolleres ikke for glidning/velting for hvert enkelt skift.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur for laster virkende i toppen.

Laster i topp:
(inkl. lastfaktorer)
 $F_V = 24,8 \text{ kN/m}$
 $F_H = 16,1 \text{ kN/m}$

Laster i bakkant	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$	1,30
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$	1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60, \quad \phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$$K_A = 0,321 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

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

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,321 = 0,254$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,254 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 5,2 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 5,2 \text{ kN/m}^2$$

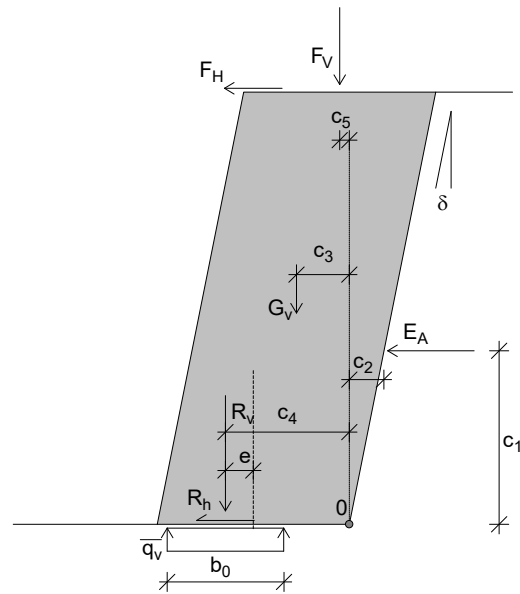
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,254 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 20,3 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Grunntrykk



$$R_h = E_A + F_H = 57 + 16,1 = 74 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 - \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,81}{5,0} = 0,36 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_V = 198 + 0 + 24,8 = 223 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 + G_v \cdot c_3 + F_V \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{57 \cdot 1,81 + 198 \cdot 0,55 + 24,8 \cdot 0,10 + 16,1 \cdot 4,5}{223}$$

$$c_4 = 1,29 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,29 - 0,5 \cdot 2,0 = 0,29 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,29 = 1,22 \text{ m}$$

$$\overline{q_v} = R_v / b_0 = 223 / 1,22 = 183 \text{ kN/m}^2$$

Kontroll mot glidning :

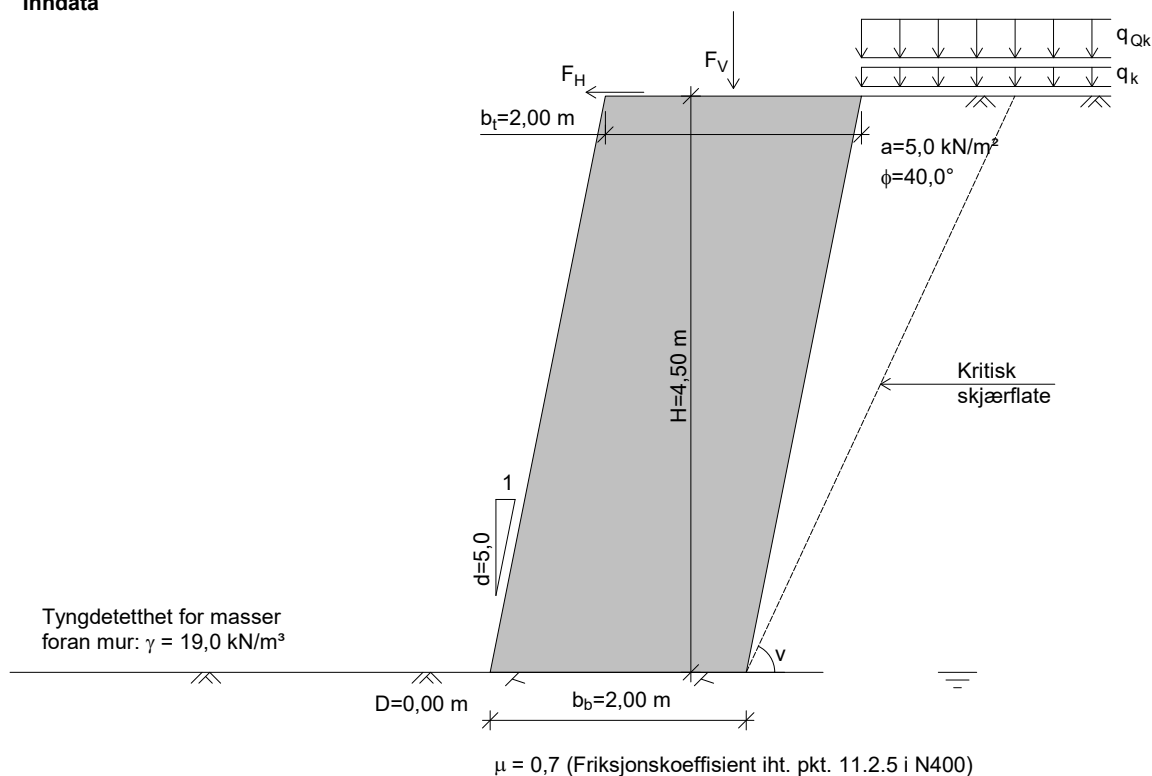
Iht. håndbok N400 (pkt. 11.2.5) skal følgende betingelse være oppfylt (for én-aksial tilstand):

$$R_h \leq \mu \cdot R_v$$

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 223 = 156 \text{ kN/m} > 74 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK !}$$

Beregnet 02.12.2019 Kl.12:33:02
(Programversjon 17.01)

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 : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,4$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0$

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 61,5 \text{ kN/m}$

$F_H = 16,1 \text{ kN/m}$

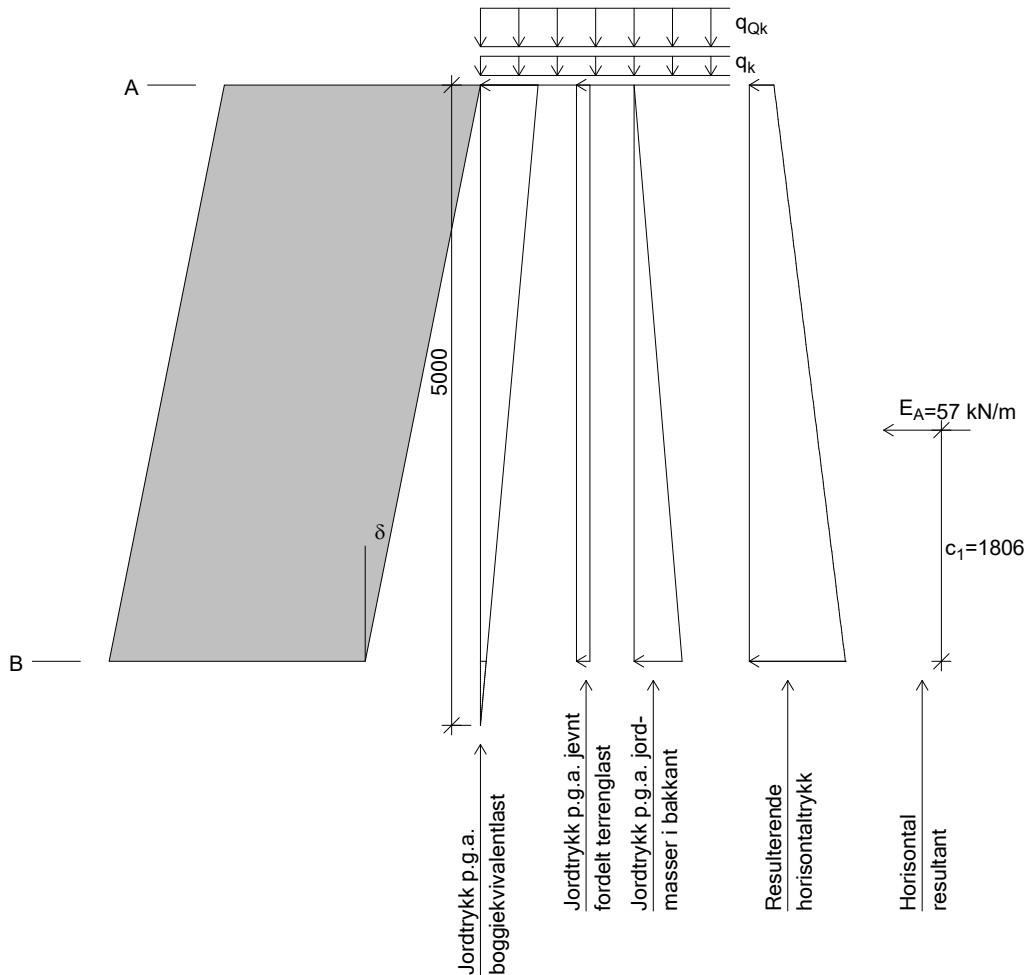
Laster i bakkant

Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ 1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$ 1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60, \quad \phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$$K_A = 0,321 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

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

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,321 = 0,254$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,254 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 5,2 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 5,2 \text{ kN/m}^2$$

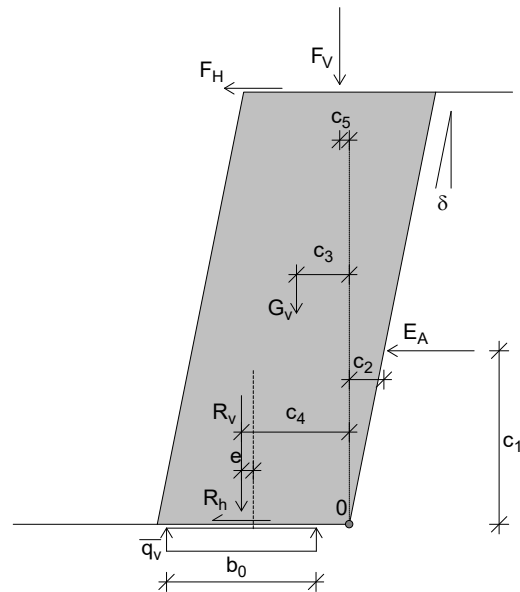
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,254 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 20,3 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Grunntrykk



$$R_h = E_A + F_H = 57 + 16,1 = 74 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 - \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,81}{5,0} = 0,36 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 198 + 0 + 61,5 = 260 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{57 \cdot 1,81 + 198 \cdot 0,55 + 61,5 \cdot 0,10 + 16,1 \cdot 4,5}{260}$$

$$c_4 = 1,12 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,12 - 0,5 \cdot 2,0 = 0,12 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,12 = 1,56 \text{ m}$$

$$\overline{q}_v = R_v / b_0 = 260 / 1,56 = \mathbf{167 \text{ kN/m}^2}$$

Kontroll mot glidning :

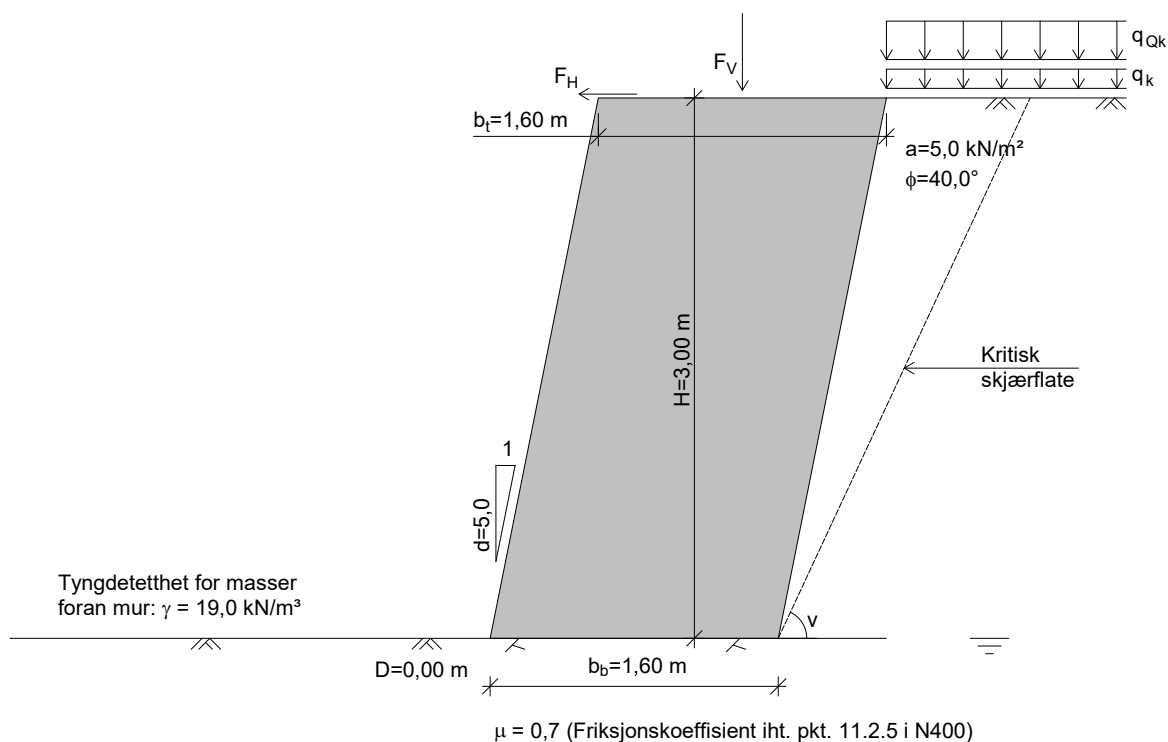
Iht. håndbok N400 (pkt. 11.2.5) skal følgende betingelse være oppfylt (for én-aksial tilstand):

$$R_h \leq \mu \cdot R_v$$

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 260 = 182 \text{ kN/m} > 74 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK!}$$

Beregnet 02.12.2019 Kl.12:35:37
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

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

Konsekvensklasse: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,4$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0$

Helling av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur for laster virkende i toppen.

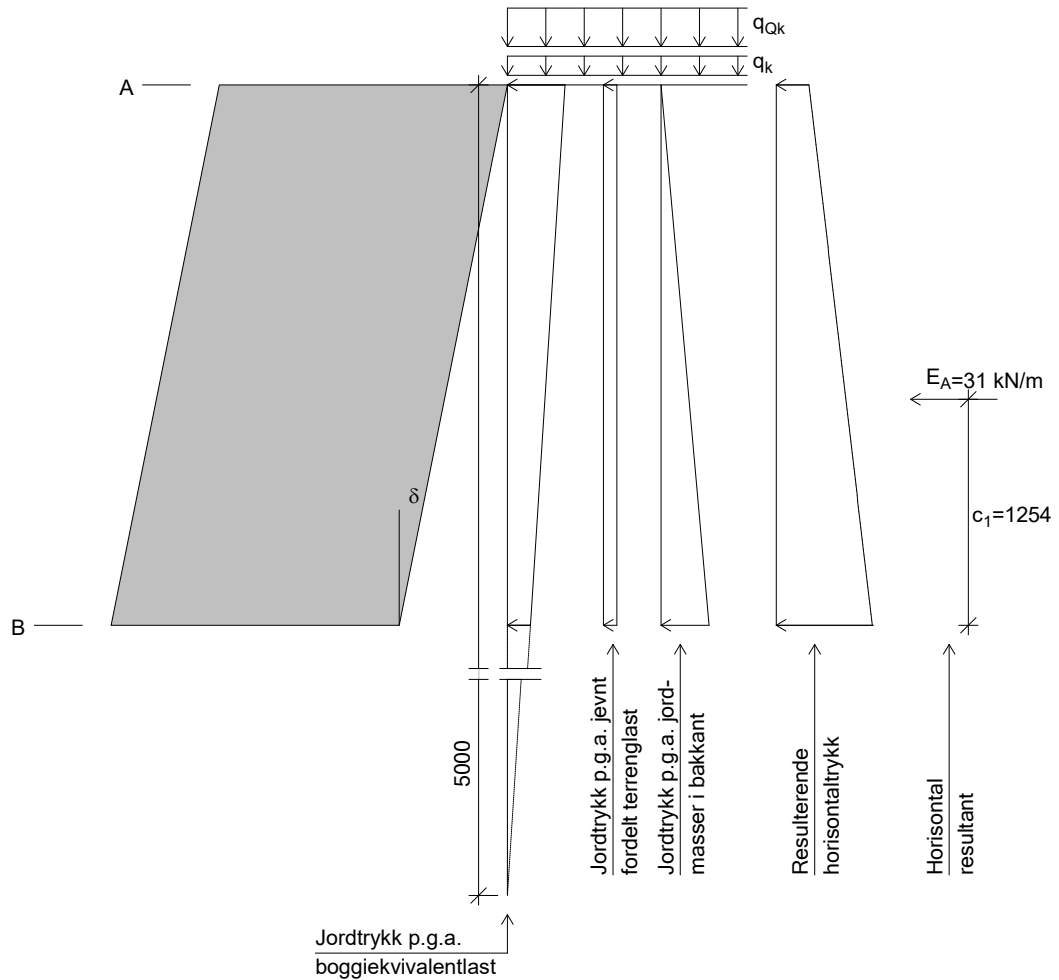
Laster i topp:
(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 61,5 \text{ kN/m}$

$F_H = 16,1 \text{ kN/m}$

Laster i bakkant	Lastfaktor (Bruddgrense)
$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$	1,30
$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$	1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60, \quad \phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$$K_A = 0,321 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{3,0}{\frac{3,0}{5,0} + 1,6 - 1,6} = 5,0$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,321 = 0,254$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,254 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 5,2 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 5,2 \text{ kN/m}^2$$

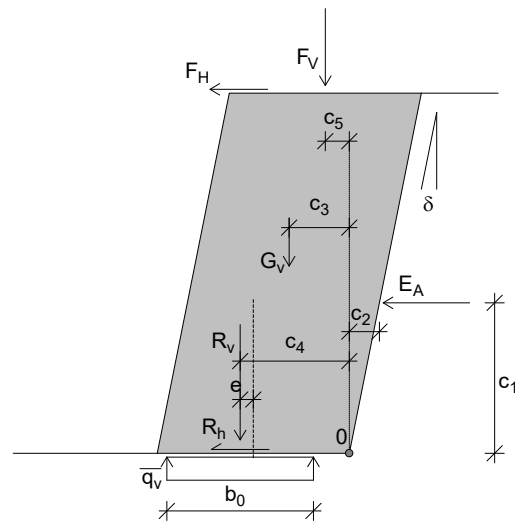
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 3,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-3,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 3,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,40 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 75,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,254 \cdot (75,0 + 5,0) - 5,0 = 15,3 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Grunntrykk



$$R_h = E_A + F_H = 31 + 16,1 = 47 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,6 + 1,6) \cdot 3,0 \cdot 22,0 = 106 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{106} \cdot \left[\frac{3,0}{6} \cdot (1,6 - 1,6) \cdot 22,0 \cdot (1,6 - 1,6 \cdot \frac{3,0}{5,0}) + 3,0 \cdot 1,6 \cdot 22,0 \cdot (1,6 - \frac{1}{2} \cdot 1,6 - \frac{1}{2} \cdot \frac{3,0}{5,0}) \right] = 0,50 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,20 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,25}{5,0} = 0,25 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 106 + 0 + 61,5 = 167 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{31 \cdot 1,25 + 106 \cdot 0,50 + 61,5 \cdot 0,20 + 16,1 \cdot 3,0}{167}$$

$$c_4 = 0,91 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,91 - 0,5 \cdot 1,6 = 0,11 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,6 - 2 \cdot 0,11 = 1,22 \text{ m}$$

$$q_v = R_v / b_0 = 167 / 1,22 = 137 \text{ kN/m}^2$$

Kontroll mot glidning :

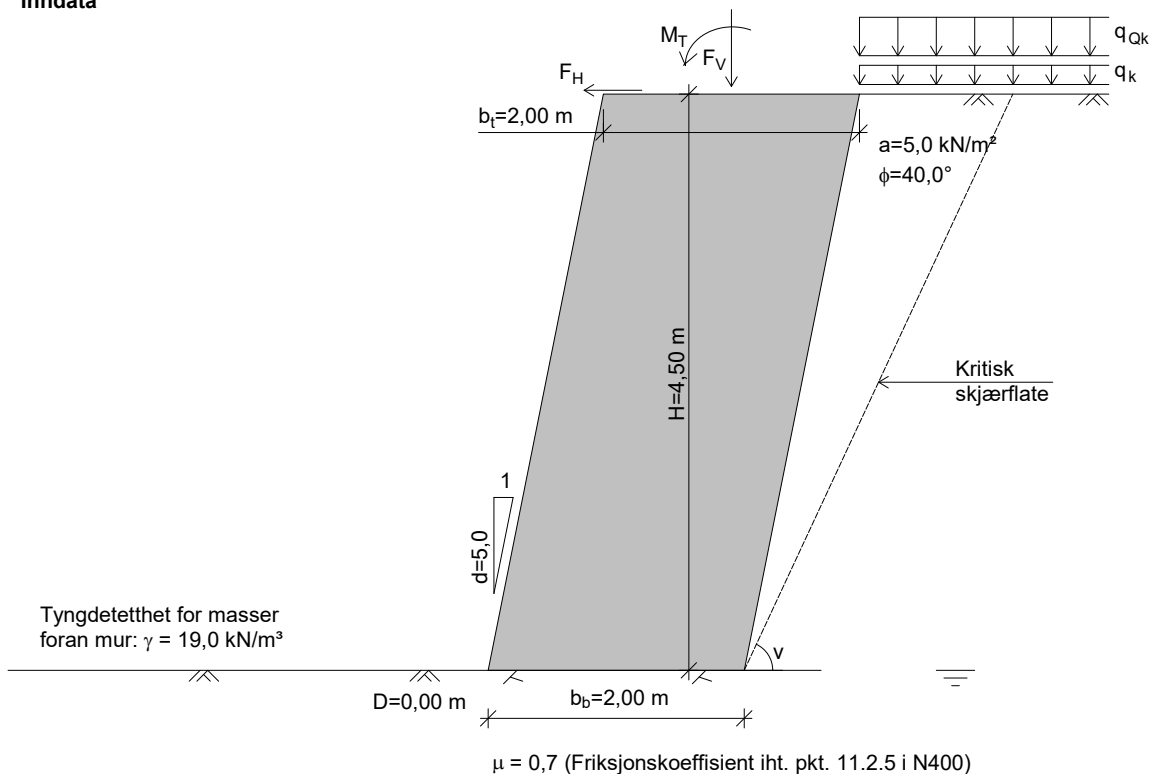
Iht. håndbok N400 (pkt. 11.2.5) skal følgende betingelse være oppfylt (for én-aksial tilstand):

$$R_h \leq \mu \cdot R_v$$

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 167 = 117 \text{ kN/m} > 47 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK!}$$

Beregnet 16.12.2019 Kl.09:59:25
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

Tyngdetetthet for masser bak mur:

Ulykkesgrensetilstanden:

$\Rightarrow \gamma_m = 1,20$

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0$

Helling av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 63,1 \text{ kN/m}$

$F_H = 22,8 \text{ kN/m}$

$M_T = -10,7 \text{ kNm/m}$

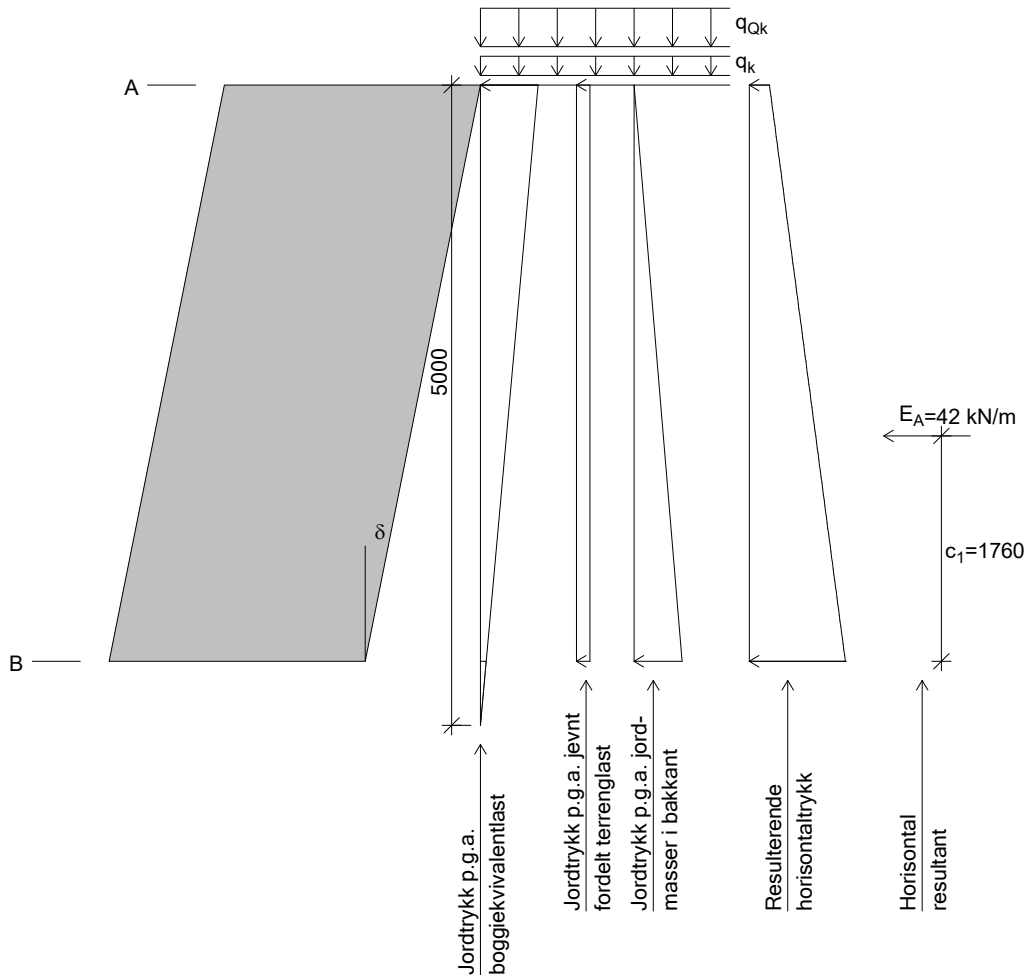
Laster i bakkant

Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ 1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$ 1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,20 = 0,70, \quad \phi_d = \arctan(0,70) = 35,0^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$$K_A = 0,271 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

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

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 35,0^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(35,0^\circ)} = 0,755$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,755 \cdot 0,271 = 0,205$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,205 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 3,2 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 3,2 \text{ kN/m}^2$$

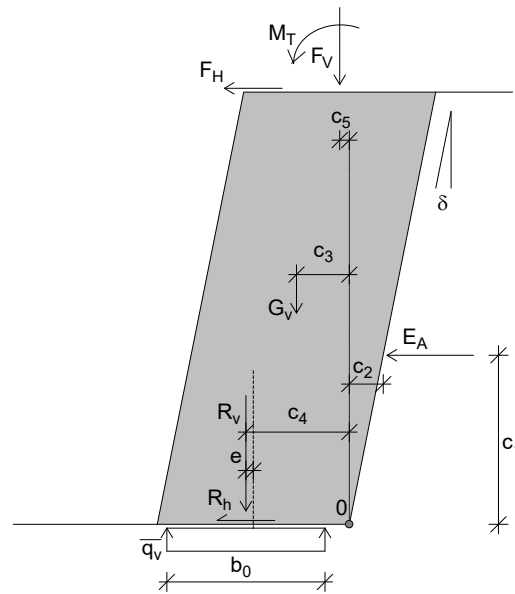
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,205 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 15,5 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Grunntrykk



$$R_h = E_A + F_H = 42 + 22,8 = 65 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 - \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,76}{5,0} = 0,35 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 198 + 0 + 63,1 = 261 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H + M_T}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{42 \cdot 1,76 + 198 \cdot 0,55 + 63,1 \cdot 0,10 + 22,8 \cdot 4,5 - 10,7}{261}$$

$$c_4 = 1,08 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,08 - 0,5 \cdot 2,0 = 0,08 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,08 = 1,65 \text{ m}$$

$$\overline{q_v} = R_v / b_0 = 261 / 1,65 = \mathbf{159 \text{ kN/m}^2}$$

Kontroll mot glidning :

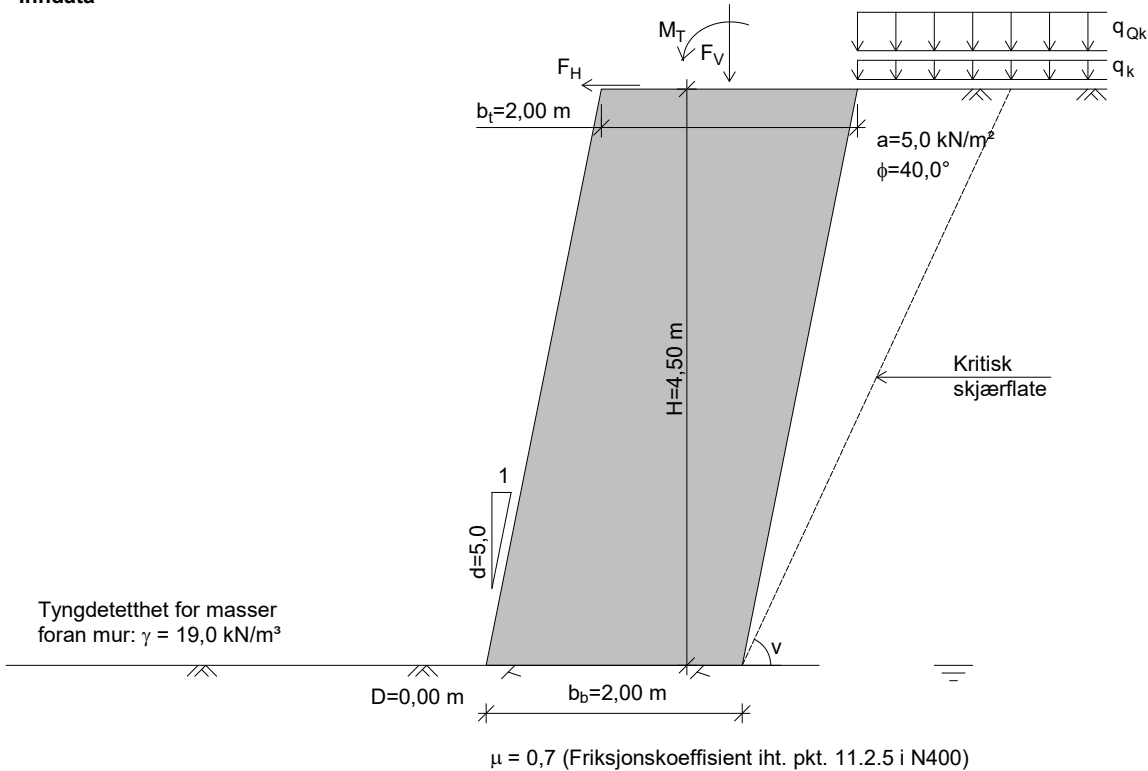
Iht. håndbok N400 (pkt. 11.2.5) skal følgende betingelse være oppfylt (for én-aksial tilstand):

$$R_h \leq \mu \cdot R_v$$

$$\mu \cdot R_v = 0,7 \cdot 261 = 183 \text{ kN/m} > 65 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK !}$$

Beregnet 16.12.2019 Kl.10:00:30
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

Tyngdetetthet for masser bak mur:

Ulykkesgrensetilstanden:

$\Rightarrow \gamma_m = 1,20$

Ruhet for bakkant mur: $r_v = 0$

Helling av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevne/grunntrykk beregnes for mur fundamentert direkte på berg.

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. Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 26,4 \text{ kN/m}$

$F_H = 22,8 \text{ kN/m}$

$M_T = -10,7 \text{ kNm/m}$

Laster i bakkant

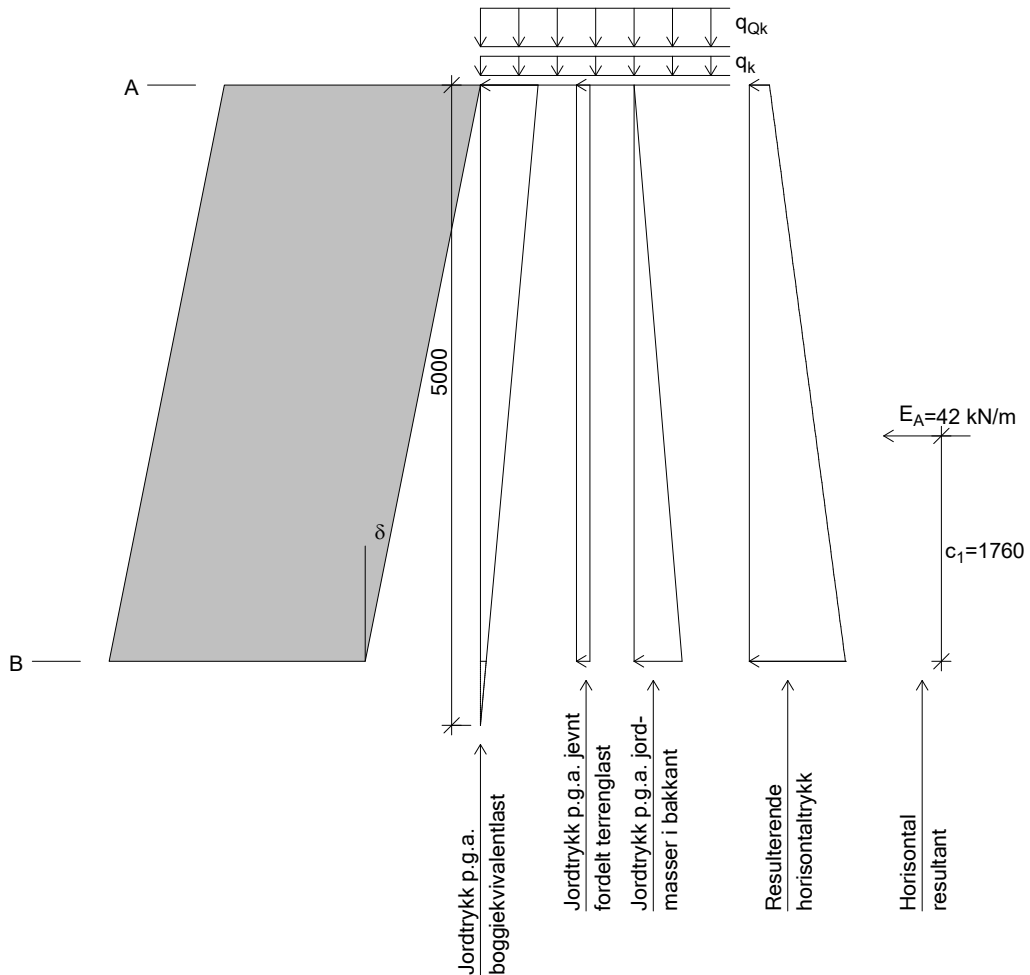
Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ 1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$ 1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir tatt med i beregningene.

Jordtrykk
(mål i mm)



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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,20 = 0,70, \quad \phi_d = \arctan(0,70) = 35,0^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$$K_A = 0,271 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

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

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 35,0^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(35,0^\circ)} = 0,755$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,755 \cdot 0,271 = 0,205$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,205 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 3,2 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 3,2 \text{ kN/m}^2$$

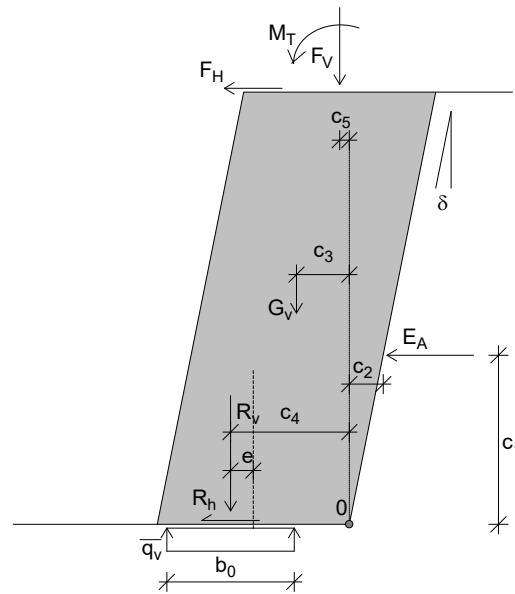
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,205 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 15,5 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Grunntrykk



$$R_h = E_A + F_H = 42 + 22,8 = 65 \text{ kN/m}$$

$$G_V = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 - \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = 0 \text{ (Dvs. ingen skjærkraft i bakkant mur)}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,76}{5,0} = 0,35 \text{ m}$$

$$R_V = G_V + T_A + F_V = 198 + 0 + 26,4 = 224 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 + G_V \cdot c_3 + F_V \cdot c_5 + F_H \cdot H + M_T}{R_V}$$

$$c_4 = \frac{42 \cdot 1,76 + 198 \cdot 0,55 + 26,4 \cdot 0,10 + 22,8 \cdot 4,5 - 10,7}{224}$$

$$c_4 = 1,24 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,24 - 0,5 \cdot 2,0 = 0,24 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,24 = 1,33 \text{ m}$$

$$\overline{q_v} = R_V / b_0 = 224 / 1,33 = \mathbf{169 \text{ kN/m}^2}$$

Kontroll mot glidning :

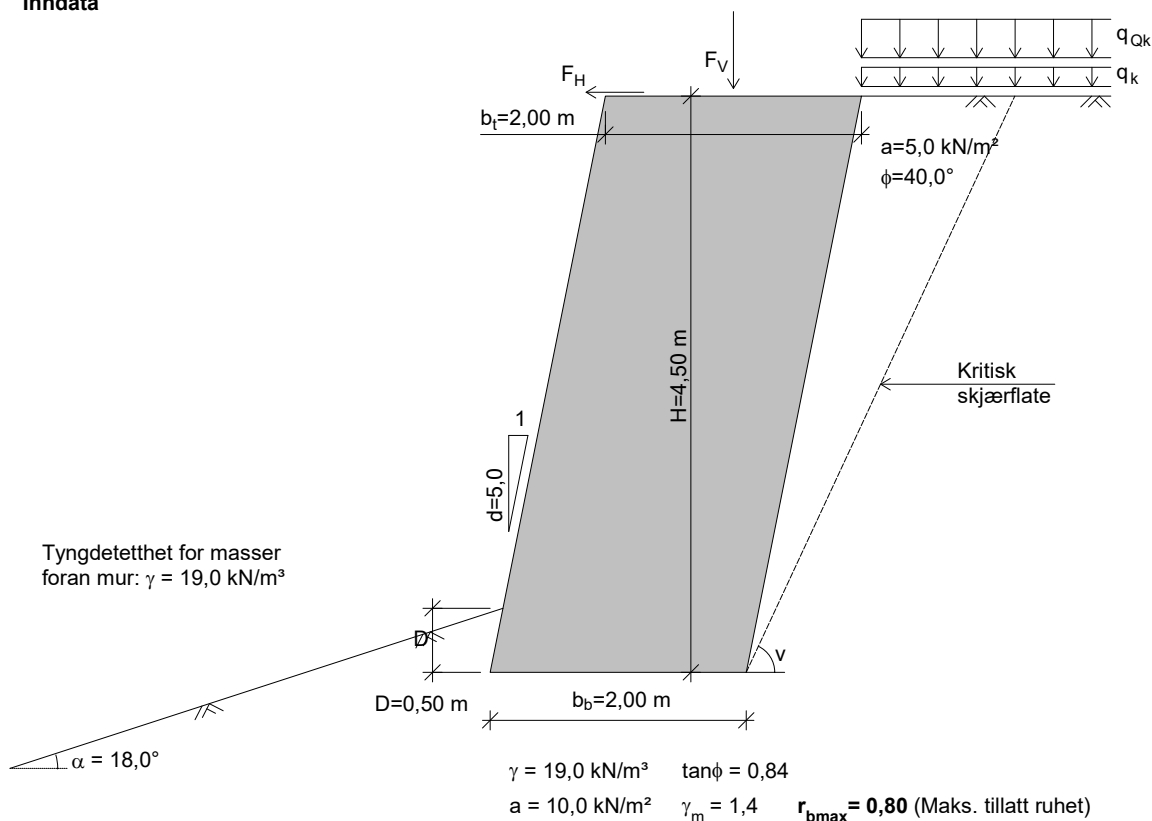
Iht. håndbok N400 (pkt. 11.2.5) skal følgende betingelse være oppfylt (for én-aksial tilstand):

$$R_h \leq \mu \cdot R_V$$

$$\mu \cdot R_V = 0,7 \cdot 224 = 157 \text{ kN/m} > 65 \text{ kN/m} \Rightarrow \text{OK !}$$

Beregnet 16.12.2019 Kl.10:06:17
(Programversjon 17.01)

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 : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,4$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

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

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur

for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 24,8 \text{ kN/m}$

$F_H = 16,1 \text{ kN/m}$

Laster i bakkant

Lastfaktor
(Bruddgrense)

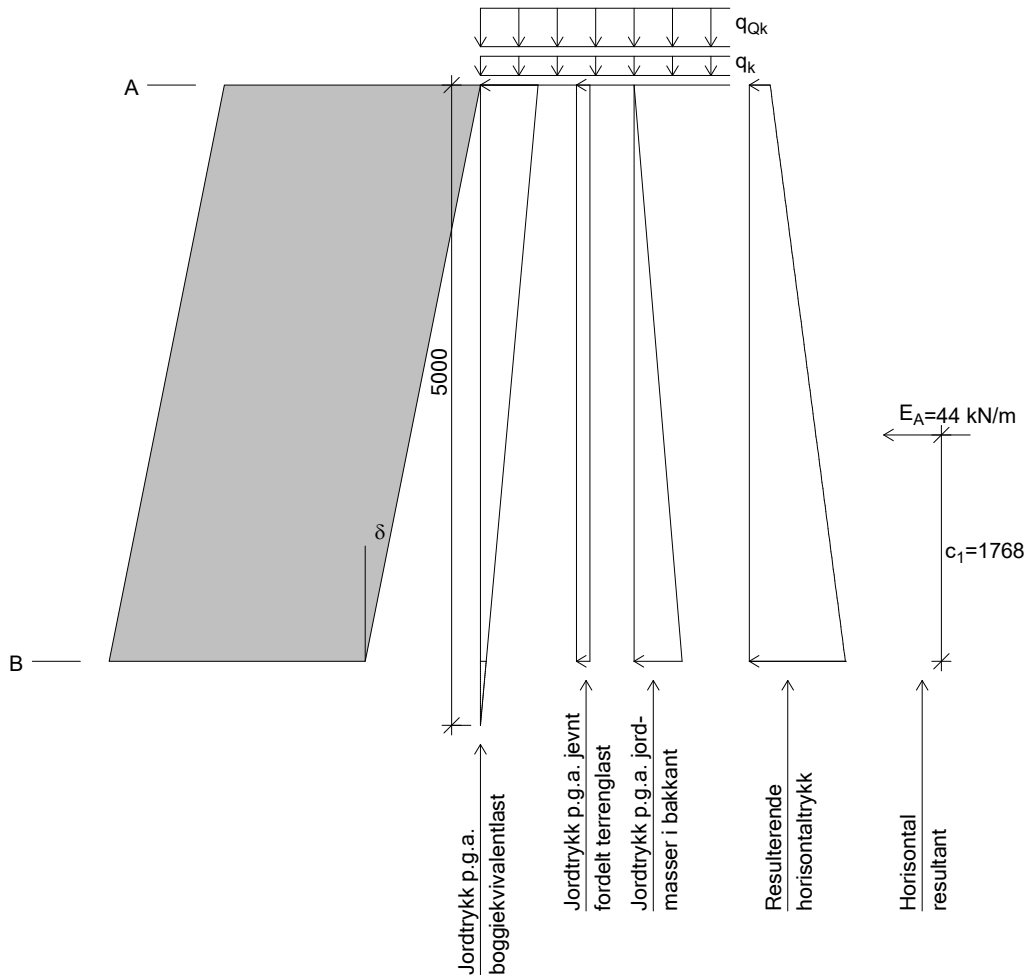
$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ 1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$ 1,15

Boggiequivalentlasten q_{Qk} blir

tatt med i beregningene.

Jordtrykk
(mål i mm)



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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60$, $\phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$K_A = 0,268$ (iht. figur 5.4 i V220)

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

$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

Korrigert jordtrykksfaktor: $K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,268 = 0,211$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$

$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,211 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 3,5 \text{ kN/m}^2$, dvs. > 0

Horisontaltrykk: $p'_{Ah} = 3,5 \text{ kN/m}^2$

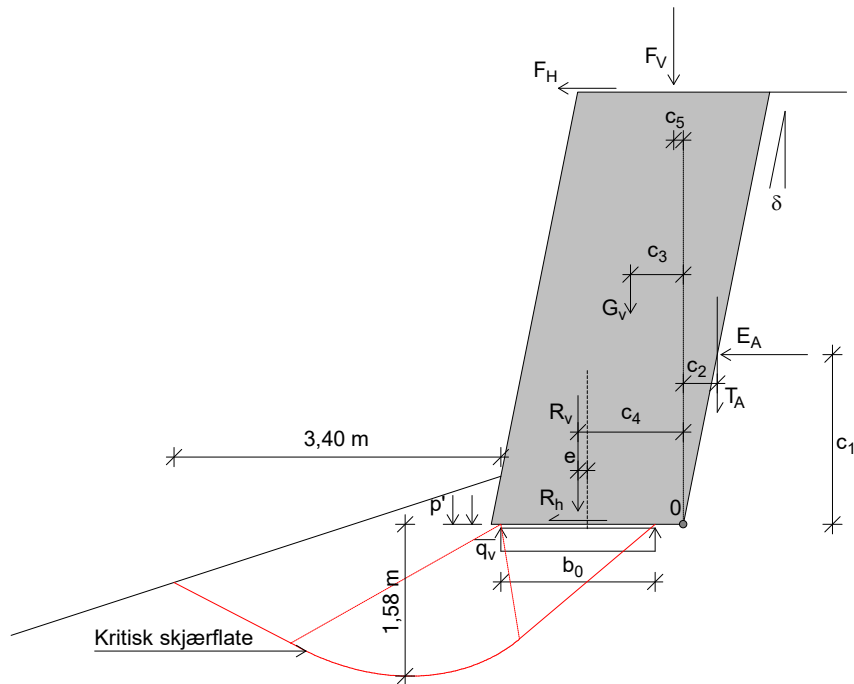
Nivå B (bunn mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$

Horisontaltrykk: $p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,211 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 16,1 \text{ kN/m}^2$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A + F_H = 44 + 16,1 = 60 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 \cdot \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{44}{4,5} + 5,0 \right) \cdot 4,5 = 12 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,77}{5,0} = 0,35 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 198 + 12 + 24,8 = 235 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{44 \cdot 1,77 - 12 \cdot 0,35 + 198 \cdot 0,55 + 24,8 \cdot 0,10 + 16,1 \cdot 4,5}{235}$$

$$c_4 = 1,10 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,10 - 0,5 \cdot 2,0 = 0,10 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,10 = 1,61 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 235 / 1,61 = 146 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,84 / 1,40 = 0,60 \Rightarrow r_b = \frac{60}{1,61 \cdot (146 + 10) \cdot 0,60}$$

$$r_b = 0,40 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 0,50 = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 18,0^\circ = 0,31 \text{ (rad.)}, \quad \tan \alpha = 0,32$$

$$N_q = 12,4, \quad N_\gamma = 9,9, \quad \gamma' = 19,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (drenerte forhold)}$$

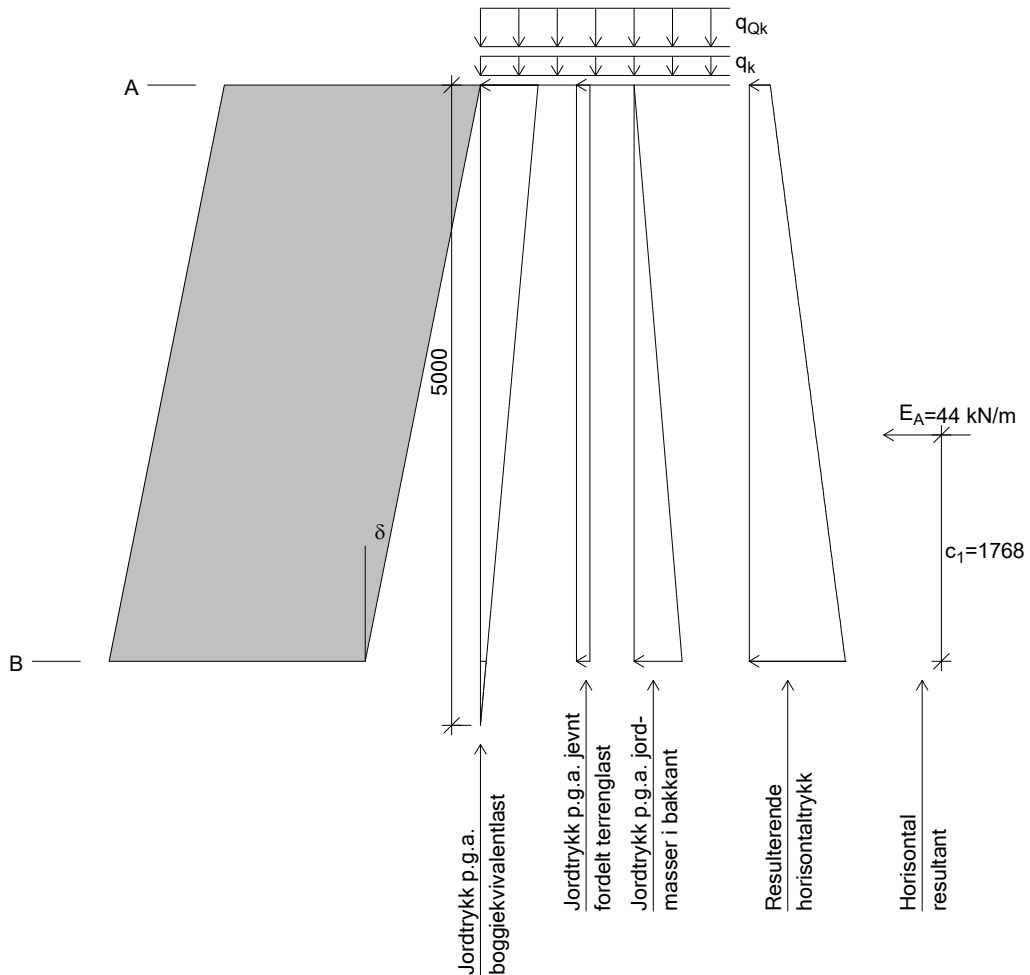
$$f_{sq} = (1 - 0,55 \cdot \tan \alpha)^5 = (1 - 0,55 \cdot 0,32)^5 = 0,37$$

$$f_{sa} = e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d} = e^{-2 \cdot 0,31 \cdot 0,60} = 0,69$$

$$\bar{\sigma}_v = 175 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,84$$

Jordtrykk
(mål i mm)



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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60$, $\phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$K_A = 0,268$ (iht. figur 5.4 i V220)

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

$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

Korrigert jordtrykksfaktor: $K_{A,korr} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,268 = 0,211$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$

$K_{A,korr} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,211 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 3,5 \text{ kN/m}^2$, dvs. > 0

Horisontaltrykk: $p'_{Ah} = 3,5 \text{ kN/m}^2$

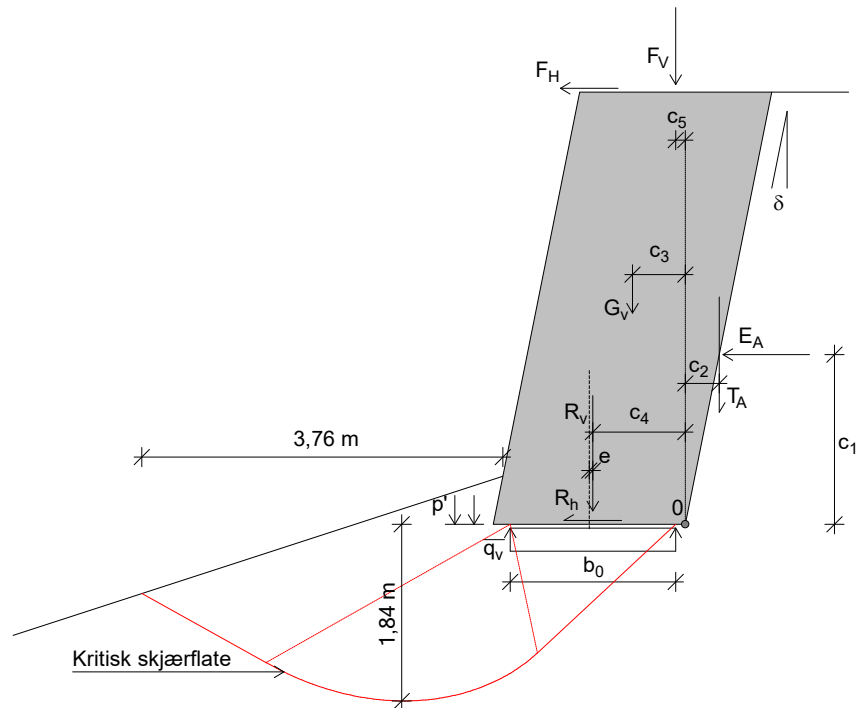
Nivå B (bunn mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$

Horisontaltrykk: $p'_{Bh} = K_{A,korr} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,211 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 16,1 \text{ kN/m}^2$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A + F_H = 44 + 16,1 = 60 \text{ kN/m}$$

$$G_V = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 - \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{44}{4,5} + 5,0 \right) \cdot 4,5 = 12 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,77}{5,0} = 0,35 \text{ m}$$

$$R_v = G_V + T_A + F_V = 198 + 12 + 61,5 = 271 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_V \cdot c_3 + F_V \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{44 \cdot 1,77 - 12 \cdot 0,35 + 198 \cdot 0,55 + 61,5 \cdot 0,10 + 16,1 \cdot 4,5}{271}$$

$$c_4 = 0,96 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,96 - 0,5 \cdot 2,0 = -0,04 \text{ m}$$

Eksentrisiteten e om senter bunnbredde er beregnet til å ha negativ verdi, dvs. at vertikal lastresultant har plassering innenfor senter av bunnbredden. Dette indikerer at muren har en tendens til å lene seg mot bakfyllmassene. Valgt vertikal ruhet bør da vurderes på ny, og beregningene eventuelt gjentas med en lavere verdi for ruheten r_v .

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot |e| = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,04 = 1,72 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 271 / 1,72 = 157 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,84 / 1,40 = 0,60 \Rightarrow r_b = \frac{60}{1,72 \cdot (157 + 10) \cdot 0,60}$$

$$r_b = 0,35 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 0,50 = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 18,0^\circ = 0,31 \text{ (rad.)}, \quad \tan \alpha = 0,32$$

$$N_q = 13,3, \quad N_\gamma = 11,5, \quad \gamma' = 19,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (drenerte forhold)}$$

$$f_{sq} = (1 - 0,55 \cdot \tan \alpha)^5 = (1 - 0,55 \cdot 0,32)^5 = 0,37$$

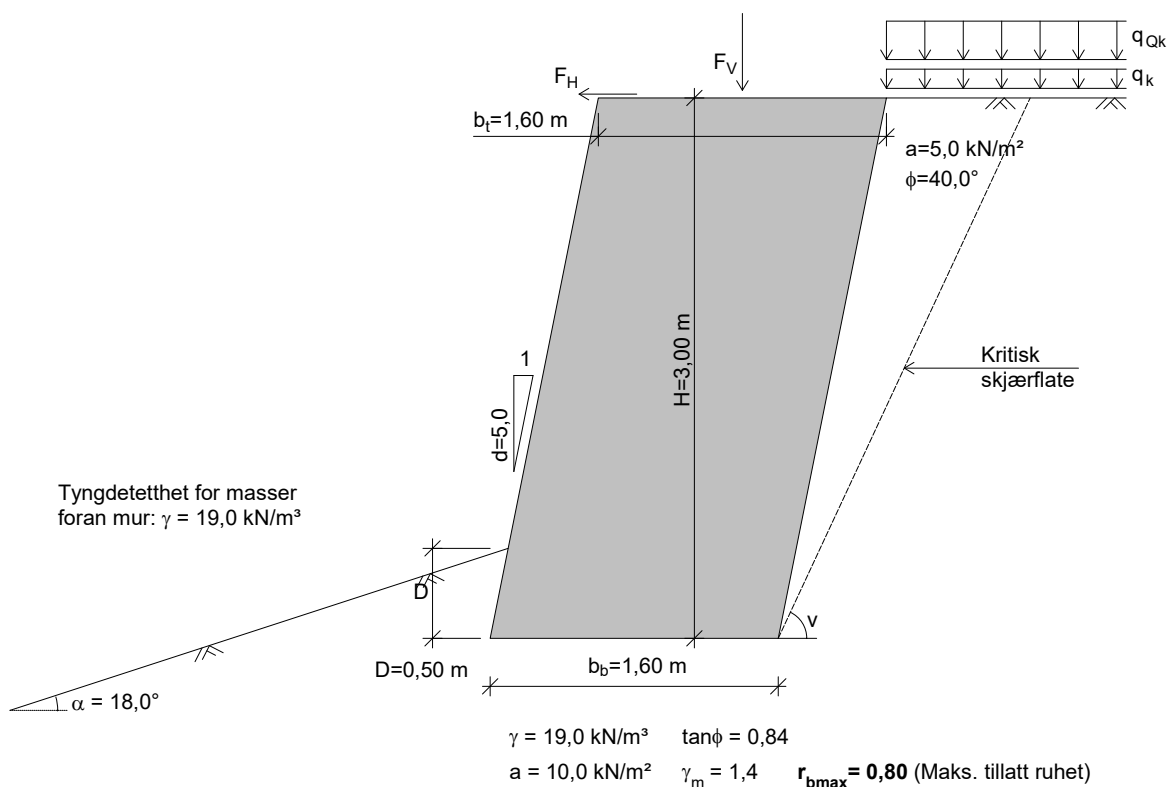
$$f_{sa} = e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d} = e^{-2 \cdot 0,31 \cdot 0,60} = 0,69$$

$$\bar{\sigma}_v = 199 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,79$$

Beregnet 02.12.2019 Kl.12:18:27
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

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

Konsekvensklasse: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,4$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

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

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur

for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 24,8 \text{ kN/m}$

$F_H = 16,1 \text{ kN/m}$

Laster i bakkant

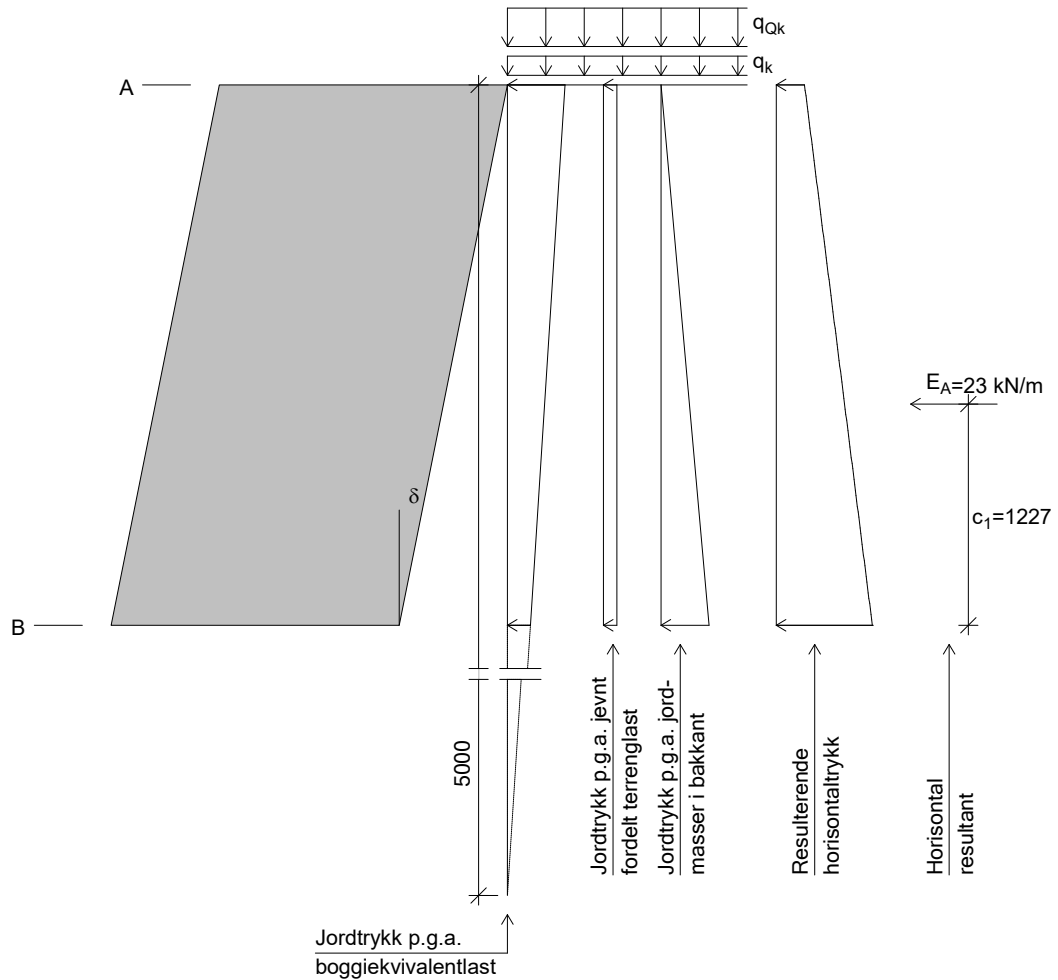
Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ 1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$ 1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir

tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60$, $\phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$K_A = 0,268$ (iht. figur 5.4 i V220)

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{3,0}{\frac{3,0}{5,0} + 1,6 - 1,6} = 5,0$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,268 = 0,211$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,211 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 3,5 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

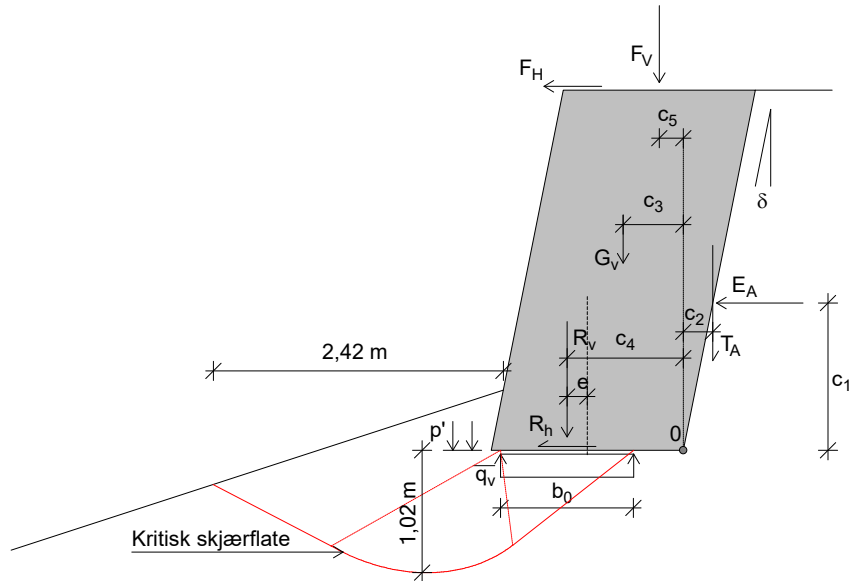
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 3,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-3,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 3,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,40 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 75,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,211 \cdot (75,0 + 5,0) - 5,0 = 11,9 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A + F_H = 23 + 16,1 = 39 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,6 + 1,6) \cdot 3,0 \cdot 22,0 = 106 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{106} \cdot \left[\frac{3,0}{6} \cdot (1,6 - 1,6) \cdot 22,0 \cdot (1,6 - 1,6 \cdot \frac{3,0}{5,0}) + 3,0 \cdot 1,6 \cdot 22,0 \cdot (1,6 - \frac{1}{2} \cdot 1,6 - \frac{1}{2} \cdot \frac{3,0}{5,0}) \right] = 0,50 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,20 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{23}{3,0} + 5,0 \right) \cdot 3,0 = 6,9 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,23}{5,0} = 0,25 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 106 + 6,9 + 24,8 = 137 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{23 \cdot 1,23 - 6,9 \cdot 0,25 + 106 \cdot 0,50 + 24,8 \cdot 0,20 + 16,1 \cdot 3,0}{137}$$

$$c_4 = 0,97 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,97 - 0,5 \cdot 1,6 = 0,17 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,6 - 2 \cdot 0,17 = 1,11 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 137 / 1,11 = 124 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,84 / 1,40 = 0,60 \Rightarrow r_b = \frac{39}{1,11 \cdot (124 + 10) \cdot 0,60}$$

$$r_b = 0,44 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 0,50 = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 18,0^\circ = 0,31 \text{ (rad.)}, \quad \tan \alpha = 0,32$$

$$N_q = 11,6, \quad N_\gamma = 8,7, \quad \gamma' = 19,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (drenerte forhold)}$$

$$f_{sq} = (1 - 0,55 \cdot \tan \alpha)^5 = (1 - 0,55 \cdot 0,32)^5 = 0,37$$

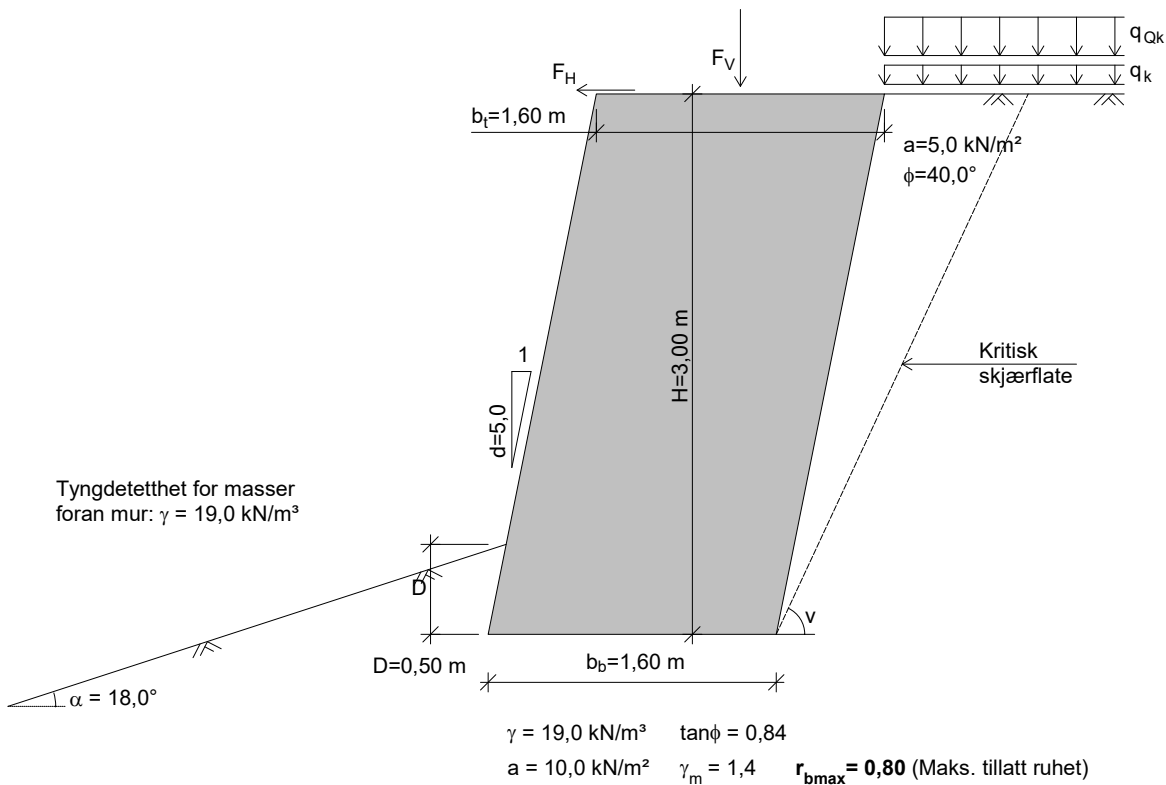
$$f_{sa} = e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d} = e^{-2 \cdot 0,31 \cdot 0,60} = 0,69$$

$$\bar{\sigma}_v = 145 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,86$$

Beregnet 02.12.2019 Kl.12:19:08
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

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

Konsekvensklasse: CC2 Alvorlig

Bruddmekanisme : Nøytralt brudd

$\Rightarrow \gamma_m = 1,4$ (iht. Fig. 0.3 i Håndbok V220)

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

Helning av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur

for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 61,5 \text{ kN/m}$

$F_H = 16,1 \text{ kN/m}$

Laster i bakkant

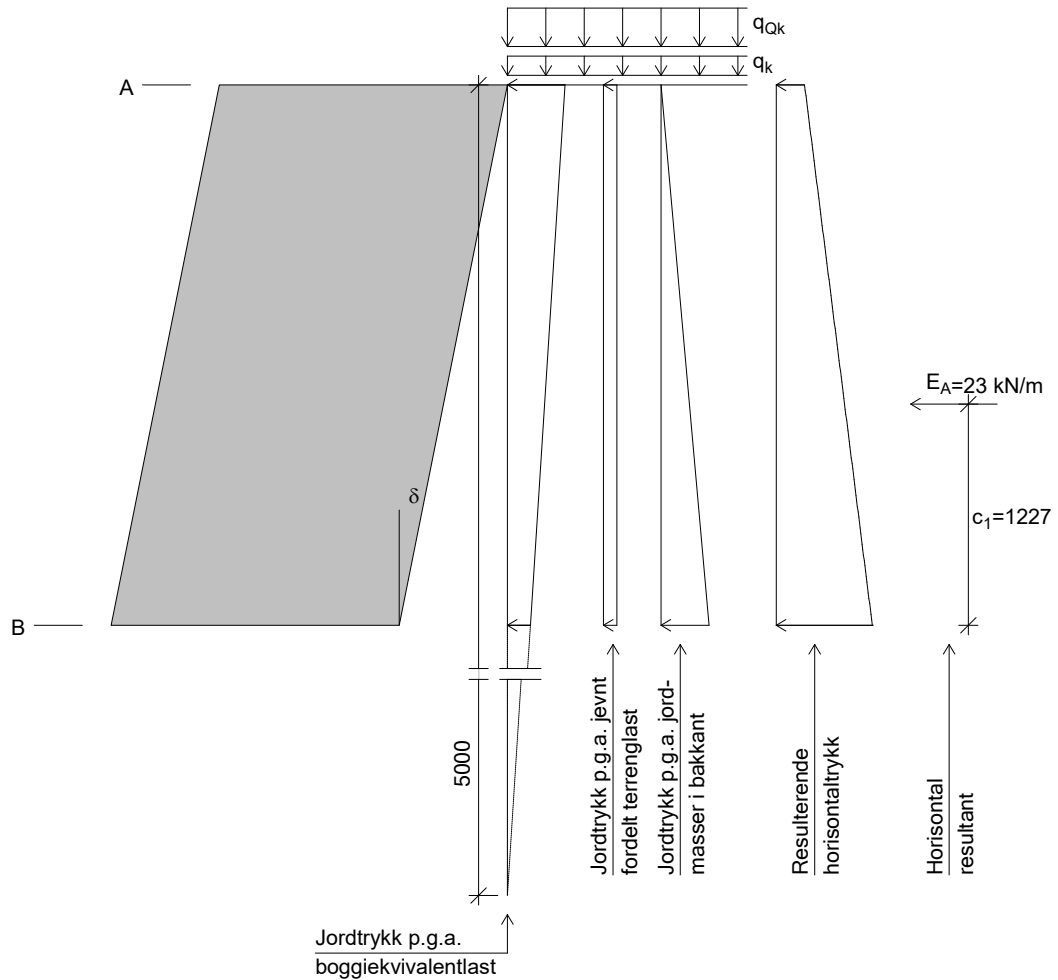
Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ 1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$ 1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir

tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,4 = 0,60$, $\phi_d = \arctan(0,60) = 30,9^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$K_A = 0,268$ (iht. figur 5.4 i V220)

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{3,0}{\frac{3,0}{5,0} + 1,6 - 1,6} = 5,0$$

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 30,9^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(30,9^\circ)} = 0,790$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,790 \cdot 0,268 = 0,211$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,211 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 3,5 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

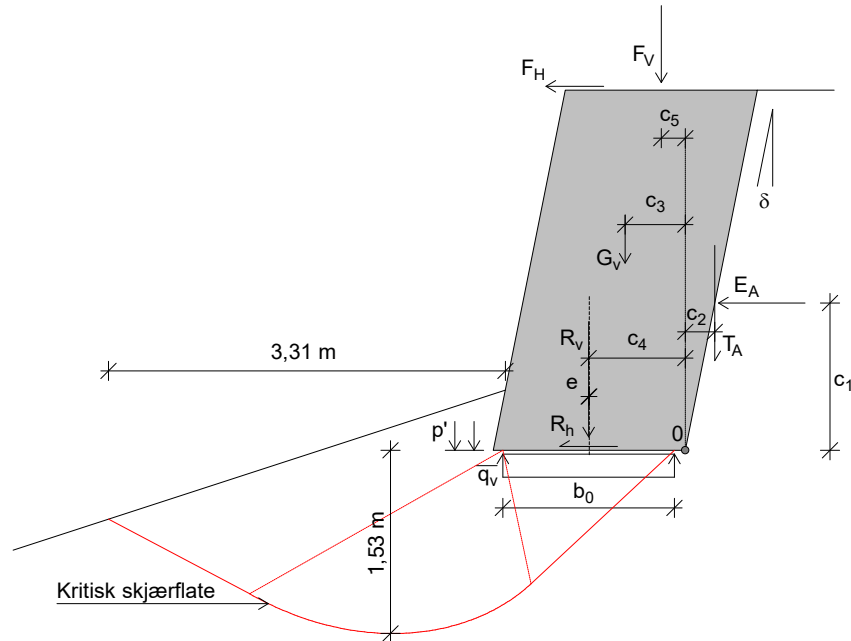
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 3,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-3,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 3,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,40 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 75,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,211 \cdot (75,0 + 5,0) - 5,0 = 11,9 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A + F_H = 23 + 16,1 = 39 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,6 + 1,6) \cdot 3,0 \cdot 22,0 = 106 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{106} \cdot \left[\frac{3,0}{6} \cdot (1,6 - 1,6) \cdot 22,0 \cdot (1,6 - 1,6 \cdot \frac{3,0}{5,0}) + 3,0 \cdot 1,6 \cdot 22,0 \cdot (1,6 - \frac{1}{2} \cdot 1,6 \cdot \frac{3,0}{5,0}) \right] = 0,50 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,20 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,60 \cdot \left(\frac{23}{3,0} + 5,0 \right) \cdot 3,0 = 6,9 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,23}{5,0} = 0,25 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 106 + 6,9 + 61,5 = 174 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{23 \cdot 1,23 - 6,9 \cdot 0,25 + 106 \cdot 0,50 + 61,5 \cdot 0,20 + 16,1 \cdot 3,0}{174}$$

$$c_4 = 0,81 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,81 - 0,5 \cdot 1,6 = 0,01 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,6 - 2 \cdot 0,01 = 1,43 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 174 / 1,43 = 122 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,84 / 1,40 = 0,60 \Rightarrow r_b = \frac{39}{1,43 \cdot (122 + 10) \cdot 0,60}$$

$$r_b = 0,35 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 0,50 = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 18,0^\circ = 0,31 \text{ (rad.)}, \quad \tan \alpha = 0,32$$

$$N_q = 13,3, \quad N_\gamma = 11,5, \quad \gamma' = 19,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (drenerte forhold)}$$

$$f_{sq} = (1 - 0,55 \cdot \tan \alpha)^5 = (1 - 0,55 \cdot 0,32)^5 = 0,37$$

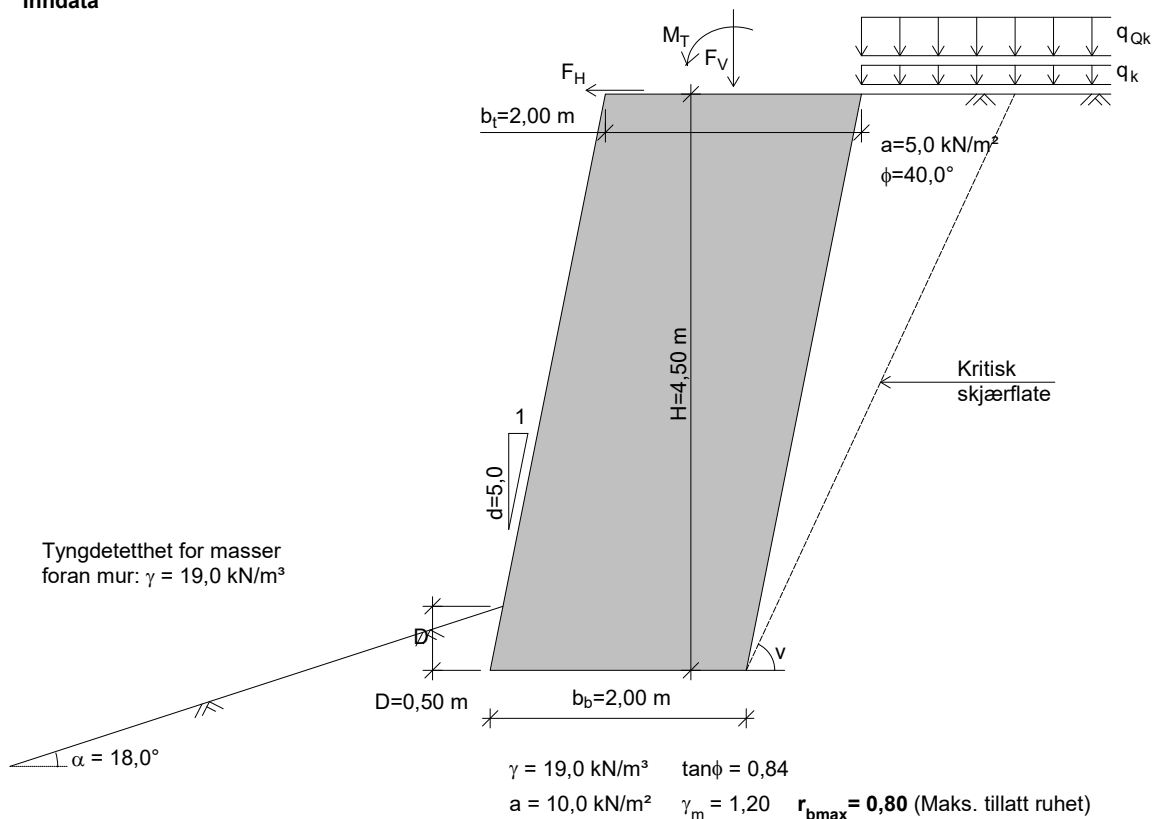
$$f_{sa} = e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d} = e^{-2 \cdot 0,31 \cdot 0,60} = 0,69$$

$$\bar{\sigma}_v = 187 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,65$$

Beregnet 16.12.2019 Kl.10:12:22
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

Tyngdetetthet for masser bak mur:

Ulykkesgrensetilstanden:

$\Rightarrow \gamma_m = 1,20$

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

Helling av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur

for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 63,1 \text{ kN/m}$

$F_H = 22,8 \text{ kN/m}$

$M_T = -10,7 \text{ kNm/m}$

Laster i bakkant

Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

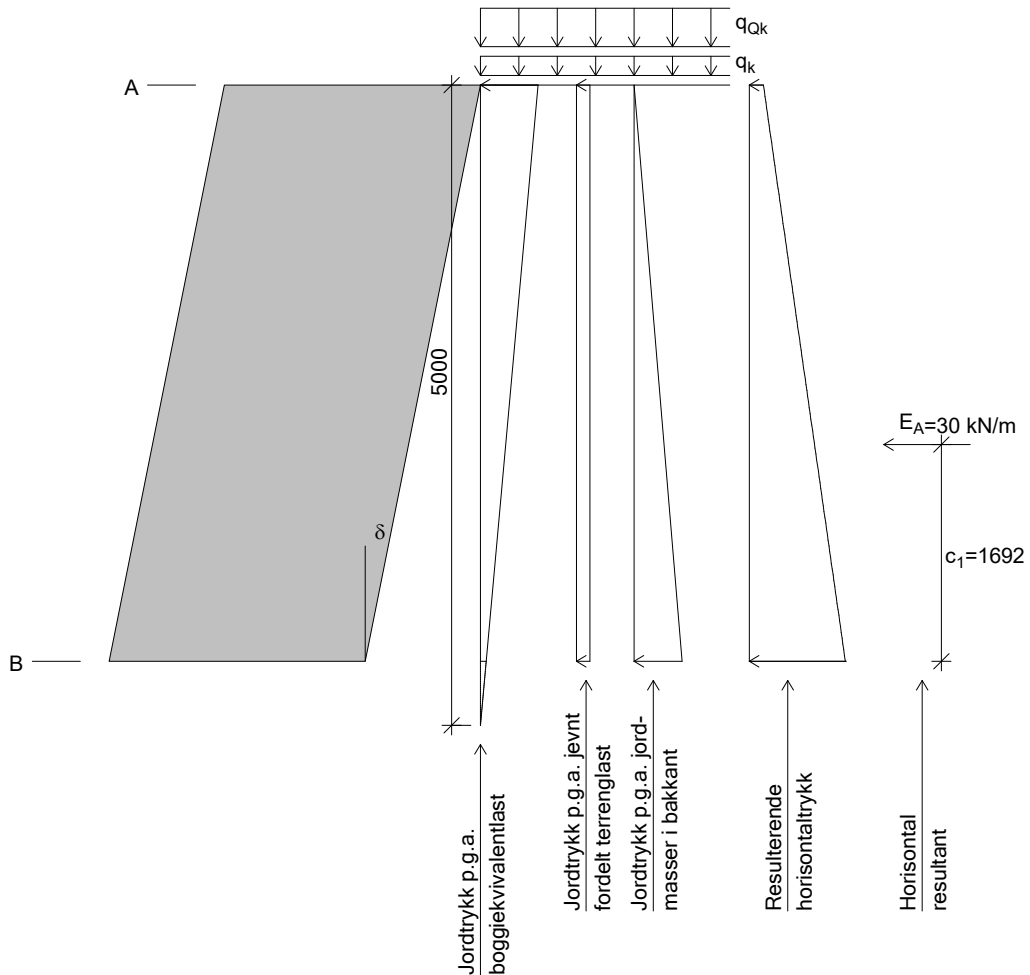
1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$

1,15

Boggiequivallentlasten q_{Qk} blir

tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,20 = 0,70$, $\phi_d = \arctan(0,70) = 35,0^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$K_A = 0,221$ (iht. figur 5.4 i V220)

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

$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^2\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 35,0^\circ)}{\cos^2(11,3^\circ) \cdot \cos^2(35,0^\circ)} = 0,755$$

Korrigert jordtrykksfaktor: $K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,755 \cdot 0,221 = 0,167$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3$ kN/m²

$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,167 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 1,7$ kN/m² , dvs. > 0

Horisontaltrykk: $p'_{Ah} = 1,7$ kN/m²

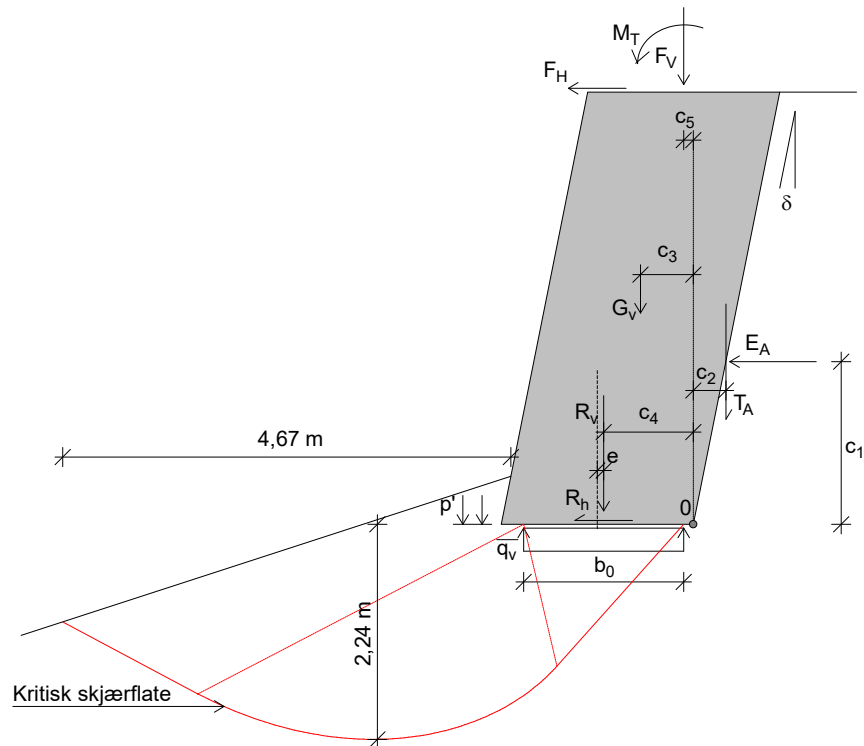
Nivå B (bunn mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9$ kN/m²

Horisontaltrykk: $p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,167 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 11,6$ kN/m²

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A + F_H = 30 + 22,8 = 53 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0) \cdot \frac{4,5}{5,0} + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot \left(2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{4,5}{5,0} \right) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,70 \cdot \left(\frac{30}{4,5} + 5,0 \right) \cdot 4,5 = 11 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,69}{5,0} = 0,34 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 198 + 11 + 63,1 = 272 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H + M_T}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{30 \cdot 1,69 - 11 \cdot 0,34 + 198 \cdot 0,55 + 63,1 \cdot 0,10 + 22,8 \cdot 4,5 - 10,7}{272}$$

$$c_4 = 0,93 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,93 - 0,5 \cdot 2,0 = -0,07 \text{ m}$$

Eksentrisiteten e om senter bunnbredde er beregnet til å ha negativ verdi, dvs. at vertikal lastresultant har plassering innenfor senter av bunnbredden. Dette indikerer at muren har en tendens til å lene seg mot bakfyllmassene. Valgt vertikal ruhet bør da vurderes på ny, og beregningene eventuelt gjentas med en lavere verdi for ruheten r_v .

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot |e| = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,07 = 1,67 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 272 / 1,67 = 163 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,84 / 1,20 = 0,70 \Rightarrow r_b = \frac{53}{1,67 \cdot (163 + 10) \cdot 0,70}$$

$$r_b = 0,26 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 0,50 = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 18,0^\circ = 0,31 \text{ (rad.)}, \quad \tan \alpha = 0,32$$

$$N_q = 22,4, \quad N_\gamma = 26,3, \quad \gamma' = 19,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (drenerte forhold)}$$

$$f_{sq} = (1 - 0,55 \cdot \tan \alpha)^5 = (1 - 0,55 \cdot 0,32)^5 = 0,37$$

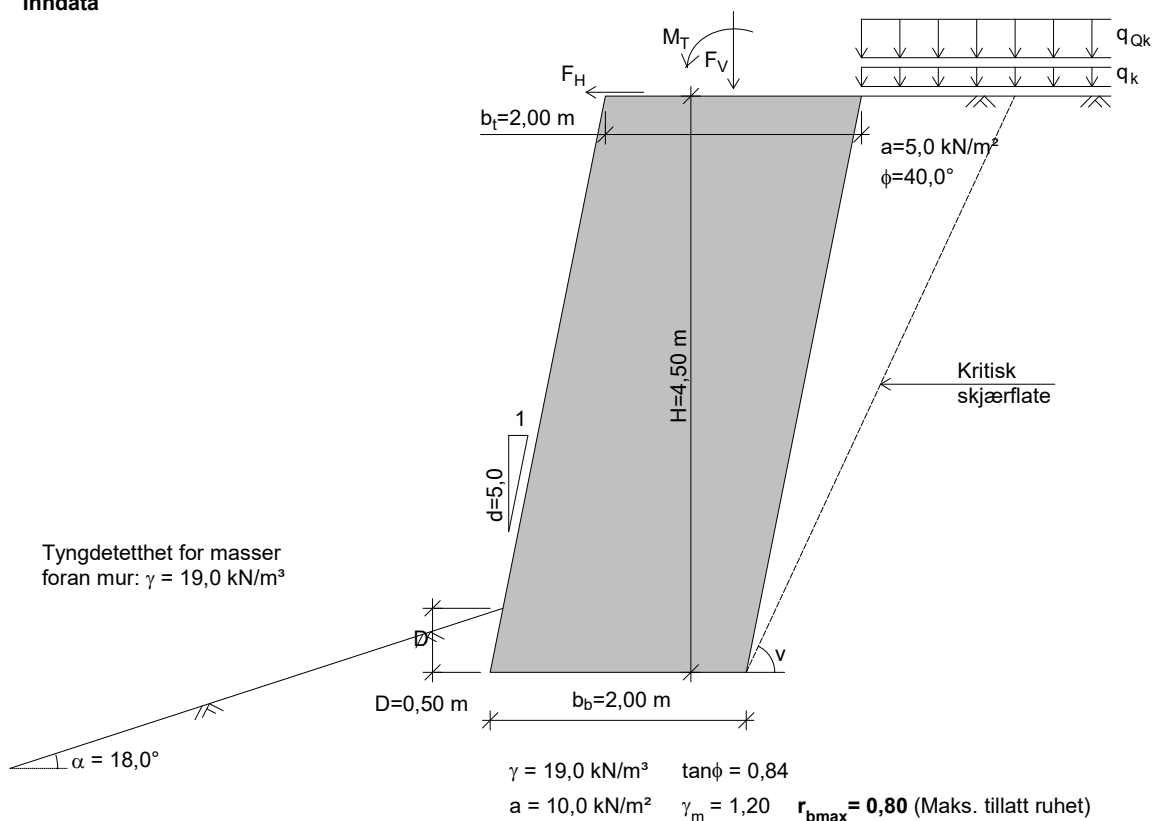
$$f_{sa} = e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d} = e^{-2 \cdot 0,31 \cdot 0,70} = 0,64$$

$$\bar{\sigma}_v = 370 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,44$$

Beregnet 16.12.2019 Kl.10:13:37
(Programversjon 17.01)

Inndata



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

Tyngdetetthet for masser bak mur:

Ulykkesgrensetilstanden:

$\Rightarrow \gamma_m = 1,20$

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

Helling av kritisk skjærflate settes lik:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{40,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 65,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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.

Programmet kontrollerer heller ikke lokal kapasitet av topp mur

for laster virkende i toppen.

Laster i topp:

(inkl. lastfaktorer)

$F_V = 26,4 \text{ kN/m}$

$F_H = 22,8 \text{ kN/m}$

$M_T = -10,7 \text{ kNm/m}$

Laster i bakkant

Lastfaktor
(Bruddgrense)

$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$

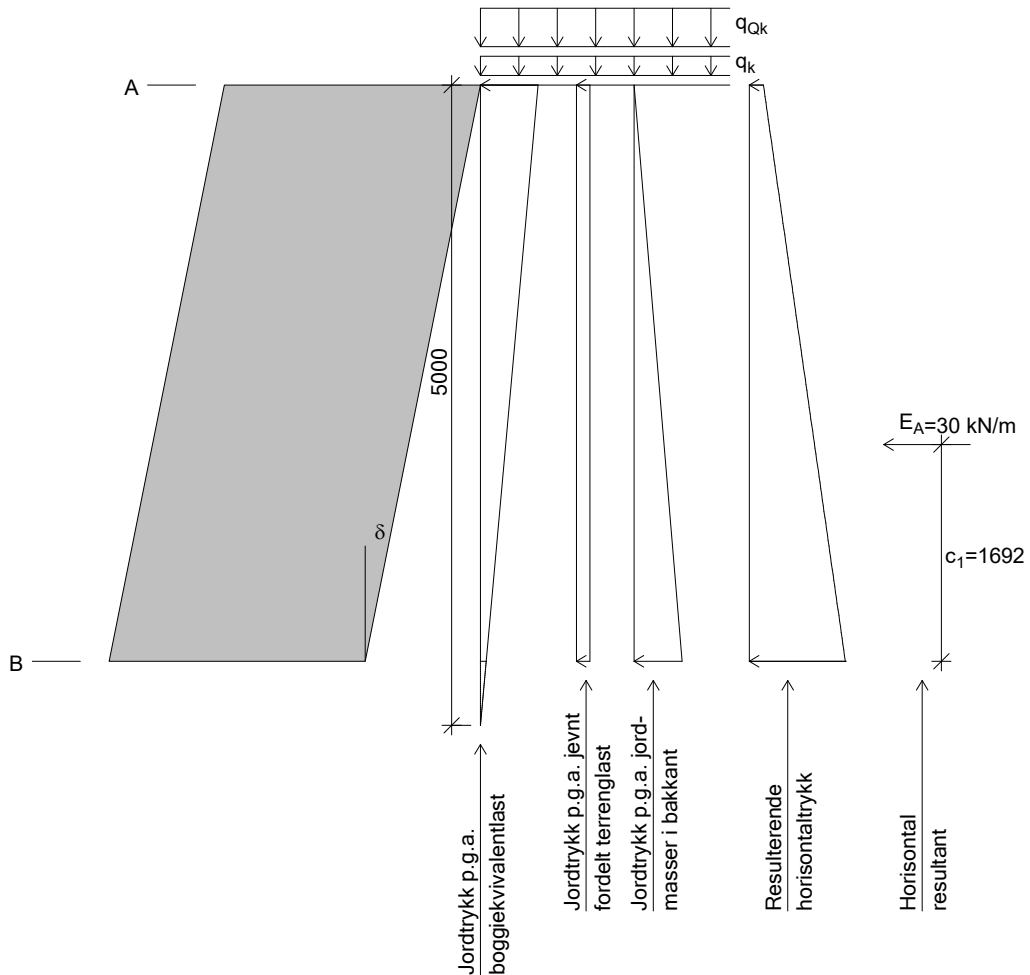
1,30

$q_{Qk} = 25,0 \text{ kN/m}^2$

1,15

Boggiequivivalentlasten q_{Qk} blir

tatt med i beregningene.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,84/1,20 = 0,70$, $\phi_d = \arctan(0,70) = 35,0^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_v' + a) \quad (1)$$

$K_A = 0,221$ (iht. figur 5.4 i V220)

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

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 11,3^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 35,0^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(35,0^\circ)} = 0,755$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,755 \cdot 0,221 = 0,167$$

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

Ved beregningsmessig negativt trykk (dvs. strekk), neglisjeres dette, og trykket settes lik 0.

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,30 + 25,0 \cdot 1,15 = 35,3 \text{ kN/m}^2$$

$$K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Av} + a) - a = 0,167 \cdot (35,3 + 5,0) - 5,0 = 1,7 \text{ kN/m}^2, \text{ dvs. } > 0$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = 1,7 \text{ kN/m}^2$$

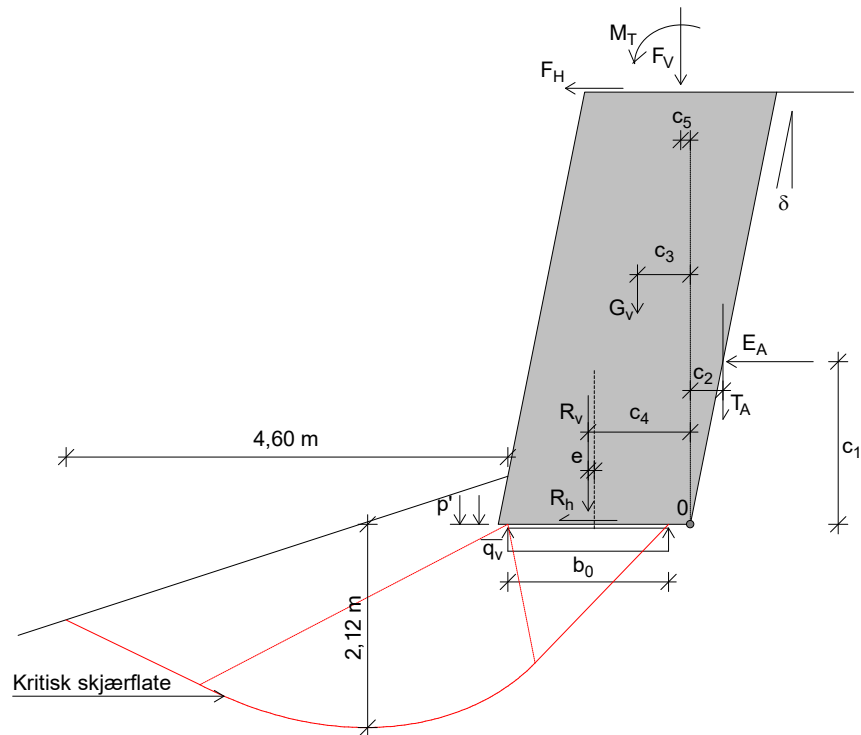
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,5}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,30 + 0,10 \cdot 25,0 \cdot 1,15 = 94,9 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot (p'_{Bv} + a) - a = 0,167 \cdot (94,9 + 5,0) - 5,0 = 11,6 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A + F_H = 30 + 22,8 = 53 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,0 + 2,0) \cdot 4,5 \cdot 22,0 = 198 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{198} \cdot \left[\frac{4,5}{6} \cdot (2,0 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,0 - 2,0 \cdot \frac{4,5}{5,0}) + 4,5 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,0 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 \cdot \frac{4,5}{5,0}) \right] = 0,55 \text{ m}$$

$$c_5 = 0,10 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,70 \cdot \left(\frac{30}{4,5} + 5,0 \right) \cdot 4,5 = 11 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,69}{5,0} = 0,34 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A + F_v = 198 + 11 + 26,4 = 235 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

$$c_4 = \frac{E_A \cdot c_1 - T_A \cdot c_2 + G_v \cdot c_3 + F_v \cdot c_5 + F_H \cdot H + M_T}{R_v}$$

$$c_4 = \frac{30 \cdot 1,69 - 11 \cdot 0,34 + 198 \cdot 0,55 + 26,4 \cdot 0,10 + 22,8 \cdot 4,5 - 10,7}{235}$$

$$c_4 = 1,06 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,06 - 0,5 \cdot 2,0 = 0,06 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,0 - 2 \cdot 0,06 = 1,67 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 235 / 1,67 = 141 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,84 / 1,20 = 0,70 \Rightarrow r_b = \frac{53}{1,67 \cdot (141 + 10) \cdot 0,70}$$

$$r_b = 0,30 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 0,50 = 9,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\alpha = 18,0^\circ = 0,31 \text{ (rad.)}, \quad \tan \alpha = 0,32$$

$$N_q = 21,0, \quad N_\gamma = 23,5, \quad \gamma' = 19,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (drenerte forhold)}$$

$$f_{sq} = (1 - 0,55 \cdot \tan \alpha)^5 = (1 - 0,55 \cdot 0,32)^5 = 0,37$$

$$f_{sa} = e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \phi_d} = e^{-2 \cdot 0,31 \cdot 0,70} = 0,64$$

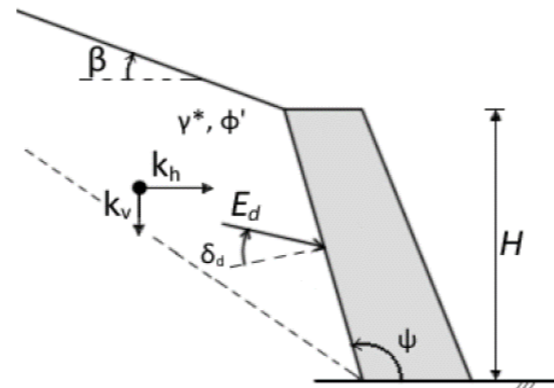
$$\bar{\sigma}_v = 339 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,41$$

JORDSKJELVSDSIGN AV TØRRMUR

Regneark utarbeidet av: André Nårstad 24.05.2018 Rev.01
 Kvalitetssikret av NN DD.MM.ÅÅÅÅ
 Passord: abc123

Seismisk input			
Grunntype		A	-
Spissverdi	a_{g40Hz}	0,85	m/s ²
Seismisk klasse		III	-
Geotekniske parametere			
Løsmasstype bak mur		Fyllmasser	
Friksjonsvinkel	ϕ_k	40,0	grader
Materialfaktor		1,2	-
Tyngdetetthet	γ	19,0	kN/m ²
Tørrmur parametere			
Terrenghelning bak mur	β	0	grader
Vinkel mur bak	ψ	100	grader
r-faktor	r	1,5	-
Murens høyde	H	4,5	m
Statisk porevannstrykk	E_{ws}	0	kPa
Dynamisk porevannstrykk	E_{wd}	0	kPa
Output/resultater			
	$a_g S$	0,952	Krever forenklet seismisk dimensjonering
Forsterkningsfaktor	S	1,00	-
Ref. akselareasjon	a_{gR}	0,68	m/s ²
Seismisk faktor	γ_I	1,40	-
Dim. Grunnakselerasjon	a_g	0,95	m/s ²
Normalisert maks akselerasjon	α	0,097	-
Horisontal seismisk koeffisient	k_h	0,065	-
Vertikal seismisk koeffisient	k_v	± 0,021	-
Friksjonsvinkel, dim jord	ϕ'_d	35,0	grader
Friksjonsvinkel, dim mellom jord-vegg	δ_d	23,3	grader
Rotasjon	θ	3,8	grader
	$\beta \leq \phi'_d - \theta$	JA	
Jordtrykkskoeffisient med jordskjelv	K	0,216	-
Total last på vegg med jordskjelv	E_d	42,43	kN/m
Jordtrykkskoeffisient uten jordskjelv	K	0,181	-
Total last på vegg uten jordskjelv	E	35,51	kN/m
Dynamisk tillegg fra jordskjelv	ΔE_d	6,92	kN/m
Angrepspunkt for E_d	h	1,70	m



E.2 fra EN 1998-5:2004

Denne tar den høyeste verdien av E_d der $\pm k_v$

Prosjekt:	Lyngbøveien		
Oppdragsnr.:	10212414		
Analyse:			
Utført av:	Julie Mathieu	Dato:	15.11.2019
Kontrollert av:	navn	Dato:	dd.mm.åååå

INPUT FOR NMH TØRRMUR PROGRAM v.17.01			
Karakteristisk terrenglast	Q_k [kPa]		5,0
Karakteristisk trafikklast *	Q_k [kPa]		25,0
Partialfaktor terrenglast	γ_q [-]		1,3
Partialfaktor trafikklast	γ_q [-]		1,15
Kombinasjonsfaktor terrenglast	ψ [-]		0,2
Kombinasjonsfaktor trafikklast	ψ [-]		0,3
Dimensjonerende terrenglast	Q_d [kPa]		1,3
Dimensjonerende trafikklast	Q_d [kPa]		8,625
Trafikklasten er jevnt fordelt ved terreng. Altså ikke inkl boogie ekvivalent. Dette er en konservativ betraktning. Men tørrmur programmet tilater ikke å endre den karakteristiskelasten der boogie ekvivalenten er inkludert.			
Tørrmur bredde på topp **	b_t [m]		1,3
Angrepvinkel fra horisontalplanet	ρ [°]		13,3
Avstand senter mur og angrepspunkt	s [m]		0,39
Horisontalkraft	F_H [kN/m]		6,73
Vertikalkraft	F_V [kN/m]		1,59
Momentkraft	M_T [kNm/m]		-10,71
** b_t bør beregnes ved iterasjon. For 'first guess' kan det antatt fra tilfellet uten jordskjelv.			

TABELLER OG VERDIER FOR DIMENSJONERING

SEISMISK LASTFAKTOR

Tabell NA.4(901) – Verdier for seismisk faktor γ

Seismisk klasse	γ
I	0,7
II	1,0
III	1,4
IV	2,0

MATERIALFAKTOR

Masstype	Parameter	Materialfaktor	Verdi
Friksjonsmasser	Syklisk udrenert skjærfasthet / Friksjonsvinkel	$\gamma_{cu} / \gamma_{\phi'}$	1,1 / 1,1
Kohesjonsmasser	Udrenert skjærfasthet	γ_{cu}	1,1
Kvikkleire	Udrenert skjærfasthet	γ_{cu}	1,2
Fyllmasser	Syklisk udrenert skjærfasthet / Friksjonsvinkel	$\gamma_{cu} / \gamma_{\phi'}$	1,2 / 1,2
Berg	Trykkfasthet	γ_{qu}	1,3

SEISMISK KLASSE

Tabell NA.4(902) – Veiledende tabell ved valg av seismisk klasse

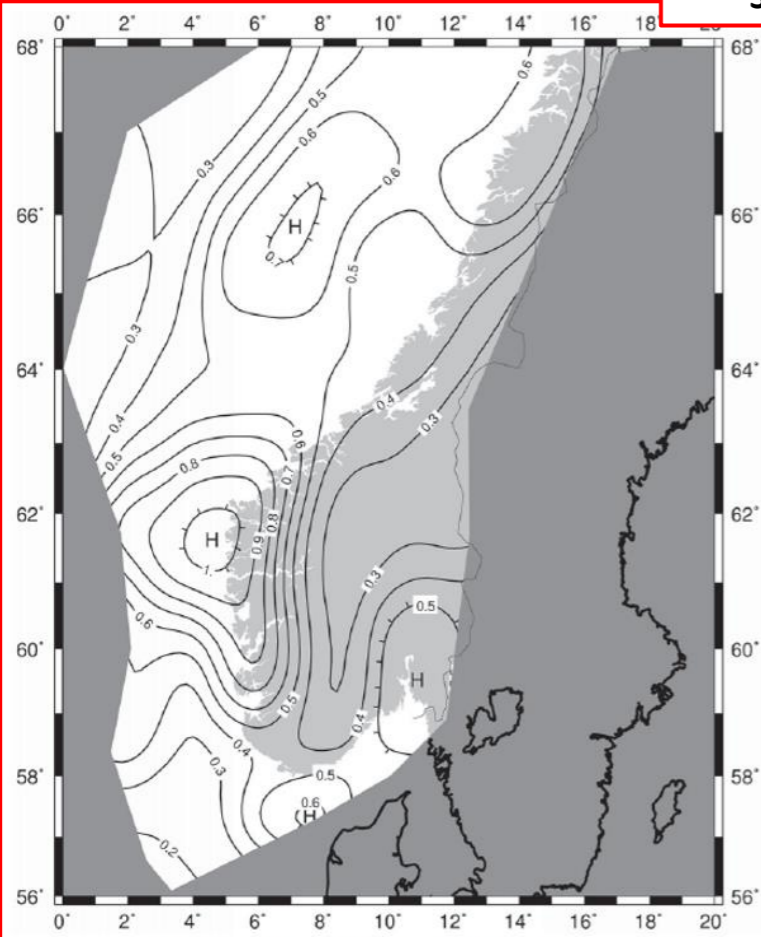
Byggverk	I	II	III	IV
Byggverk der konsekvensene av sammenbrudd er særlig store				X ¹⁾
Viktig infrastruktur: sykehus, brannstasjoner, redningsentraler, kraftforsyning og lignende			(X)	X
Høye bygninger, mer enn 15 etasjer		(X)	X	
Jernbanebruer ²⁾			X	(X)
Veg- og gangbruer ²⁾		(X)	X	(X)
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentre, forsamlingslokaler osv.)		(X)	X	
Kaier og havneanlegg		X	(X)	
Landbaserte akvakulturanlegg for fisk		X	(X)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer	(X)	X	(X)	
Industrianlegg		X	(X)	
Skoler og institusjonsbygg		(X)	X	
Kontorer, forretningsbygg og boligbygg		X	(X)	
Småhus, rekkehus, bygg i én etasje, mindre lagerhus osv.	X	(X)		
Støttemurer med høyde lavere enn 3 m langs veier i klasse II ³⁾	X	(X)		
Kulverter	X	(X)	(X)	
Landbruksbygg	(X)			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	(X)			

r-FAKTOR

Table 7.1 – Values of factor r for the calculation of the horizontal seismic coefficient

Type of retaining structure	r
Free gravity walls that can accept a displacement up to $d_r = 300 \alpha \cdot S$ (mm)	2
Free gravity walls that can accept a displacement up to $d_r = 200 \alpha \cdot S$ (mm)	1.5
Flexural reinforced concrete walls, anchored or braced walls, reinforced concrete walls founded on vertical piles, restrained basement walls and bridge abutments	1

Spissverdier



Figur NA.3(901) – Seismiske soner i det sørlige Norge, a_{g40Hz} i m/s^2

Spissverdi for berggrunnens akselerasjon a_{g40Hz} med en returperiode på 475 år for sørlige Norge. Referansespissverdien for berggrunnens akselerasjon, a_{gR} , settes lik $0,8 a_{g40Hz}$

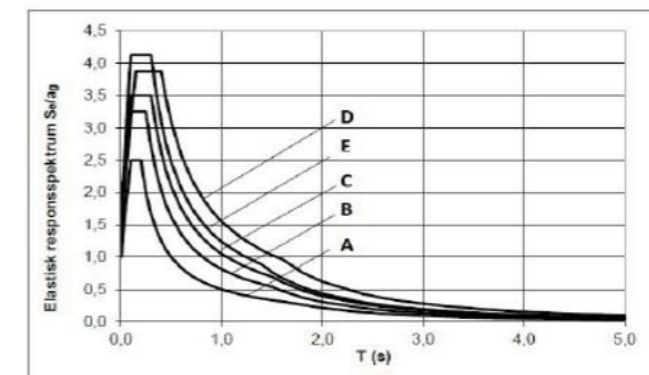


Figur NA.3(902) – Seismiske soner i det nordlige Norge, a_{g40Hz} i m/s^2

Spissverdi for berggrunnens akselerasjon a_{g40Hz} med en returperiode på 475 år for det nordlige Norge. Referansespissverdien for berggrunnens akselerasjon a_{gR} settes lik $0,8 a_{g40Hz}$

Tabell NA.3.3 – Verdier for parametre som beskriver de anbefalte elastiske responspektrene

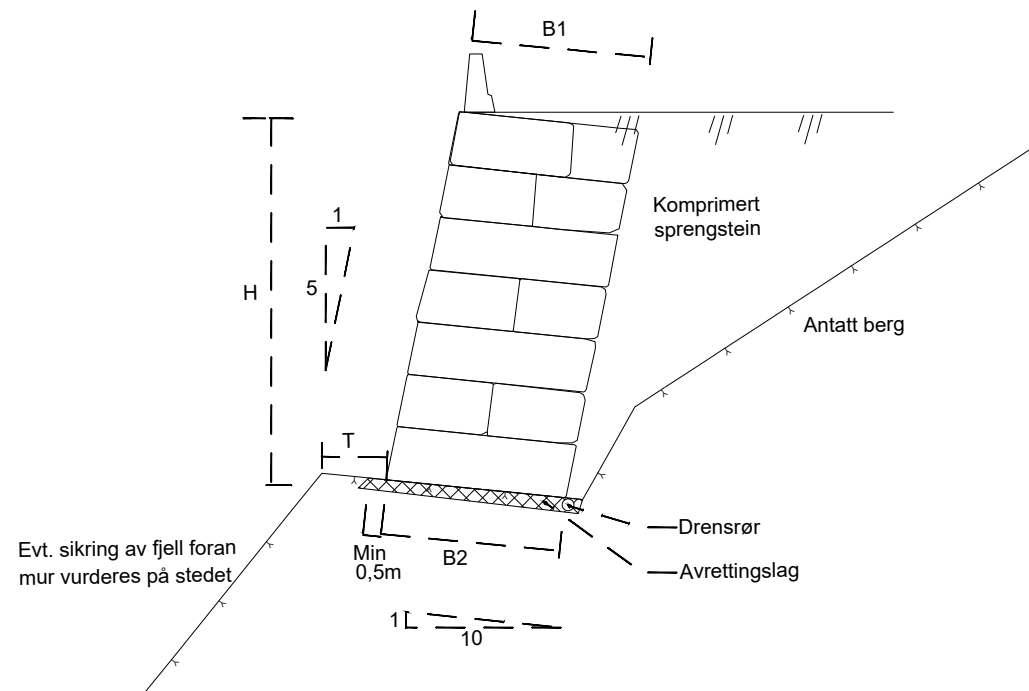
Grunntype	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
A	1,0	0,10	0,20	1,7
B	1,3	0,10	0,25	1,5
C	1,4	0,10	0,30	1,5
D	1,55	0,15	0,40	1,6
E	1,65	0,10	0,30	1,4



Figur NA.3(903) – Horisontale elastiske responspektre til bruk i Norge for jordtype A til E

¹⁾ a_{g40Hz} betegner berggrunnens akselerasjon ved frekvensen $f = 40Hz$ ($T = 0,025$) av det elastiske responsspekteret (for typiske norske forhold), noe som betyr at a_{g40Hz} er noe høyere enn den faktiske akselerasjon av berggrunnen ved frekvensen $f \rightarrow \infty$ ($T = 0$). a_{gR} , som er Eurokodens betegnelse for referansespissverdien av berggrunnens akselerasjon. Forholdet mellom de to uttrykkes ved $a_{gR} = 0,8 a_{g40Hz}$.

Tilfelle A- berg




Tilfelle A- fundamenteres på berg			
Høyde, H [m]	Bredde bunn, B2 [m]	Bredde topp, B1 [m]	Terrangbredde, T [m]
1	1,6	1,6	0,5
2	1,6	1,6	0,5
3	1,6	1,6	0,5
4	2,0	2,0	0,5

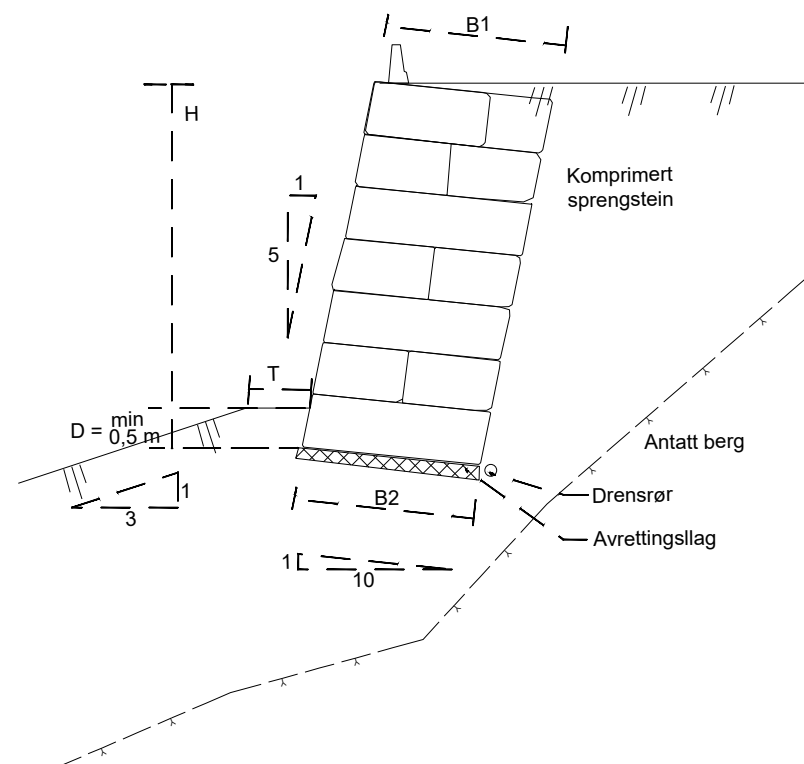
ARBEIDSBESKRIVELSE FOR UTFØRELSE AV TØRRMUR FUNDAMENTERT PÅ BERG

Oppbygging av tørrmuren utføres etter følgende prosedyre:

- En geotekniker må tilkalles for å vurdere fundamenteringsforholdene for tørrmurene før murarbeidene starter. Geoteknikeren må også tilkalles når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstillelse for å kontrollere muroppbyggingen.
- Skråningen renskes for humusholdige masser fra toppen og nedover før selve utgravingen for tørrmuren starter.
- Det er viktig å vurdere fortløpende behov for å sikre eller gjøre andre tiltak mot nedfall av løsmasser og steiner/blokker, spesielt hvor det er bebyggelse i nærheten.
- Det må sprenges/meisles ut en hylle og eventuelt støpes en såle hvor tørrmuren fundamenteres. Dette avgjøres i samråd med byggherre.
- Hyllen må ha en bredde som er minimum 0,5 m lengre enn bredden på bunnsteinen i forkant av muren.
- Dersom det er nødvendig skal det legges et avrettingslag, minimum 300 mm, med pukkk (0/120) i underkant fundament. Det er viktig at nederste stein i tørrmuren har full kontakt med underlaget.
- Underlaget skal ha helning på 1:10 innover.
- Tørrmuren skal utføres med helning 5:1 i forkant og fundamenthelning på 1:10 innover.
- Muren bygges opp med dimensjonene som angitt i tabell. Det er viktig at dimensjonene gitt i tabellen følges, da det er dette som er krav for at muren skal være stabil.
- Sett normalt på murfronten kan avvik ikke overstige 100 mm. Enkelte ujevne steiner utover dette kan aksepteres.
- Stein med god form og steinkvalitet skal benyttes. Stein i samme rad i muren må ha tilnærmet lik høyde. Muren skal bygges med minst mulig hulrom mellom steinene og det skal ikke fylles i med mindre stein i muren for å tette igjen hulrom. Maks tillatte åpninger i muren er 100 mm.
- Muren bygges opp med full bunnbredde med største steiner i bunn og ellers god fordeling av blokkstørrelser. Den nederste og øverste steinen skal ha full murbredde. Steinene legges med helning tilnærmet vinkelrett på murfronten. En god forbanning må sikres i lengderetningen og i tverretningen. Muren må bygges uten buler og ujevnheter.
- Tilbakefylte masser skal bestå av sprengstein uten finstoff, i teleggruppen T1. Steinestørrelser større enn 300 mm kan ikke forekomme nærmest muren.
- Tilbakefylte masser legges ut lagvis og komprimeres lett etter NS3458. Komprimering utføres inntil 1 m fra muren. Det må komprimeres med forsiktighet bak muren for å unngå at det blir ekstra trykk som skaper buling i murens nedre del. Det må forsikres at muren ikke får høyere terrenglast enn benyttet ved dimensjonering.
- Mellom stedlige og tilførte masser benyttes fiberduk kl. 3.
- Det etableres gjerde og murkone på murtopp. Henviser til tegningsnr. K133 for detaljer.

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NO	JUMANOMARE	NOKNUS	04.06.2020
Bymiljøetaten			Målestokk		Format	
Lyngbøveien					A3	
Detaljprosjektering			Oppdragsleder:			
Prinsippskisse natursteinsmur			David Thorsen Frøystad			
Tilfelle A			Oppdragsnr.			
			10212414			
 Sweco Norge AS Fantoftvegen 14p, 5072 Bergen TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 00			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev.
			GEO	V001		02

Tilfelle B- løsmasser




Tilfelle B			
Høyde, H [m]	Bredde bunn, B2 [m]	Bredde topp, B1 [m]	Terrangbredde, T [m]
1	1,6	1,6	1,0
2	1,6	1,6	1,0
3	1,6	1,6	1,0
4	2,0	2,0	1,0

ARBEIDSBESKRIVELSE FOR UTFØRELSE AV TØRRMUR FUNDAMENTERT PÅ LØSMASSER

Oppbygging av tørrmuren utføres etter følgende prosedyre:

- En geotekniker må tilkalles for å vurdere fundamenteringsforholdene for tørrmurene før murarbeidene starter. Geoteknikeren må også tilkalles når murarbeidene er utført 25%, samt ved ferdigstilling for å kontrollere mureoppbyggingen.
- Skråningen renskes for humusholdige masser fra toppen og nedover før selve utgravingen for tørrmuren starter.
- Det er viktig å vurdere fortløpende behov for å sikre eller gjøre andre tiltak mot nedfall av løsmasser og steiner/blokker, spesielt hvor det er bebyggelse i nærheten.
- Ved fundamentering må det graves ut en hylle hvor tørrmuren kan fundamenteres. Det er viktig at humusholdige masser er fjernet og at tørrmuren fundamenteres på faste, ikke telefarlige masser.
- Hyllen må graves ut slik at det kan tilbakefylles med 0,5 m i forkant av murfoten, se prinsippsskisse.
- Det legges et avrettingslag på 200 mm med pukk (T1) i underkant fundament. Det er viktig at nederste stein i tørrmuren har full kontakt med underlaget.
- Terrangbredde i forkant av muren skal være 1 m.
- Underlaget skal ha helning på 1:10 innover.
- Tørrmuren skal utføres med helning 5:1 i forkant og fundamenthelning på 1:10 innover.
- Muren bygges opp med dimensjonene som angitt i tabell. Det er viktig at dimensjonene gitt i tabellen følges, da det er dette som er krav for at muren skal være stabil.
- Sett normalt på murfronten kan avvik ikke overstige 100 mm. Enkelte ujevne steiner utover dette kan aksepteres.
- Stein med god form og steinkvalitet skal benyttes. Stein i samme rad i muren må ha tilnærmet lik høyde. Muren skal bygges med minst mulig hulrom mellom steinene og det skal ikke fylles i med mindre stein i muren for å tette igjen hulrom. Maks tillatte åpninger i muren er 100 mm.
- Muren bygges opp med full bunnbredde med største steiner i bunn og ellers god fordeling av blokkstørrelser. Den nederste og øverste steinen skal ha full murbredde. Steinene legges med helning tilnærmet vinkelrett på murfronten. En god forbanning må sikres i lengderetningen og i tverretningen. Muren må bygges uten buler og ujevnheter.
- Tilbakefylte masser skal bestå av sprengstein uten finstoff, i teleggruppen T1. Steinestørrelser større enn 300 mm kan ikke forekomme nærmest muren.
- Tilbakefylte masser legges ut lagvis og komprimeres lett etter NS3458. Komprimering utføres inntil 1 m fra muren. Det må komprimeres med forsiktighet bak muren for å unngå at det blir ekstra trykk som skaper buling i murens nedre del. Det må forsikres at muren ikke får høyere terranglast enn benyttet ved dimensjonering.
- Mellom stedlige og tilførte masser benyttes fiberduk kl. 3.
- Det etableres gjerde og murkroner på murtopp. Henviser til tegningsnr. K133 for detaljer.

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOJUMANOMARB	NOKNUS		04.06.2020
Bymiljøetaten			Målestokk	Format		A3
Lyngbøveien			Oppdragsleder: David Thorsen Frøystad			
Detaljprosjektering Prinsippsskisse natursteinsmur			Oppdragsnr. 10212414			
Tilfelle B			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
 Sweco Norge AS Fantoftvegen 14p, 5072 Bergen TLF.: 55 27 50 00 FAX.: 55 27 50 00			GEO	V002		02