

Geoteknisk Rapport

04308027-1 Rev.1

Fv.44 Hellvik Bru





Samferdselsavdelingen

Vei og forvaltning

Plan og utbygging Rural

Postadr. Arkitekt Eckhoffs Gate 1
4010 STAVANGER
Telefon 51516600

www.rogfk.no

Geoteknikk

Fv.44 Hellvik Bru
Geoteknisk rapport Rev.1

Kort beskrivelse:

På bestilling av Egersund Kommune er det utført grunnundersøkelser for prosjektet Fv.44 Hellvik Bru mht. kartlegging av grunn- og fundamenteringsforholdene for dimensjonering av ny bru over jernbanen ved Hellvik Stasjon.

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
32	X= 6487225.2 y = 318912.9	Egersund Kommune	76
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
1101	Egersund	23.12.2020	6
		Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
		Kjersti Nylend Svean	5
Prosjektnummer	Oppdragsnummer	Seksjonsleder (navn)	Kontrollert
04308027		Linda Karlsen Longfjeld	Kristoffer Jøtne Walsh
Sammendrag			

Etter oppdrag fra Egersund Kommune, har Planlegging og Utbygging Rural, Rogaland Fylkeskommune bestilt grunnundersøkelser for prosjektet Fv.44 Hellvik Bru.

Denne rapporten presenterer resultatene av grunnundersøkelsene, samt dimensjoneringsforslag for tørrmurer på den vestlige siden av jernbanebrua. Rapporten inneholder også anbefalinger ang. videre arbeid for å kunne fastsette fundamenteringsløsning for jernbanebrua, og videre prosjektering av løsninger på den østlige siden av dagens bru.

Det er utført 18 totalsonderinger, samt 5 prøvetakinger i prosjektområdet. Resultatene av grunnundersøkelsene viser at løsmassene i prosjektområdet består av harde breelavsetninger med høy lagringsfasthet og innhold av stein i ulike dybdeintervall. Dybde til berg i undersøkelsene som er foretatt mht. fundamentering av brua varierer mellom 10,3 - 13, 8 m.

I profilintervallet 3180 - 3200 viser sonderingene forekomst av en ~ 1 m tykk sone av torvmasser i to av borehullene. Det er derfor meget sannsynlig at torvmasser finnes under eksisterende veg i dette området. Torvmasser er ikke påtruffet i de andre sonderingene som er utført på den nordlige siden av jernbanen, noe som tyder på at torvmassenes utstrekning er begrenset.

Vegen dimensjoneres iht. bæreevnegruppe 4 der traub blir liggende på sandige, grusige masser (ref. N200, Kap. 5).

Geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse

Pålitelighetsklasse (RC/CC)	Kontrollklasse	Konsekvensklasse (CC)	Beskrivelse
RC1/CC1	B (begrenset)	CC1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
RC2/CC2	N (normal)	CC2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
RC3/CC3	U (utvidet)	CC3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
RC4	Skal spesifiseres	<i>Håndbok V220, kap. 0.3.1: Tre pålitelighetsklasser RC1, RC2 og RC3 kan knyttes til CC1, CC2 og CC3.</i>	

Kontrollklasse	Kategori	Omfang
B (begrenset)	1	Utføres av den som utførte prosjekteringen.
N (normal)	2	Kollegakontroll, utføres av en annen person enn den som utførte prosjekteringen.
U (utvidet)	2	Utvidet kontroll, utføres av en annen avdeling/instans i etaten enn den som utførte prosjekteringen, eller av Vegdirektoratet.
U (uavhengig)	3	Uavhengig kontroll, utføres av et annet firma enn det som utførte prosjekteringen.

Kategori	Valgt kategori	Kontrollklasse	Strekning
1		B (begrenset)	
2	✓	N (normal)	
3		U (uavhengig)	

Prosjektkontroll	Enhet/navn	Signatur	Dato
Begrenset	Rogfk, Planlegging og utbygging, Rural v/ Kjersti Nyland Svean	Kjersti Nyland Svean <small>Digitalt signert av Kjersti Nyland Svean Dato: 2020.12.23 15:38:42 +01'00'</small>	2020-12-23
Normal	Rogfk, Planlegging og utbygging, Rural v/ Kristoffer Jøtne Walsh		
Utvidet/Uavhengig			
Godkjent	Rogfk, Seksjonsleder, Planlegging og utbygging, Rural v/Linda Karlsen Longfjeld		

Pålitelighets-/konsekvensklasse	1	2	3	4
Geoteknisk kategori 1	1			
Geoteknisk kategori 2		2		
Geoteknisk kategori 3			3	

Pålitelighetsklasse (CC(RC))

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	1	2	3	4
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i områder med kvikkleire eller sprøbruddsmateriale		(X)	X	(X)
Fyllinger i sjø, stor fyllingshøyde eller massefortregning		(X)	X	
Spunt og støttekonstruksjoner		X	(X)	
Bergskjæringer med større høyde enn 10 meter			X	
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold	X	(X)		

Innholdsfortegnelse

Vedleggsoversikt	3
1 Innledning	4
2 Mark- og laboratorieundersøkelser	5
3 Grunn- og fundamenteringsforhold	7
3.1 Regelverk og krav til partialfaktor	8
3.1.1 Myndighetskrav og kontrollform	8
3.1.2 Krav til lokalstabilitet	9
3.1.3 Krav til områdestabilitet	9
3.2 Profil 2750-2950	10
3.2.1 Grunnforhold	10
3.2.2 Merknader til grunnforhold i forhold til prosjektert veg	11
3.3 Profil 2950-3400	11
3.3.1 Grunnforhold	12
3.3.2 Merknader til grunnforhold i forhold til prosjektert veg	13
4 Merknader	14
5 Dimensjonering av tørmurer	15
5.1 Innledning	15
5.2 Grunnforhold	15
5.3 Materialkoeffisienter	15

5.4	Jordartsparemetere	15
5.5	Laster og lastfaktorer	16
5.6	Frostdybde	16
5.7	Beregninger.....	16
5.8	Resultater	18
5.9	Merknader til dimensjoneringsforslag for mur.....	19
6	Videre arbeid	21
7	Referanser	22

Vedleggsoversikt

Vedlegg 1: Oversiktskart 1:15 000

Vedlegg 2: Tegningsforklaring for geotekniske kart og profiler

	Målestokk	Format
Tegn. - V04: Plantegning, profil 2700-3400	1:1000	A3
- V08: Tverrprofil, profil 2270-2840	1:200	A1
- V09: Tverrprofil, profil 2850-2860	1:200	A1
- V10: Tverrprofil, profil 2870-2890	1:200	A1
- V11: Tverrprofil, profil 2990-3200	1:200	A1

Vedlegg 3: Borehullsliste med koordinater

Vedlegg 4: Laboratorieanalyser

Vedlegg 5: Bilder av prøvematerialet

Vedlegg 6: Dimensjonering av tørrmurer

1 Innledning

Etter oppdrag fra Egersund kommune, er det utført grunnundersøkelser for prosjektet Fv.44 Hellvik Bru.

Undersøkelsene er foretatt for å kartlegge grunn- og fundamenteringsforhold for dimensjonering av ny bru over jernbanen. Den nye brua og tilhørende vegstrekning legges på den nordvestlige siden av dagens veg. Som et resultat av Bane NORs høydekrav til nye jernbanebruer, vil den nye brua bli høyere enn eksisterende bru, noe som medfører at den nye vegstrekningen blir liggende på fylling.

Grunnundersøkelsene som er utført i Hellvik-området tilhører to ulike prosjekter, Fv.44 Vassvik-Øvre Hellvigsvatnet og Fv.44 Hellvik Bru. Denne rapporten beskriver grunnundersøkelsene som er utført på profilstrekningen fra 2750 – 3400 (borehull nr. 1 – 20). For beskrivelse av de resterende undersøkelsene henvises det til Geoteknisk Rapport 04308026-1, Fv. 44 Vassvik - Øvre Hellvigsvatnet. Vedlegg 1 viser plassering og avgrensning av de to prosjektområdene.

Per 2019 var vegstrekningen (Trosavigveien – Hellvik Stasjon) registrert med en skjønnsbasert ÅDT = 3200, hvorav tunge kjøretøy utgjorde 10 %, og vegen er dermed klassifisert i trafikkgruppe C (ref. N200, Kap.5).

Gjeldende frostdybde for veg og konstruksjon er beregnet til 0,8 m for 10-års frost (F_{10}), og 1,1 m for 100-års frost (F_{100}), gitt at drenert kult benyttes som frostsikring under traunivå og brufundament (ref. N200, Kap.5). Beregningene er basert på en årsmiddeltemperatur på 7,6 °C (SVV (2010)), frostmengde $F_{10} = 2395 \text{ h}^\circ\text{C}$ og $F_{100} = 4398 \text{ h}^\circ\text{C}$ (Frostmengdekart (2010)) for Hellvik-området.

Det er utført 18 stk totalsonderinger og 5 stk prøvetakinger i prosjektområdet. Grunnet utfordrende tilkomstmuligheter for borerigg på den østlige siden av eksisterende bru, avventer eventuelle grunnundersøkelser for dette området til byggeplanfase.

Denne rapporten presenterer resultatene av grunnundersøkelsene, samt dimensjoneringsforslag for tørrmurer på den vestlige siden av jernbanebrua. Rapporten inneholder også anbefalinger ang. videre arbeid for å kunne fastsette fundamenteringsløsning for jernbanebrua, og videre prosjektering av løsninger på den østlige siden av dagens bru.

2 Mark- og laboratorieundersøkelser

Figur 1-1 viser et oversiktskart over prosjektområdet i målestokk 1:10000.



Figur 1-1. Oversiktskart over planområdet som viser grunnundersøkelser utført for prosjektene Fv.44 Hellvik-Vassvik og Fv.44 Hellvik Bru (mai/juni 2020). Disse er markert som gule punkter (totalsonderinger) og grønne punkter (miljøprøver).

Tidligere undersøkelser utført for Hellvik- og Sannarnes bru (1981) er markert ved henholdsvis rosa punkter og turkis firkant (resultatene av disse beskrives i geoteknisk rapport for Fv.44 Hellvik-Vassvik).

Grunnundersøkelsene for Hellvik Bru omfatter i alt 18 totalsonderinger, samt opptak av 5 poseprøver i 3 ulike borehull.

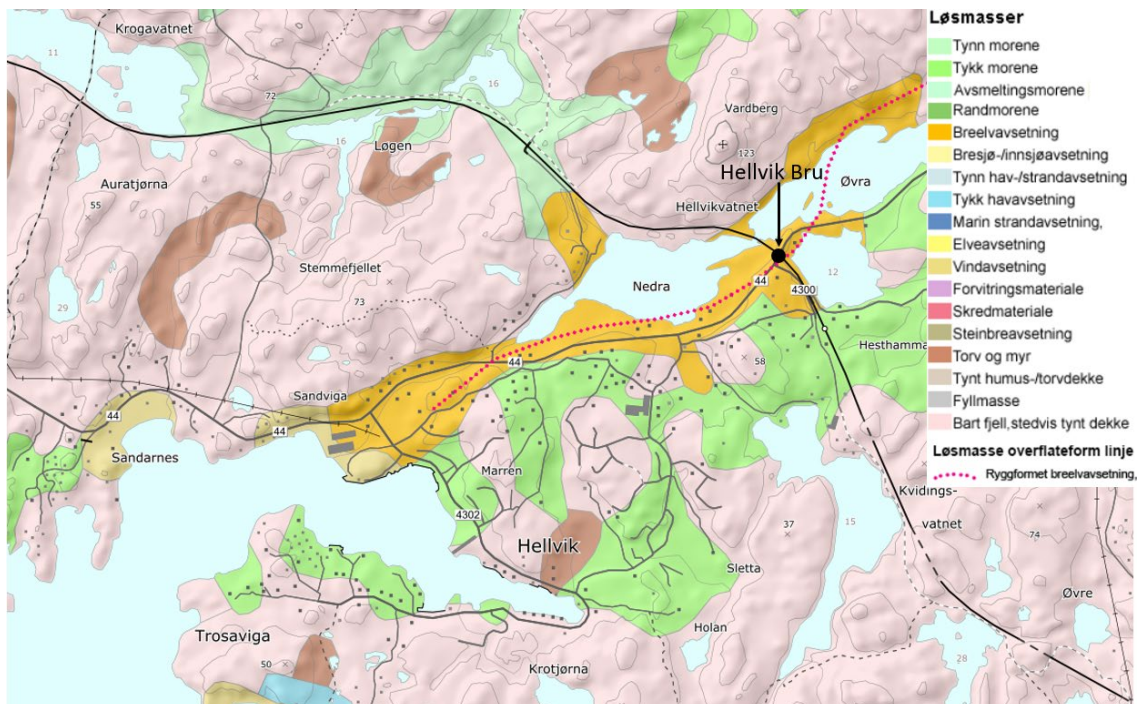
Framgangsmåten for grunnundersøkelsene er i samsvar med standard som beskrevet i håndbok R211 Feltundersøkelser. Prøvene er analysert ved Statens Vegvesens laboratorium i Stavanger med hensyn til korngradering, humus- og vanninnhold.

Alle boringer er innmålt med Leica GPS som normalt gir nøyaktigheter for xyz-koordinatene innenfor ± 0 til 5 cm.

Plasseringen av alle borpunkt er vist på oversiktstegningene, tegn. V04, mens koordinatene for hvert enkelt borehull finnes i vedlegg 3.

Resultatene fra totalsonderingene framgår av de aktuelle tverrprofilene i tegn. V08 til V11. Laboratorieanalysene av prøveseriene er vist i vedlegg 4, mens bilder av prøvematerialet er presentert i vedlegg 5.

3 Grunn- og fundamenteringsforhold



Figur 3-1: Løsmassekart fra NGU viser at prosjektområdet hovedsakelig befinner seg i breeelvavsetninger (esker), samt stedvis i vindavsetninger og områder med bart fjell (hentet fra ngu.no den 07.05.2020).

NGUs kartdatabase viser at prosjektområdet ligger i en esker (ryggformet breeelvavsetning) som grenser til Øvre Hellviksvatnet i nord, og mot Netlandstjørna i sør. Terrengoverflaten utgjøres av vegetasjonsrike løsmasser og beplantet vegfylling til eksisterende veg. På den østlige siden av jernbanebrua observeres myr langs vannkanten på begge sider av vegen.

Prosjektområdet ligger under marin grense. Figur 3-2 viser kartlagt mulighet for marin leire i området (MML-kartlegging) utført av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), hvor de kartlagte løsmassetypene under marin grense er klassifisert etter muligheten for å finne marin leire.

MML-kartleggingen viser at prosjektområdet hovedsakelig er klassifisert som områder der det noen ganger kan finnes marin leire. Det bemerkes at MML-kartleggingen ikke inkluderer vanndekte områder under marin grense.



Figur 3-2: Kartutsnitt som viser kartlagt mulighet for marin leire i området (NGU) (hentet og redigert fra <https://www.temakart-rogaland.no/> 09.12.2020).

3.1 Regelverk og krav til partialfaktor

3.1.1 Myndighetskrav og kontrollform

Basert på tabell NA.A1(901) i Eurokode 0, samt tabell 0-1 i håndbok V220 er konsekvens-/pålitelighetsklasse satt til CC2 og RC2. Fv.44 har ÅDT på 3200 innenfor prosjektområdet, og det finnes omkjøringsmuligheter via nærliggende veier med lavere standard.

Med bakgrunn i kapittel 2.1 i Eurokode 7 – del 1 plasseres prosjektering i inneværende rapport i **geoteknisk kategori 2**. Det bemerkes at konsekvens- og

pålitelighetsklasse for byggeplan/detaljprosjektering vil være klasse 3 pga. nærhet til trafikkert jernbane, samt mulig utfylling i vann (ref. V220, tabell 0.1).

Prosjekterings- og utførelseskontrollklasse i henhold til tabell 203.1 og 203.3 i håndbok N200 blir PKK2 og UKK2. Dette medfører at det skal utføres:

- Egenkontroll
- Utvidet kontroll (intern, systematisk kontroll – kollegakontroll)
- Utvidet kontroll iht. PKK2 (verifisering av at egen- og kollegakontroll er utført)

Skjema for valg av geoteknisk kategori, konsekvensklasse, pålitelighetsklasse, kontrollform samt dokumentasjon av utført kontroll er vist på side 2 av rapporten.

3.1.2 Krav til lokalstabilitet

Basert på valgt konsekvensklasse (**CC2** Alvorlig) og bestemmelse av forventet bruddmekanisme (nøytralt brudd) er partialfaktor for lokalstabilitet valgt etter tabell 205.1 og 205.2 i håndbok N200. Dette gir $\gamma_M = 1,4$ for både effektivspennings- og totalspenningsanalyse.

3.1.3 Krav til områdestabilitet

Prosjektområdet ligger under marin grense og er kartlagt med middels sannsynlighet for innhold av marine leireavsetninger. Grunnundersøkelsene har ikke påvist tilstedeværelse av kvikkleire eller sprøbruddsmaterialer, og områdestabilitet anses dermed ikke som en aktuell problemstilling for prosjektet basert på resultatene av grunnundersøkelsene som er utført i denne omgang.

3.2 Profil 2750-2950

Veglinje for profilering:	CL 11350
Boreplan:	Tegning V04
Tverrprofiler:	Tegning V08, V09, V10
Borehull nr.:	5-7, 9-15, 17-20
Prøvetaking:	Hull nr. 5 (1 stk), nr.9 (1 stk)

3.2.1 Grunnforhold

Profilstrekingen 2750 – 2950 dekker den delen av prosjektområdet som ligger på den sørlige siden av jernbanen. Prosjektert bru er hevet i forhold til eksisterende bru slik at tilhørende vegstrekning blir liggende på fylling.

Det er utført 14 totalsonderinger på profilstrekingen, samt hentet ut 2 prøver med 30 mm ramprøvetaker.

Borehull nr. 5, 6 og 7 er gjennomført mht. kartlegging av fundamenteringsforhold for jernbanebrua. Disse tre boringene er forboret grunnet svært harde masser i topplag. Sonderingene viser relativt homogene masser med svært høy lagringsfasthet og noe innslag av stein og blokk, og boringene er derfor gjennomført med bruk av slag og spyling i stor grad langs hele borelengden. Prøvetaking i hull nr. 5 fra 1 – 1,5 m viser sandig grusig materiale i telefarlighetsklasse T2 (litt telefarlig), med et vanninnhold på 7,1% og glødetap på 0,7%. Berg er påvist i alle 3 boringer og varierer i hull nr. 5, 6 og 7 mellom henholdsvis 13,8 m, 10,3 m og 12,8 m.

Borehull nr. 9 - 20 er utført mht. kartlegging av grunnforholdene for den nye vegfyllingen. Majoriteten av disse boringene er forboret grunnet harde masser i terrengoverflaten. Alle sonderingene viser kontinuerlig høy lagringsfasthet

gjennom hele borelengden, med innslag av stein og blokk i ulike dybdeintervall. Dette indikerer homogene masser med noe variasjon i steininnhold. Unntaket er borehull nr.9 som viser en sone med lav til middels lagringsfasthet fra 4,5 – 6 m dyp. Prøvetaking i dette hullet er utført fra 4 - 4,5 m. Grunnet for lite prøvemateriale er det ikke utført våtsikting eller slemmeanalyse, men korngraderingskurven viser at den inneholder ~ 15 % grov sand og ~ 70 % grus, med et vanninnhold på 6,2% og glødetap på 0,5%.

Generelt tyder sonderingene på at massene i dette området er homogene, og består av harde breelvavsetninger med hovedvekt av større kornstørrelser som grov sand og grus.

Berg er påtruffet i alle borer for borehull nr. 9 - 20 og varierer fra 2,0 m (hull nr.17) på det grunneste til 9,6 m (hull nr.10) på det dypeste. Dybde til berg og innhold av stein blir gradvis mindre i sørvestlig retning langs veien.

3.2.2 Merknader til grunnforhold i forhold til prosjektert veg

Massene har høy lagringsfasthet og vil ikke gi betydelige setninger over krav fra N200.

Det var opprinnelig planlagt grunnundersøkelser på eksisterende slåttemark (profil 2720-2800) hvor ny vegfylling møter eksisterende veg. Disse borehullene ble fjernet etter ønske fra grunneier som informerte om kjennskap til grunnforholdene her. Slåttemarka er tidligere utgravd og senere fylt igjen med 0-8 mm masse fra et lokalt steinbrudd med ~70 cm jord på toppen.

3.3 Profil 2950-3400

Veglinje for profilering: CL 11350

Boreplan: Tegning V04

Tverrprofiler: Tegning V11

Borehull nr.: 1-4

Prøvetaking: Hull nr.1 (3 stk)

3.3.1 Grunnforhold

Profil 2950 – 3400 dekker området som ligger nordøst for jernbanen. Undersøkelsene som er utført på denne profilstrekningen er gjort mht. kartlegging av grunnforhold for omlegging av veglinja, vegutvidelse av eksisterende veg, samt fundamenteringsforhold for Holma bru i profil ~ 3190. Det er observert at deler av vegfyllingen for eksisterende veg er støttet opp av en ~ 50 m lang mur som ligger på den nordlige siden av vegen.

Det er utført 4 totalsonderinger på profilstrekningen, samt hentet ut en prøveserie à 3 prøver med 30 mm ramprøvetaker.

Borehull nr.3 og 4 viser boring med slag og spyling fra topp til ferdig boret lengde. Dette antas å være vegfylling eller meget hard elvegrus. Boringene er avsluttet i berg i hull nr. 3 ved 3,0 m og i hull nr.4 ved 2,3 m.

Borehull nr.1 og 2 er boret på hver sin side av Holma bru, på den nordlige siden av vegen. Basert på sonderingene antas mektighet av organiske jordmasser å være ~ 0,5 m, overliggende vegfyllingsmasser med 2 - 2,5 m tykkelse. Underliggende antatt vegfylling ligger en ~ 1 m tykk sone med lav lagringsfasthet i begge borehull. Prøvetaking av denne sonen er utført i hull nr. 1 med resultater som vist i tabell 3.3.1.

Tabell 3.3.1. Resultater av prøvetaking i hull nr. 1.

Dybde (m)	Jordart	Telefarlighetsklasse (T1-T4)	Vanninnhold (%)	Glødetap (%)
3 – 3,4	Humus	-	305,6	24,8
3,4 – 3,7	Humus - siltig sandig leire	T4	147,9	11,5
4 – 4,5	Stein/grus*	-	13,4	0,5

* Grunnet lite prøvemateriale er det ikke utført flere analyser for denne prøven.

Det antas at sonen med lav sonderingsmotstand i borehull nr.2 består av tilsvarende masser (humus) som er påvist ved prøvetakning i borehull nr.1. Fra 4 – 5,8 m viser soneringen i hull nr.1 lav til middels lagringsfasthet, hvor prøvetakning indikerer stein/grus.

Det resterende boredypet underliggende stein/grus i hull nr.1 viser lav til middels lagringsfasthet med noe innslag av stein ned til berg påtreffes ved 7,6 m dyp. Underliggende humuslaget i hull nr. 2 viser soneringen høy lagringsfasthet med høyt steininnhold ned til berg påtreffes ved 6,7 m dyp.

3.3.2 Merknader til grunnforhold i forhold til prosjektert veg

Vegen dimensjoneres iht. bæreevnegruppe 4 der traubelag blir liggende på sandige, grusige masser (ref. N200, Kap. 5).

Basert på soneringene og prøvetakingen i hull nr.1 og 2 ansees det som sannsynlig at det ligger torvmasser under eksisterende veg. Denne sonen er ikke observert i soneringene for hull nr.3 og 4, og det antas derfor at torvmassenes utstrekning er begrenset til området rundt Holma bru, som ligger på en

lavtliggende strekning mht. vannstand på begge sider av veggen. Det henvises til kapittel 6 av denne rapporten for anbefalinger angående videre arbeid.

Det er observert i felt at en ~ 50 m lang strekning av vegfyllingen til eksisterende veg er støttet opp av en eldre tørrmur på nordlig side av veggen. Løsningsvalg for ny veglinje må ta hensyn til eksisterende mur, og man må påse at denne ikke skades under arbeid slik at man risikerer å destabilisere eksisterende veg.

4 Merknader

- Løsmassene i prosjektområdet består hovedsakelig av harde breelavsetninger med høyt innhold av sand og grus. Massene innehar høy lagringsfasthet, stedvis innslag av stein og er lite telefarlige (T1/T2).
- På den nordøstlige siden av jernbanen er det påtruffet torvholdige masser med høyt vanninnhold, og noe finstoff som er klassifisert som meget telefarlig (T4).
- Det anbefales at bæreevnegruppe 4 legges til grunn for dimensjonering av overbygning der det finnes sandige, grusige masser i traunivå.
- T1-T2-massene har høy lagringsfasthet og vil ikke gi betydelige setninger over krav fra N200.
- Resultatene av totalsonderingene og prøvetaking stemmer godt overens med NGUs kartdatabase, som viser breelavsetninger.
- Prosjektområdet ligger under marin grense og har potensiale for innhold av marine leireavsetninger iht. NGU sin MML-kartlegging. En prøvetaking (hull nr.2) viser tilstedeværelse av humus med siltig sandig leire, der leirinnhold i prøven er opp mot 15 %.
- Permanente konstruksjoner skal frostsikres for frostmengde med 100-års returperiode (F_{100}), ref. N400. Se kap. 5.5 av denne rapporten.

5 Dimensjonering av tørrmurer

5.1 Innledning

Det er både vurdert fylling og tørrmur langs den nye vegstrekningen som blir liggende på den vestlige siden av jernbanebrua. Denne rapporten presenterer et dimensjoneringsforslag for en løsning med tørrmur. Dette løsningsvalget medfører murer med konstruksjonshøyde opp mot 10 m, samt masseutskiftning opp mot 6,5 m i forkant av mur. Det henvises til kapittel 6 for anbefalinger ang. videre arbeid mht. løsningsvalg for denne strekningen.

5.2 Grunnforhold

Det henvises til kapittel 3 og 4, samt tverrprofiler V08-V11 for mer utfyllende informasjon om grunnforholdene i de aktuelle profilintervallene.

5.3 Materialkoeffisienter

Krav til partialfaktor for γ_M iht. tabell 205.1, N200 (Fig.3.2):

Effektivspenningsanalyse: 1,4 (nøytralt brudd)

Totalspenningsanalyse: ikke relevant

5.4 Jordartsparemetere

Geoteknisk kategori 2 er valgt for dimensjonering av murene. Partialfaktor γ_M settes da til 1,4 for nøytralt brudd.

Valgte dimensjoneringsparametere er vist i tabell 5.3.1 under.

Tabell 5.3.1: Dimensjoneringsparametere

Masser	Geotekniske parametere			
	φ	a	γ	r
Bakfyllmasser av velgradert T1 sprengstein	42	0	19	0.8
Utskiftet masser under mur T1 sprengstein	42	5	19	-
Fast lagrede morenemasser (sand og grus)	33	5	18	-

φ = friksjonsvinkel [°]

a = attraksjon [kPa]

γ = tyngdetetthet [kN/m³]

r = ruhet bak mur

5.5 Laster og lastfaktorer

Brudmekanisme og jordartsparemetere tolkes til å være ensartet i prosjektområdet, slik at koeffisienter og parametere referert til i kap. 5.3 og 5.4 i denne rapporten vil være gjeldene for alle murene rapporten omfatter.

Det er lagt inn en jevnt fordelt last bak muren på $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$, samt en boggiekvivalentlast $q_{Qk} = 25 \text{ kN/m}^2$ med avstand 0 m fra mur iht. NA-rundskriv 07/2015 – Trafikklast i håndbok N400 Bruprosjektering. Partialfaktor for laster er satt til $\gamma_0 = 1,35$, og er hentet fra NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 tabell NA.A2.4(C).

5.6 Frostdybde

Permanente konstruksjoner skal frostsikres for frostmengde med 100-års returperiode (F_{100}), ref. N400. Det forutsettes derfor at murene fundamenteres frostfritt. For prosjektområdet er F_{100} beregnet til 1,1 m, gitt at drenert kult benyttes som frostsikring under murfot. Beregningene i denne rapporten forutsetter at det masseutskiftes med T1 sprengstein minst ned til frostfri dybde.

5.7 Beregninger

Det er utført bæreevneberegninger og beregning på utglidning for de prosjekserte murene i programmet Tørrmur (versjon 19.01) for høyder mellom 2 og 10 meter.

Programmet benytter formelgrunnlaget i Håndbok V220. Det forutsettes at muren utformes slik at den beregningsmessig virker som ett legeme. Det kontrolleres ikke for glidning/velting mellom hvert mursjikt, men dette ivaretas ved bygging i henhold til Håndbok V270.

Det gjøres oppmerksom på at murer med konstruksjonshøyde ≥ 5 m skal kontrolleres og godkjennes iht. godkjenningsordning i Statens vegvesen. Kontrollen utføres av Vegdirektoratet. Krav til dokumentasjon for godkjenningen er gitt i håndbok N400.

Forutsetninger som er lagt til grunn for dimensjoneringen av murene er:

- Det forutsettes masseutskiftning med sprengstein (kult) i hele området som berøres av kritisk skjærflate for de ulike muralalternativer.

For å illustrere effekt av utskiftning av stedlige masser under mur med T1 sprengstein, er det utarbeidet et dimensjoneringsforslag for en mur med $H = 10$ m som er fundamentert på stedlige masser. Det er benyttet dimensjoneringsparametre for fast lagrede morenemasser som gitt i tabell 5.3.1., med resulterende nødvendig minimumsbredde i bunn (b_b) = 4,0 m, og nødvendig minimumsbredde i topp (b_t) = 3,8 m. Til sammenlikning er b_b og $b_t = 2,8$ m for $H = 10$ m ved fundamentering på T1 sprengstein, som vist i tabell 5.7.1.

5.8 Resultater

Tabell 5.7.1 viser resultatene fra de utførte beregningene for fundamentering på T1 sprengstein.

Tabell 5.7.1: Murer i profilintervall fundamentert på T1 sprengstein (se vedlegg 6)

H [m]	H-D [m]	D [m]	b _b [m]	b _t [m]	α	β
2	1.5	0.5	1.1	1.1	0°	0°
3	2.5	0.5	1.3	1.3	0°	0°
4	3.5	0.5	1.5	1.5	0°	0°
5	4.5	0.5	1.8	1.8	0°	0°
6	5.5	0.5	2.0	2.0	0°	0°
7	6	1	2.1	2.0	0°	0°
8	7	1	2.3	2.3	0°	0°
9	8	1	2.6	2.6	0°	0°
10	9	1	2.8	2.8	0°	0°

H Murhøyde
 H-D Visflate
 D Overlagringshøyde ved murta
 b_b Min. bredde bunn
 b_t Min. bredde topp

- α Terrenghelning foran mur
- β Terrenghelning bak mur

Viste dimensjoneringsforslag i vedlegg 6 er kun gjeldende med forutsetningene som presentert i tabell 5.7.1.

5.9 Merknader til dimensjoneringsforslag for mur

- Entreprenør må utarbeide arbeidstegninger for murene.
 - Arbeidstegningene må også ivareta hensyn til:
 - Tilbakefylling
 - Behovet for fiberduk mellom fyllmasser og stedlige masser.
 - Drenering.
 - Frostsikring.
 - Eventuell masseutskiftning.
- Murer utformes i henhold til gjeldende regelverk, og Håndbok V270 benyttes som veileder for muring.
- Entreprenør utarbeider SHA-plan og plan for trafikkavvikling i anleggsfase.
- Generelt:
 - Murer som fundamenteres på løsmasser:
 - Større blokker som ligger i overkant av planlagt graveskråning fjernes før utgraving påbegynnes.
 - Muring:
 - Murstein skal være av god kvalitet, med naturlig ru overflate og plane og parallelle kontaktflater.
 - Steiner skal legges i forband, og forband skal bygges med min. overlapp 1/3 av steinbredden. Mindre stein skal ikke benyttes som kiler.
 - Fugene skal ha minst mulig hulrom. Maks. fugeåpning skal være 20% av høyden på den aktuelle stein i mur.
 - Ferdig mur skal ha størst stein i bunn og ellers god fordeling av blokkstørrelse med gode forband og fortanning.

- Stein nede i muren skal ha minimum høyde på 0.5 m ved murhøyde under 4 m.
- Hvis bunnstein ikke er tilgjengelig i full bredde, kan det benyttes støpte bunnblokker eller støpt bunnplate. Bunnblokker og bunnplate må eventuelt spesifiseres i spesiell beskrivelse.
- Steinen skal hvile på sin største flate. Steinens bredde skal være minimum 1.2 ganger så stor som høyden. Steinen i visflaten skal ha lengde som er minimum 1 ganger høyden og maks. 4 ganger høyden av steinen.
- Hver steinrekke i muren skal være horisontal og bestå av steiner med så lik høyde som mulig.
- Blokkene i muren skal legges med helning tilnærmet vinkelrett på murfronten.
- Minst hver tredje stein i høyden må ha skikkelig forband bakover slik at fremste del av mur blir knyttet sammen med bakmuren.
- Avvik fra planlagt murfront sett normalt på denne skal ikke overstige 100 mm. Enkelte ujevne steiner utover dette kan aksepteres.
- Murender og murtopp skal ha jevne overganger mot terrenget.
- Bakfyll og filter:
 - Bakfyll skal bestå av lagvis og godt komprimerte steinmasser (sprengstein T1 med maks. steinstørrelse 30 cm). Det skal ikke forekomme større enkeltsteiner (over 30 cm) i bakfyllet som kan gi punktbelastning på muren.
 - Der drenerende sprengstein/pukk eller stedlige masser ikke lager naturlig filter skal det benyttes fiberduk klasse 3.
 - Fyllmassene skal ikke inneholde humus, snø, is eller teleklumper. Humusinnhold skal være mindre enn 3%.

Finstoffinnhold (f) iht. krav for telefarlighetsklasse T1 (N200).

- Innenfor en avstand lik høyden av muren skal bakfyllingen legges opp lagvis med lagtykkelser 300-500 mm og komprimeres med egnet utstyr.

6 Videre arbeid

- Løsningsvalg for vegstrekningen på den vestlige siden av jernbanebrua må fastsettes. Dersom det velges en løsning med fylling uten mur, må fyllingen prosjekteres iht. gjeldende krav.
- Det må utføres supplerende grunnundersøkelser på den nordøstlige siden av jernbanebrua for å kartlegge fundamenteringsforhold for ny bru over jernbanen, samt for å kunne utføre detaljprosjektering av løsningsvalg for veg, avkjørsler og utbedring av Holma bru. Avhengig av hvilke løsningsvalg som velges, kan det bli aktuelt med grunnundersøkelser og bunnkotekartlegging i Netlandstjørna og Øvre Hellvigsvatnet.
- Det må fastsettes hvilke tiltak som er nødvendige for utbedring av Holma bru, og eventuelle endringer knyttet til bruas fundamentering må ta hensyn til de påviste torvmassene som ligger under eksisterende veg i området.
- Dersom løsningsforslaget for brua over jernbanen inkluderer spunt av eksisterende vegfylling for plassering av landkar til ny bru, må det utføres spuntberegninger for dette, samt må et kostnadsoverslag beregnes. Grunnet nærhet til jernbane vil prosjektering av spunt for fundamentering av landkar havne i geoteknisk kategori 3.

7 Referanser

SVV-Årsmiddeltemperaturkart (2010)

<https://svvdemo.carto.com/builder/3a3899bc-f8dd-11e6-ad62-0e3ff518bd15/embed> (Hentet 22.06.2020)

ArcGIS Frostmengdekart (2010)

https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=6108a253a9f44a2381b863af05d32b1b&extent=6.0131,58.2002,14.1521,60.9015_(Hentet 22.06.2020)

Standard Norge (2010): Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering.

Statens vegvesen (2014): Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger. Håndbok V221

NA-rundskriv (07/2015) – Trafikklast i håndbok N400 Bruprosjektering

Statens vegvesen (2018): Laboratorieundersøkelser. Håndbok R210

Statens vegvesen (2018): Feltundersøkelser. Håndbok R211

Statens vegvesen (2018): Geoteknikk i vegbygging. Håndbok V220

Statens vegvesen (2018): Vegbygging. Håndbok N200

NGU Løsmassekart (2020) <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>. (hentet 06.04.2020)

e-kart webløsning (2020) <https://kommunekart.com/proff/klient/rogaland> (hentet 25.03.2020)

Rogaland fylkeskommune

Postboks 130 sentrum

4001 Stavanger

Besøksadresse

Arkitekt Eckhoffs gate 1

4010 Stavanger

Telefon

51 51 66 00

E-post

firmapost@rogfk.no

www.rogfk.no

Vedlegg 1



Oversiktskart Fv.44 Hellvik-Vassvik/Hellvik Bru


Dato: 22.06.2020

Målestokk: 1:15000

Koordinatsystem: UTM 32N



© 2020 Norkart AS/Geovekst og kommunene/NASA, Meti © Mapbox © OpenStreetMap

 **Prosjekt Fv.44 Hellvik - Vassvik**

 **Prosjekt Fv.44 Hellvik Bru**

Vedlegg 2: Tegningsforklaring

Statens vegvesen Blankett nr. 497	TEGNINGSFORKLARING for geotekniske kart og profiler	Bilag 1A
--------------------------------------	--	----------

Opptegning i plan / på oversiktskart.

TEGNINGSSYMBOLER

Nummerering i henhold til borpunktliste GeoPlot.

Symbol	Metode	Anmerkning	Symbol	Metode	Anmerkning
●	2401 Dreiesondering	Sondering m. registrering av motstand.	■	2410 Setningsmåling	Nivellementspunkt.
⊙	2402 Prøveserie	Prøvene tatt med boringsredskap (skovbor, prøvetager, diamantkjernebor m.m.)	⊖	2411 S.P.T.	Standard Penetration Test
□	2403 Prøvegrop	Prøvene tatt i gropvegg.	☆	2412 Fjellkontrollboring	Boring ned til og i fjell.
⊠	2404 Prøvebelastning	Peler, terrengplater, fundamenter o.l.	⊖	2413 Poretrykksmåling	Inkludert måling av grunnvannstand.
○	2405 Enkel sondering	Sondering uten registrering av motst., f.eks. spyleboring, slagboring m.m.	⊕	2414 In situ permeabilitetsmåling	Infiltrasjonsforsøk, prøvepumping m.m.
⬇	2406 Dreietrykksondering	Maskinsondering med automatisk registrering.	+	2415 Vingeboring	Måling av uomrørt og omrørt udrenert skjærstyrke.
▽	2407 CPTU	Sondering der spissmotstand, lokal friksjon og poretrykk registreres under nedpressing	⌒	2416 Elektrisk sondering	Elektrisk motstand, korrosivitet etc.
⊗	2408 Skruplateforsøk	Kompressometer o.l.	⊞	2417 Helningsmåling	Inklinometer.
▼	2409 Ramsondering	Sondering der borstang slås ned. Stangdiameter, loddvekt og fallhøyde er notert. Q ₀ registreres.	⊕	2418 Totalsondering	Kombinasjonsboring gjennom løsmasser og fjell.

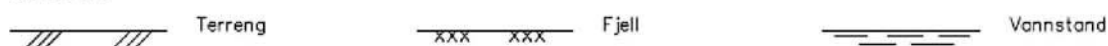
NIVAÆR OG DYBDER (i meter)

$$\star \frac{12,8}{-5,7} - 18,5 + 3,0$$

Over linjen : kote terreng eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann (12,8).
Ut for linjen : boret dybde i løsmasser (18,5). Evt. boret dybde i fjell angis etter plusstegn (+3,0).
Under linjen : sikker fjellkote.

OPPTEGNING I PROFIL

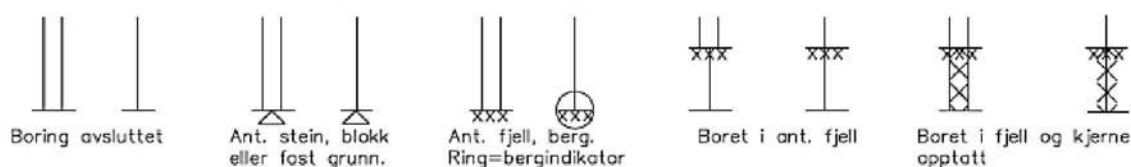
Generelt



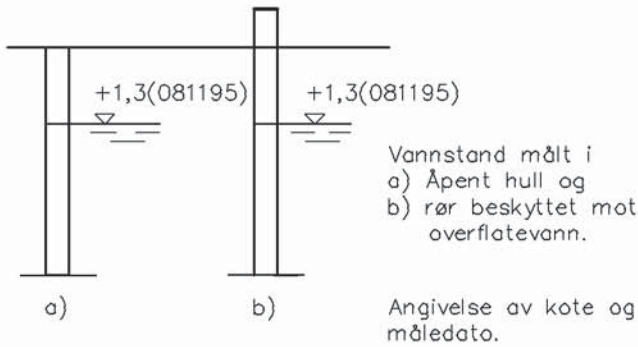
FORBORING (Gjelder alle sonderingstyper)



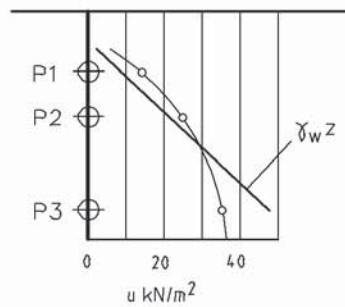
AVSLUTNING AV BORING (Gjelder alle sonderingstyper)



GRUNNVANNSTAND



⊖ PORETRYKK

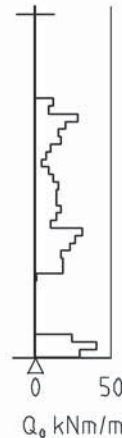


Poretrykk, u, fremstilles i et diagram. En teoretisk linje for hydrostatisk trykkfordeling $\gamma_w z$ kan vises.

VANNSTAND

HFV	Høyeste flomvannstand
HRV	Høyeste regulerte vannstand
LRV	Laveste regulerte vannstand
HHV	Høyeste høyvannstand
LLV	Laveste lavvannstand
HV	Normal høyvannstand
LV	Normal lavvannstand
MV	Normal middelvannstand
V	Vannstand (dato angis)
GV	Grunnvannstand (dato angis)

▼ RAMSONDERING

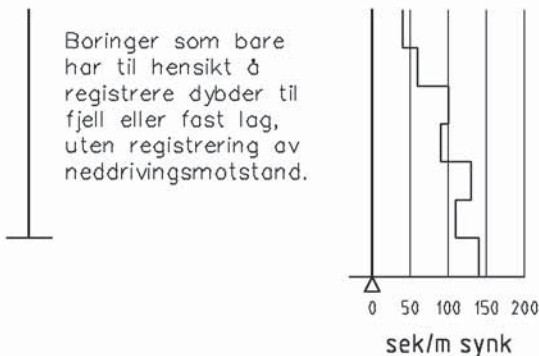


Rammemotstanden Q₀ angis som brutto rammeenergi i kNm pr. m synk av boret.

$$Q = \frac{W \times H}{s}$$

der W = Tyngde av lodd (kN)
H = Fallhøyde (m)
s = Synk i m pr. slag

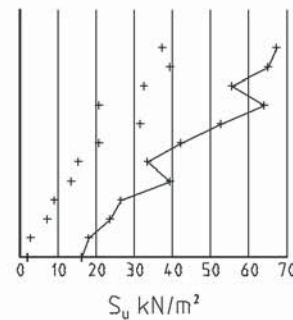
○ ENKEL SONDERING



Boringer som bare har til hensikt å registrere dybder til fjell eller fast lag, uten registrering av neddrivingsmotstand.

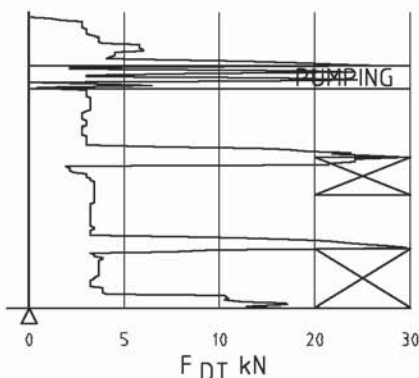
Ved enkel sondering med slagbormaskin og sondering med fjellrigg kan synk vises som sek/m.

+ VINGEBORING



Borhullet markeres med enkel tykk strek. Skjærstyrken s_u og s'_u angis i kN/m² med tegnet +. Verdier merka (+) ansees ikke representative. Verdien som angis er den kalibrerte omrørte og uomrørte skjærstyrke.

● DREIETRYKKSONDERING



Vanlig boring med 25 omdr./min.
Pumping

Økt rotasjon

Borhullet markeres med en enkel tykk strek.
Målt nedpressingskraft er vist som funksjon av dybden. Kraften er registrert ved automatisk skriver.

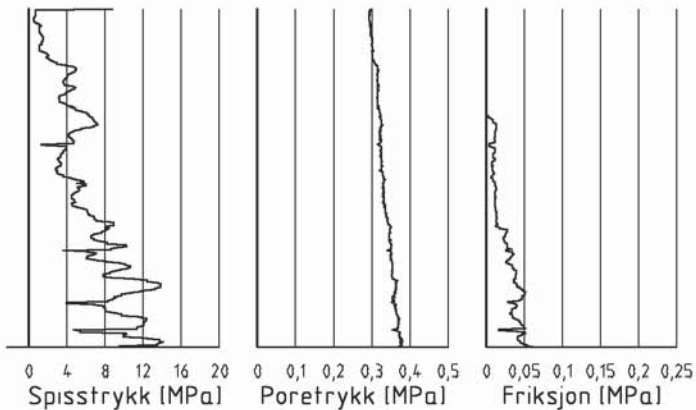
● DREIESONDERING



Forboringdybde markeres og diameter angis i mm. Vertikallasten i kN angis på borhullets v. side. Endring i belastning vises ved tverrstrek. Synk uten dreining markeres med skyggelegging eller raster.

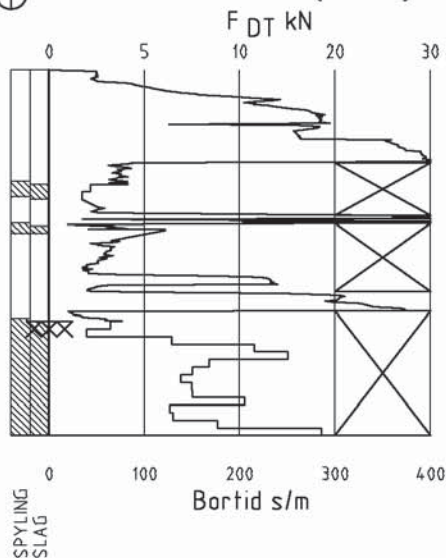
Hel tverrstrek for hver 100 halv-omdreining. Halv tverrstrek for hver 25 halv-omdreining. Mindre enn 100 halv-omdreining vises ved å skrive ant. halv-omdr. på h. side. Neddriving ved slag på boret vises m. kryss, slagant. og redskap kan angis. Endret neddrivingsmåte vises m. hel tverrstre.

▽ CPT / TRYKKSONDERING



Trykksondering med poretrykksmåling og friksjonsmåling. Børhullet markeres med en tykk strek hvor spissmotstandskurven tegnes inn. Poretrykkskurven og friksjonskurven tegnes inn i høvelig nærhet til spissmotstandskurven. Skala velges etter (opptredende) målte spenninger.

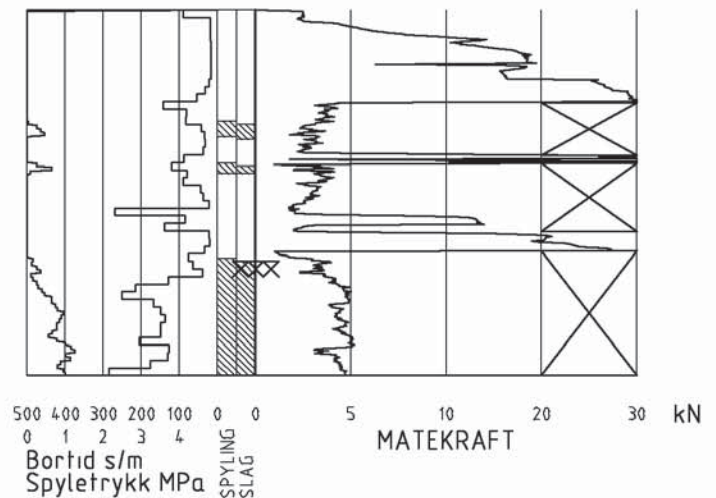
⊕ TOTALSONDERING (alt. 1)



Metoden er en kombinasjon av dreietrykksondering og fjellkontrollboring, med 57 mm borkrone.

Målt nedpressingskraft vises som funksjon av dybden der hvor boringen er utført med prosedyre som for dreietrykksondering. Økt rotasjonshastighet vises med kryss for denne delen av boringen.

⊕ TOTALSONDERING (alt. 2)



Ved boring med slag og spyling markeres dette med skravur. Bortid tegnes i blokker for hver 0,2m, evt. 1,0m (alternativ 1). Alternativt kan nedpressingskraft tegnes også for denne delen av boringen. Bortid tegnes da i blokker for hver 0,2m, evt. 1,0m, på motsatt side av diagrammet (alt. 2).

KODELISTE

Data som registreres kan kompletteres med borlederens egne inntrykk. For å hjelpe borlederen finnes det en kodeliste som anbefales brukt. Kodene kan om ønskelig tegnes til høyre for bordiagrammet. Disse koder benyttes:

GENERELLE KODER

- 00 Foreg. kode feil, skal være kode...
- 01 Startnivå for følgende kode
- 02 Metodebytte ved fortsatt sondering i samme hull (komb. m. ang. ny met.)
- 03 Ytterligere info. finnes

ANMERKNINGSKODER

- 10 Stoppnivå for tidligere forsøk (komb. m. stoppkode).
- 11 Lengre opphold i sond. (mer enn 5min.)
- 12 Dreining ikke utført fra det markerte nivå.
- 13 Sonden synker uten loddets vekt (ramsond.).
- 14 Sonden synker med loddets tyngde.
- 15 Sonderingsmotstand registreres ikke.
- 16 Stopp for poretrykksutjevning (CPT).
- 17 Poretrykksutjevning avsluttet.

FRIE KODER (EKSEMPEL)

- 60 Borstangen bøyer seg.
- 61 Trolig grunnvannsnivå.
- 62 Markert mottrykk under oppbygging.
- 63 Slutt mottrykk.

BEDØMMELSESKODER

- 30 Fyllmasse
- 31 Tørreskorpe
- 32 Leire
- 33 Silt
- 34 Sand
- 35 Grus
- 36 Morene
- 37 Torv
- 38 Gytje
- 40 Forekomst av stein
- 41 Stein, blokk eller berg.
- 42 Sluttnivå for stein eller blokk.

MASKINTEKNISKE KODER

- 70 Økt rotasjon begynner
- 71 Økt rotasjon avsluttet
- 72 Spyling begynner
- 73 Spyling slutter
- 74 Slag starter
- 75 Slag slutter
- 76 Slag og spyling starter samt.

- 77 Slag og spyling slutter samt.
- 78 Pumping starter
- 79 Pumping slutter

STOPPKODER

- 90 Sondering avsl. uten å ha oppnådd stopp.
- 91 Fast grunn, sond. kan ikke drives videre etter norm. pros.
- 92 Ant. stein eller blokk
- 93 Ant. berg
- 94 Avsl. etter boret ønsket dybde i fjell.
- 95 Brudd i borstenger eller spiss.
- 96 Annen material- eller mask.feil
- 97 Boring avsl. (årsak notert)

◎ PRØVESERIE
Materialsignatur (iht. NGF)



Fjell



Stein og blokk



Grus



Sand



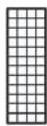
Silt



Leire



Skjell



Fyllmasse



Trerester
Sagflis



Matjord



Torv
Planterester



Gytje, dy
(vannavsatt)

Anmerkning

Leire: T = tørrskorpe
R = resedimenterte masser
K = kvikkleire

Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
Morene vises ved skyggelegging.

Eks.:



Moreneleire



Grusig morene

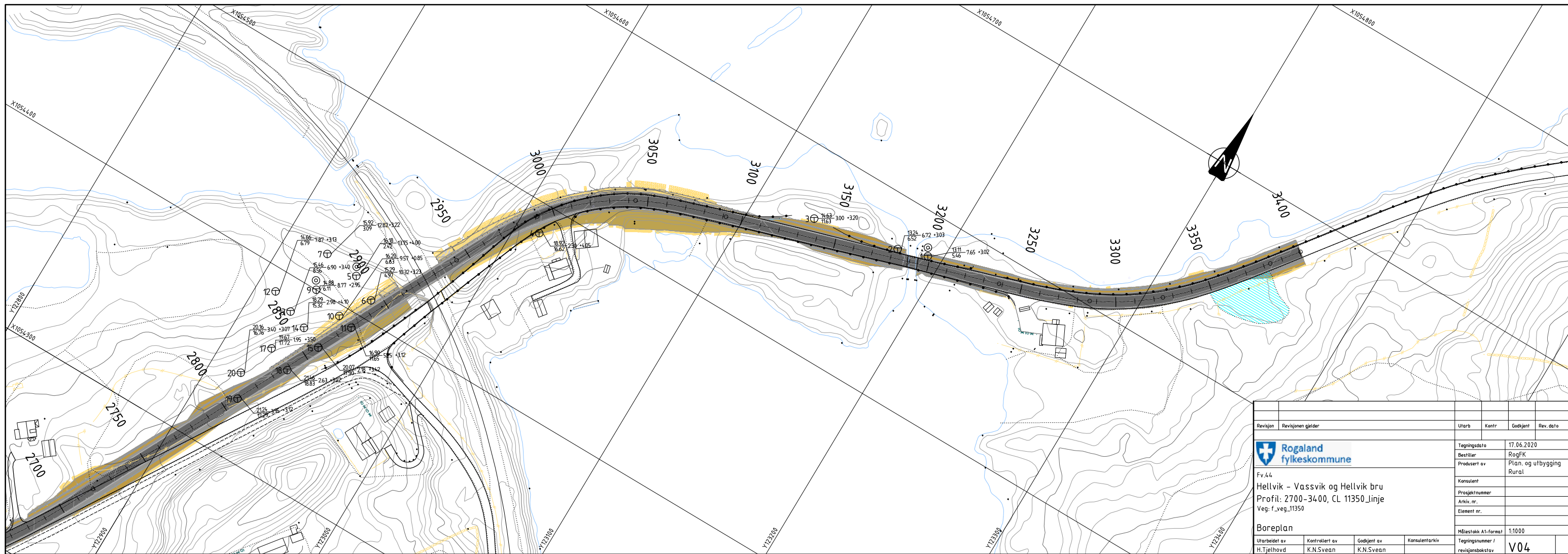
For kongresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen.

Ca = kalkkongresjoner
Fe = jernkongresjoner
AH = aurhelle

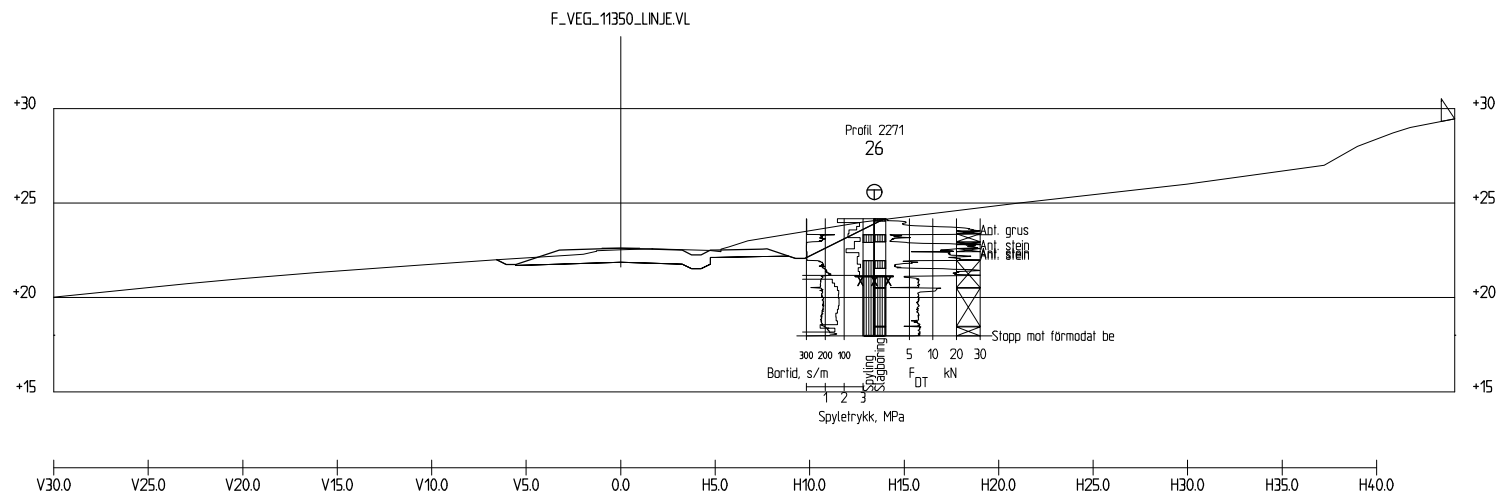
SYMBOLER FOR LABORATORIEDATA

Laboratoriebestemmelser	Bokstav-symbol	Tegn-symbol	Anmerkninger
Materiale			Jordarter beskrives i samsvar med retningslinjer gitt av NGF. Hovedbetegnelsen skrives med store bokstaver.
Vanninnhold Naturlig vanninnhold Plastisitetsgrense Flytegrense Flytegrense konus	W W _P W _L W _F	• — — —▶	Angis i masseprosent av tørrstoff. Metode skal angis.
Tyngdetthet / densitet Tyngdetthet Densitet Tørr densitet Korndensitet	γ ρ ρ _d ρ _s		Tyngdetthet kN/m ³ . Densitet t/m ³ . γ (kN/m ³)
Porøsitet Poretall	n e		
Skjærstyrke, udrenert Konusforsøk, uomrørt Konusforsøk, omrørt Enkelt trykkforsøk	s _{uk} s _{u'k} s _{ut}	▼ ▼ ∞	Symbolet settes i () hvis verdien ikke ansees representativ. Aksialdeformasjon ved brudd (ε _f) angis i % slik: $\frac{15-\phi-5\%}{10}$
Sensitivitet	S _t		Metode bør angis.
Organisk materiale Innhold av organisk karbon Glødetap Humusinnhold Formuldingsgraden	O _c O _{gl} O _{Na} v _P		Angis i masseprosent av tørrstoff før forsøk. Bestemt ved NaOH-metoden. Klassifisering etter von Post skala H ₁ –H ₁₀

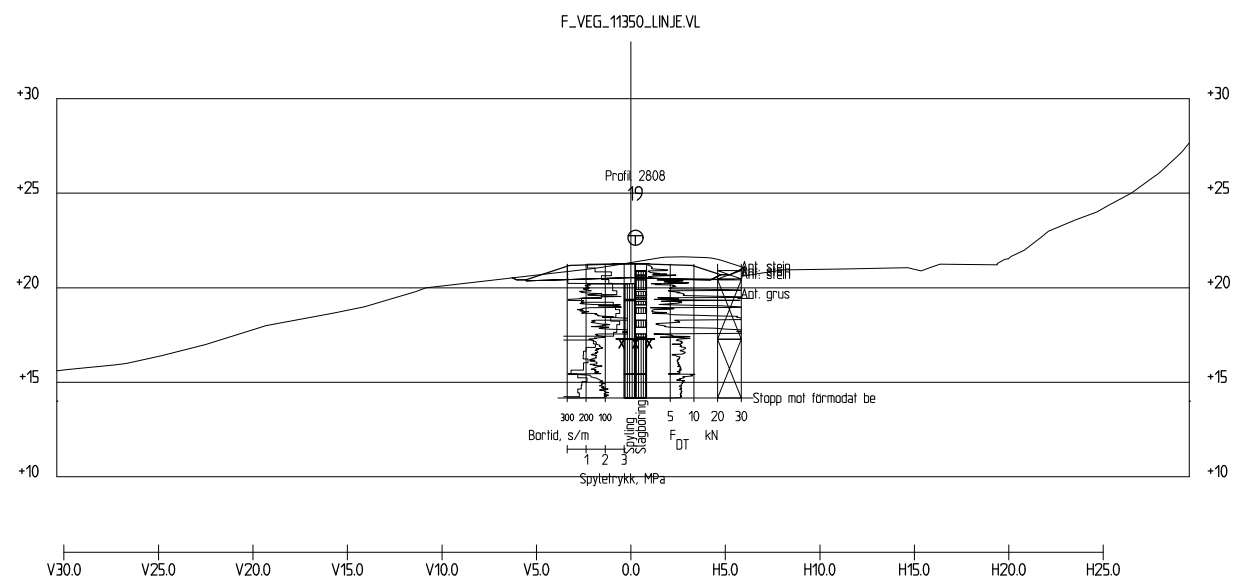
Forøvrig benyttes bokstavsymboler vedtatt av The International Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.



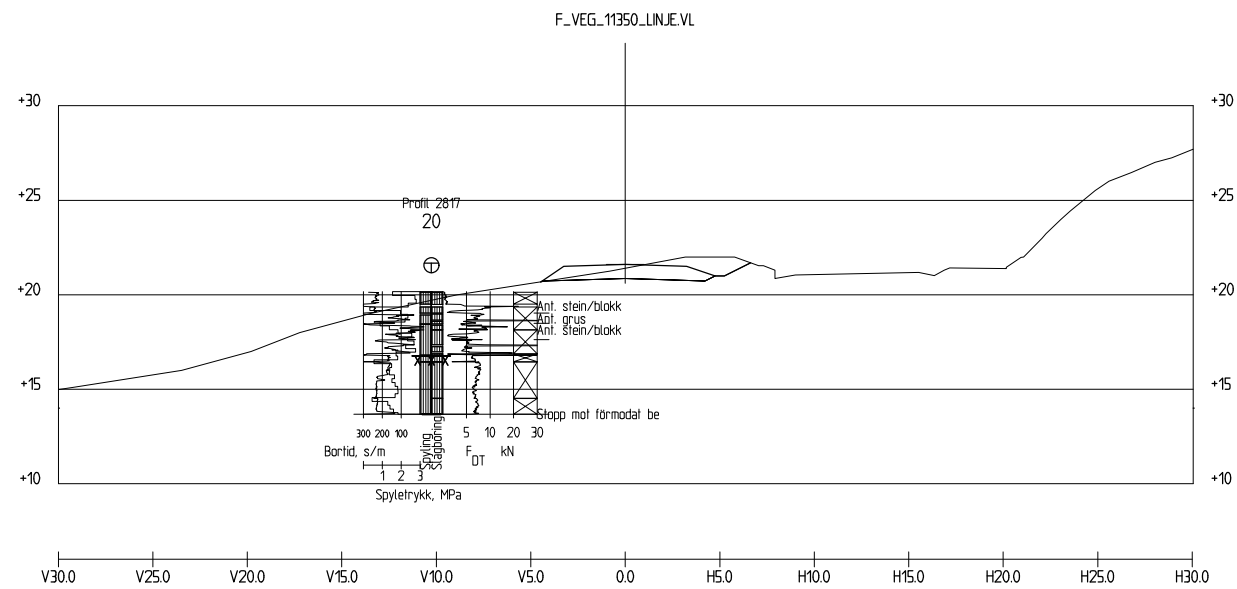
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uttarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato	17.06.2020		
Fv 44		Bestiller	RogFK		
Hellvik - Vassvik og Hellvik bru		Prosjekt av	Plan. og utbygging Rural		
Profil: 2700-3400, CL 11350_linje		Konsulent			
Veg: f_veg_11350		Prosjektnummer			
		Arkiv. nr.			
		Element nr.			
Boreplan		Målestokk A1-format	1:1000		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer /	
H.Tjelhovd	K.N.Svean	K.N.Svean		revisjonsbokstav	
				V04	



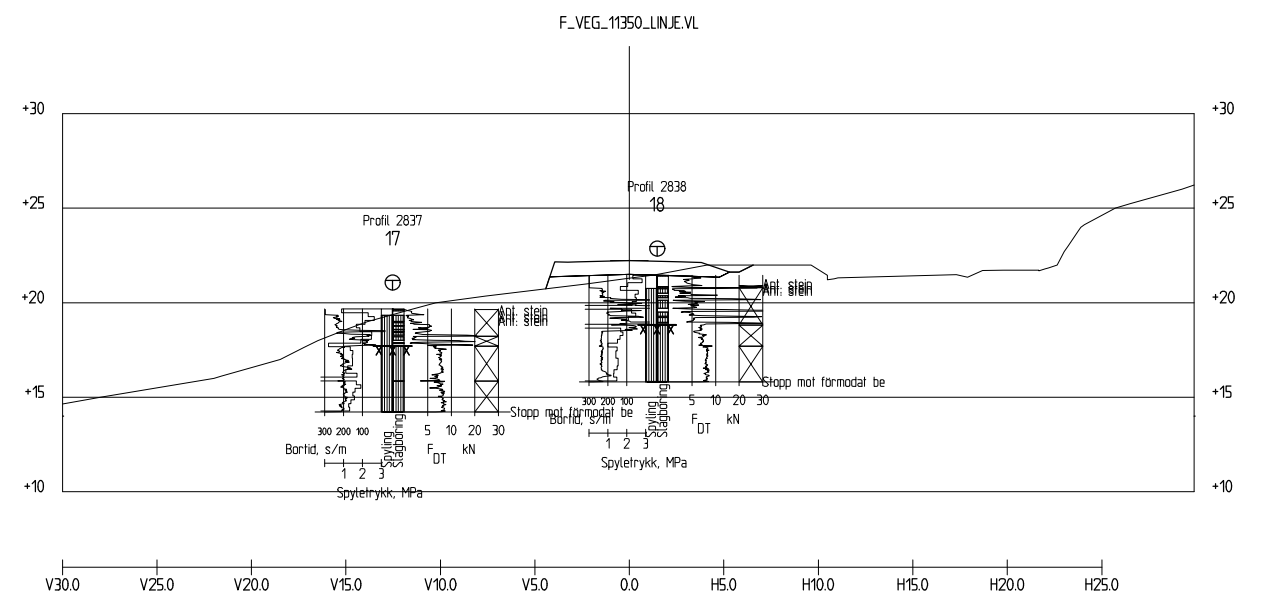
Profil 2270
1 : 200



Profil 2810
1 : 200

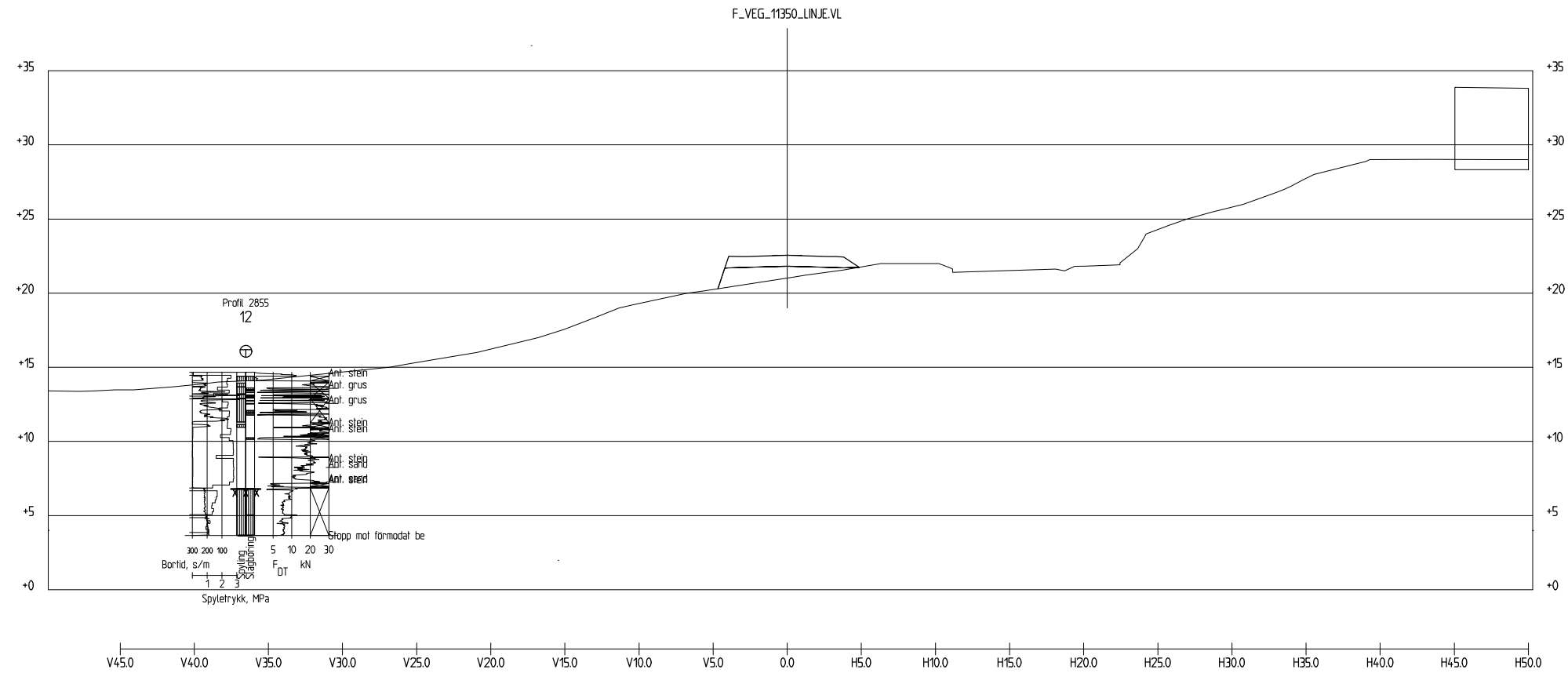


Profil 2820
1 : 200

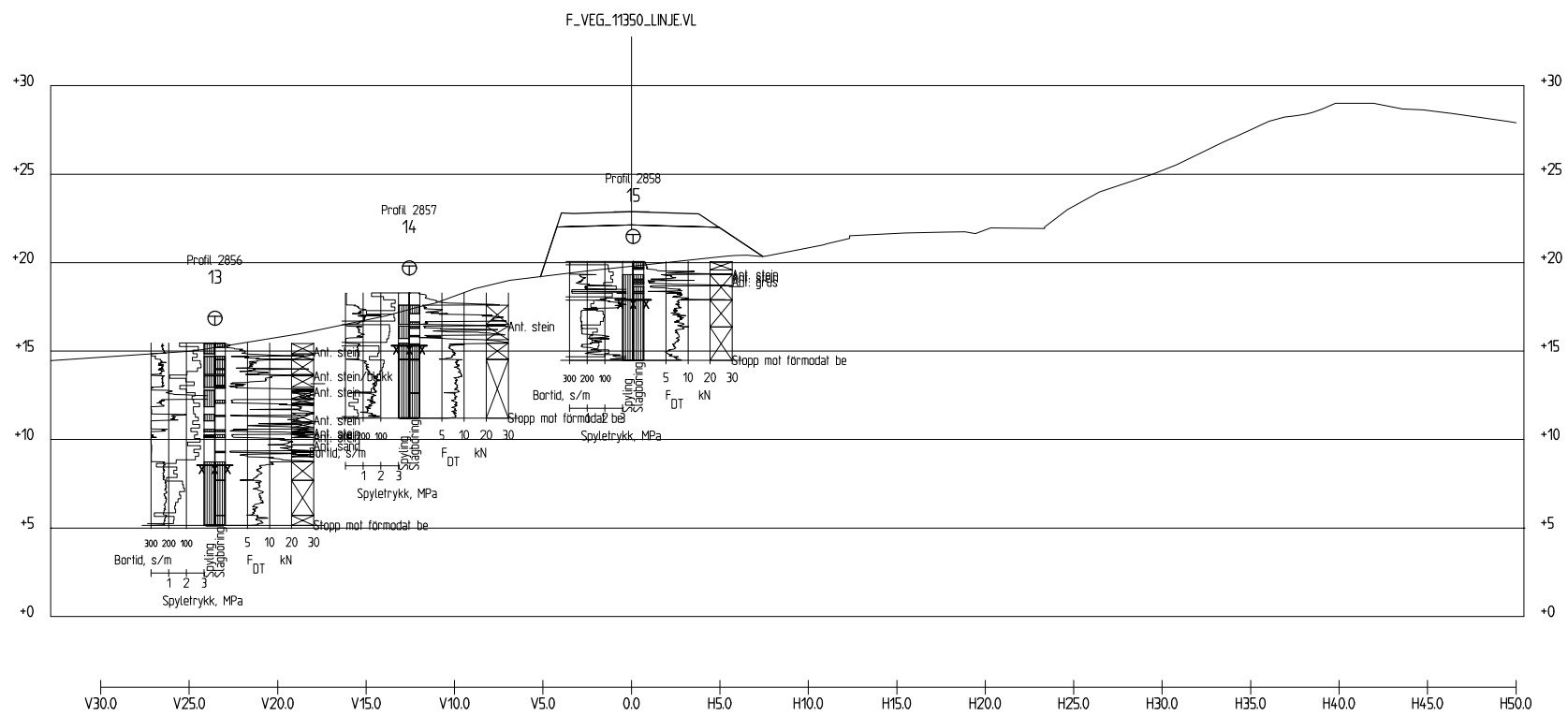


Profil 2840
1 : 200

Revisjon	Revisjonen gjelder	Uttarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato		17.06.2020	
F.v.4.4		Besittler		RogFK	
Hellvik - Vassvik og Hellvik bru		Prosjekt nr.		Plan. og utbygging	
Profil:2270-2840 CL 11350_inje		Element nr.		Rural	
Veg: f_veg_11350		Målestokk A1-format		A1=1:200	
Tverrprofiler		Tegningsnummer /		revisjonsbokstav	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv		
H.Tjelhovd	K.N.Svean	K.N.Svean		V08	

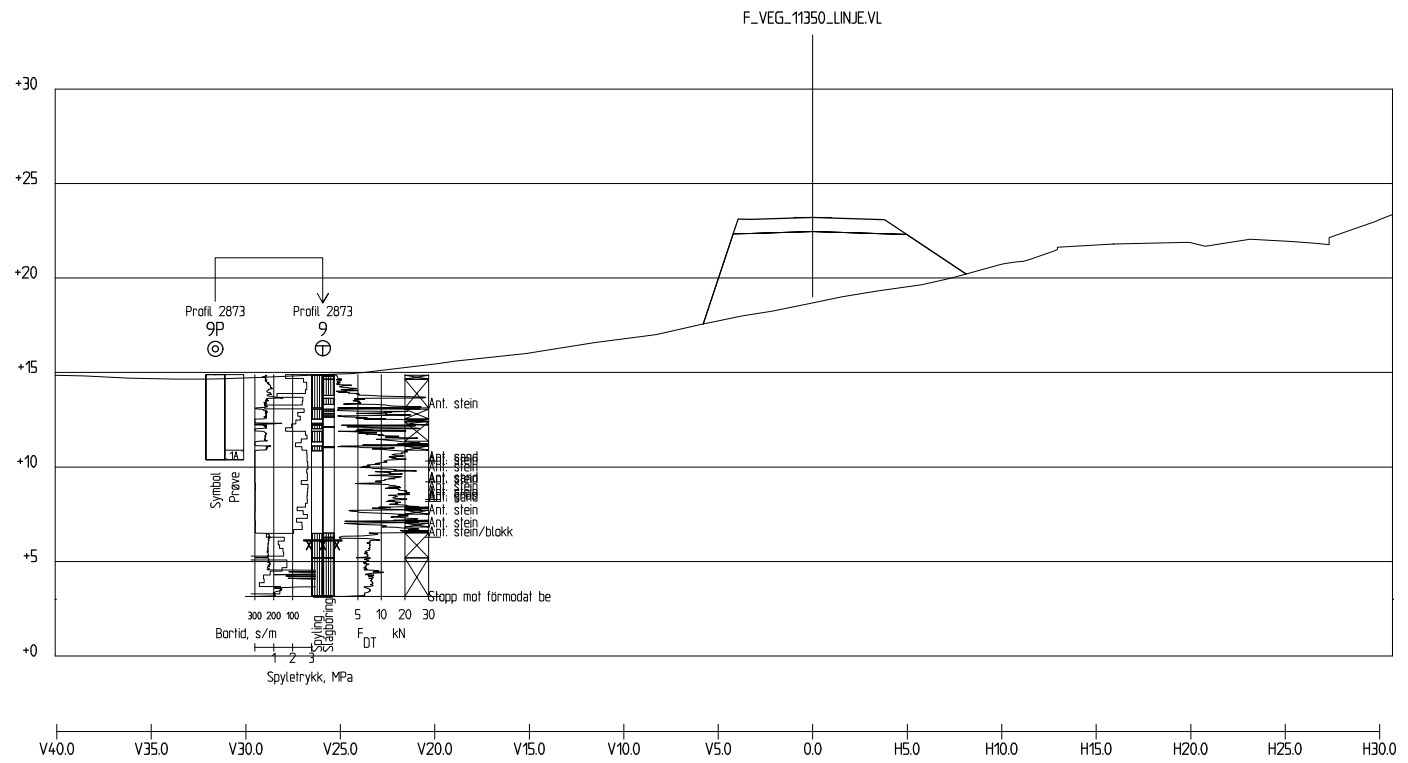


Profil 2850
1 : 200

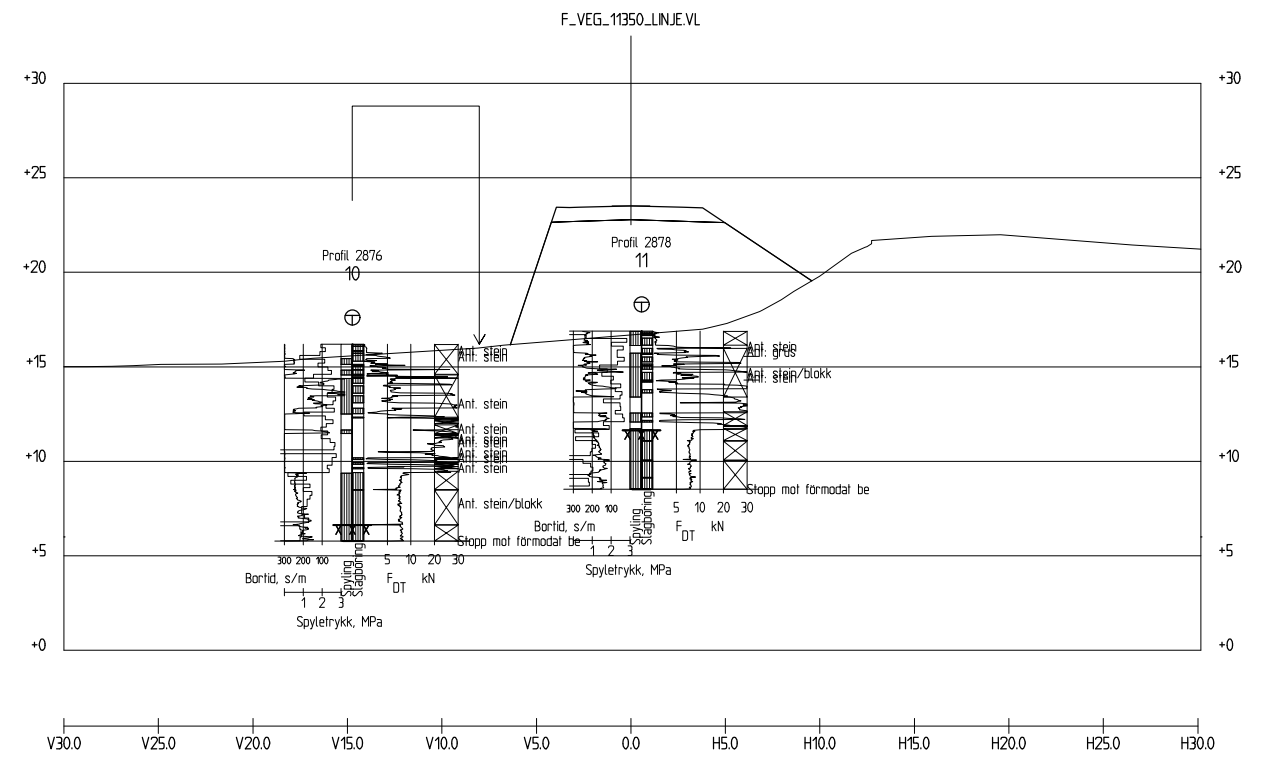


Profil 2860
1 : 200

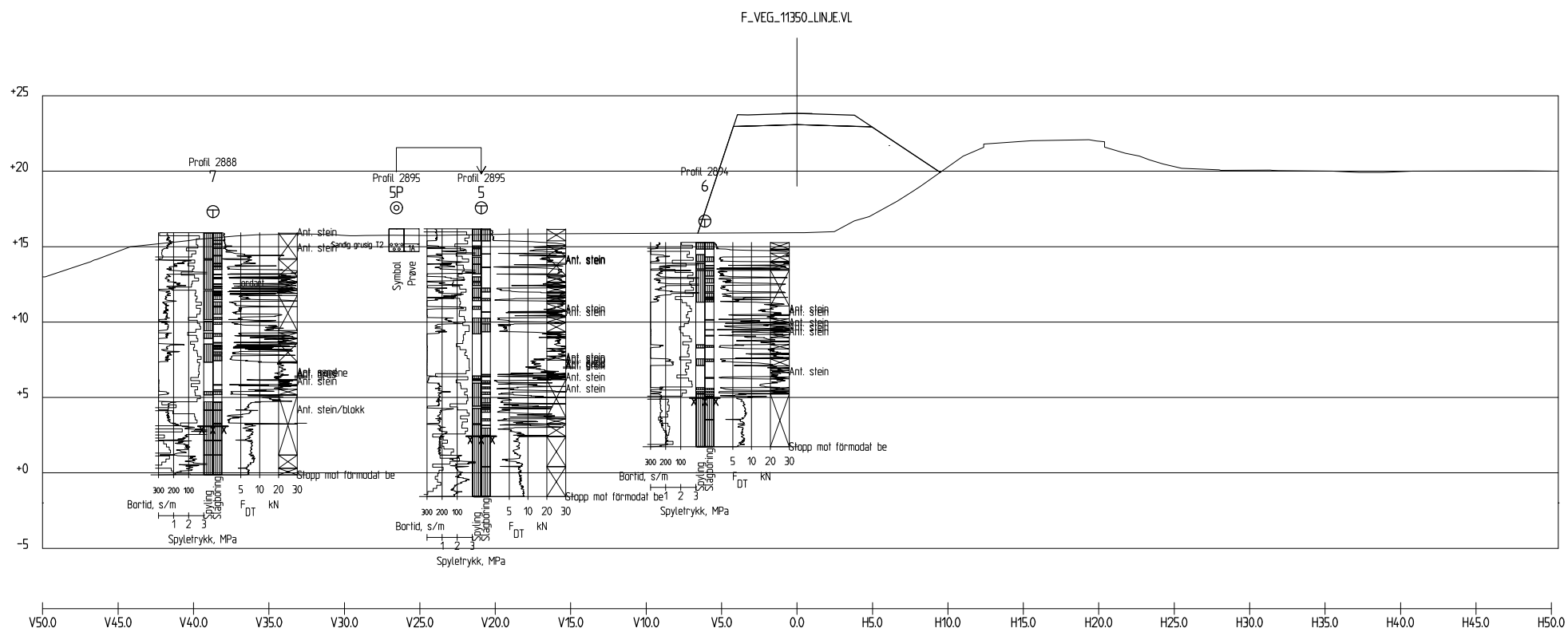
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uttarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato		17.06.2020	
Fv.44		Bestiller		RogFK	
Hellvik - Vassvik og Hellvik bru		Prosjekt nr.		Plan og utbygging	
Profil:2850-2860, CL 11350_linje		Element nr.		Rural	
Veg: f_veg_11350		Målestokk A1-format		A1=1:200	
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
H.Tjelhovd	K.N.Svean	K.N.Svean		V09	



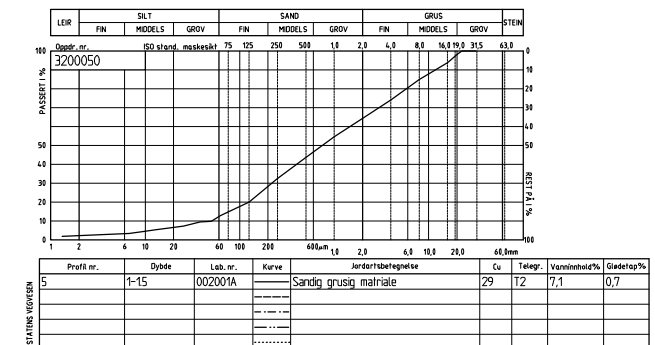
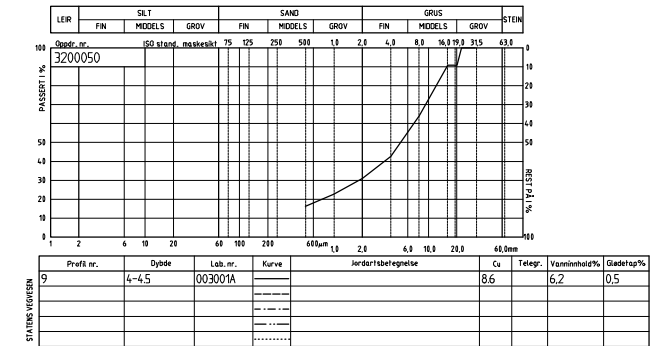
Profil 2870
1 : 200



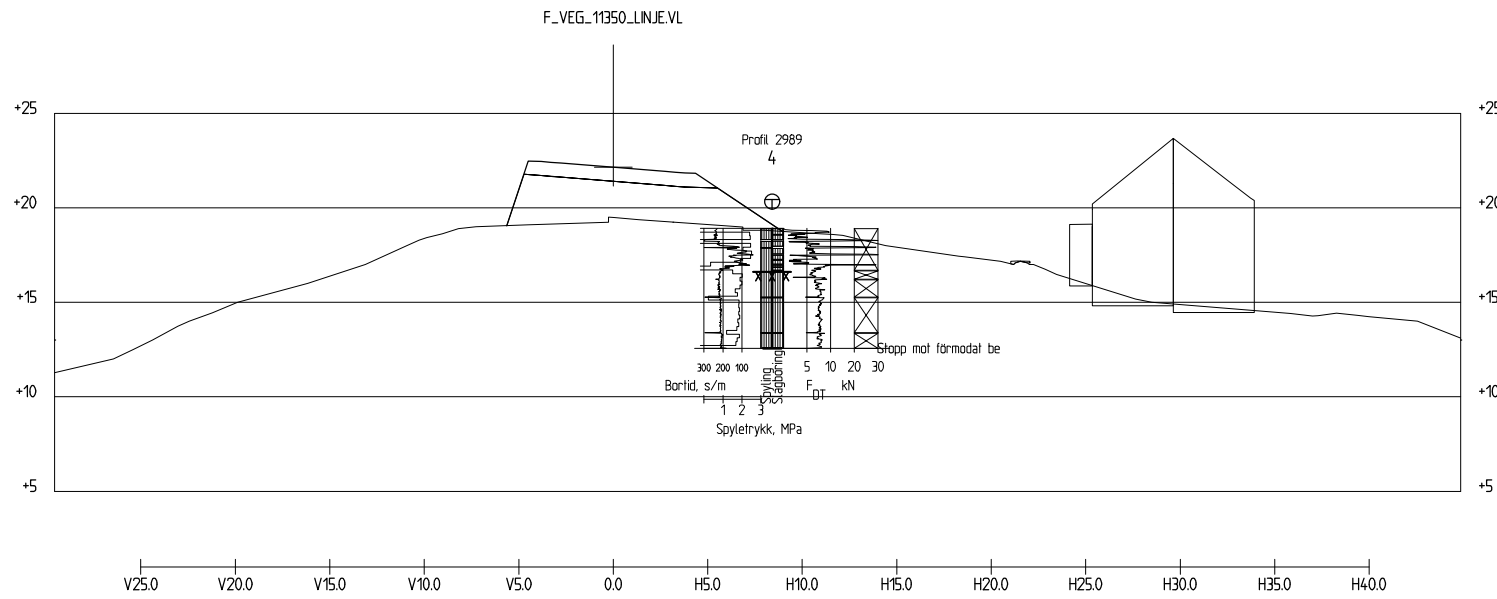
Profil 2880
1 : 200



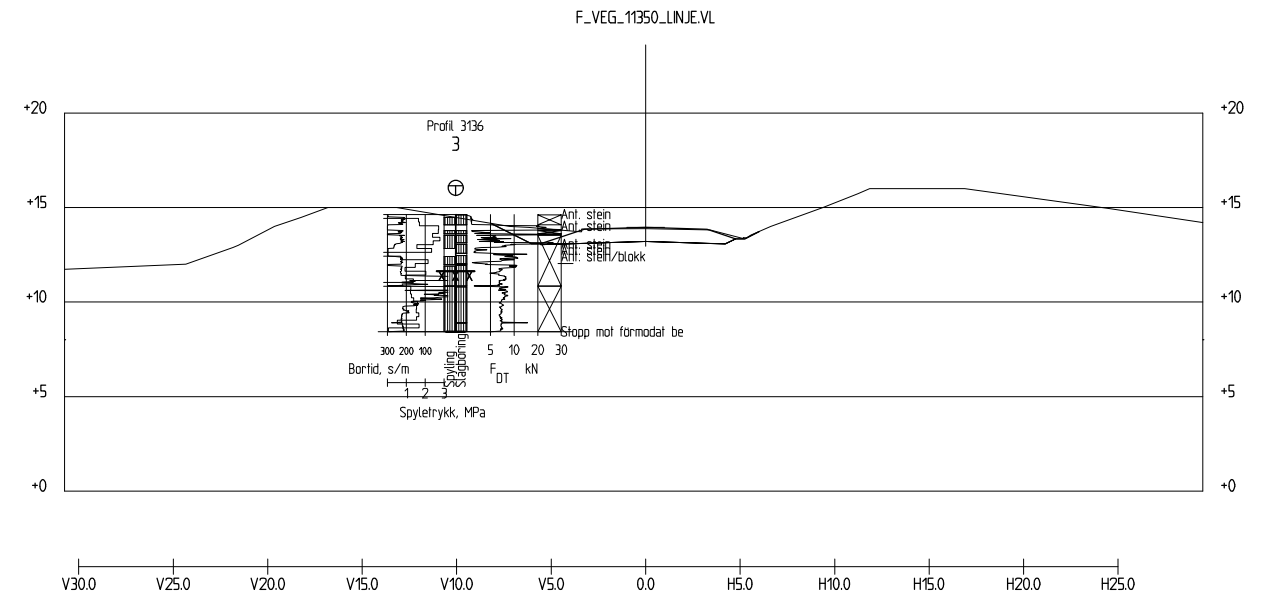
Profil 2890
1 : 200



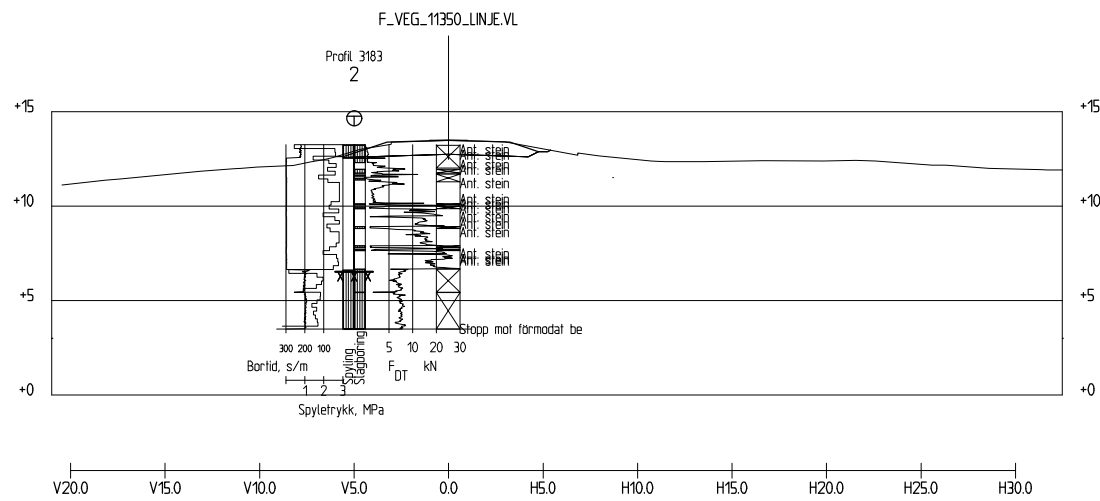
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uttarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato	17.06.2020		
Fv.44		Bestiller	RogFK		
Hellvik - Vassvik og Hellvik bru		Prosjekt nr.	Plan. og utbygging Rural		
Profil: 2870-2890, CL 11350_linje		Konsulent			
Veg: f_veg_11350		Arktiv. nr.			
Tverrprofiler		Element nr.			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Målestokk A1-format	A1=1:200
H.Tjelhovd	K.N.Svean	K.N.Svean		Tegningsnummer / revisjonsbokstav	V10



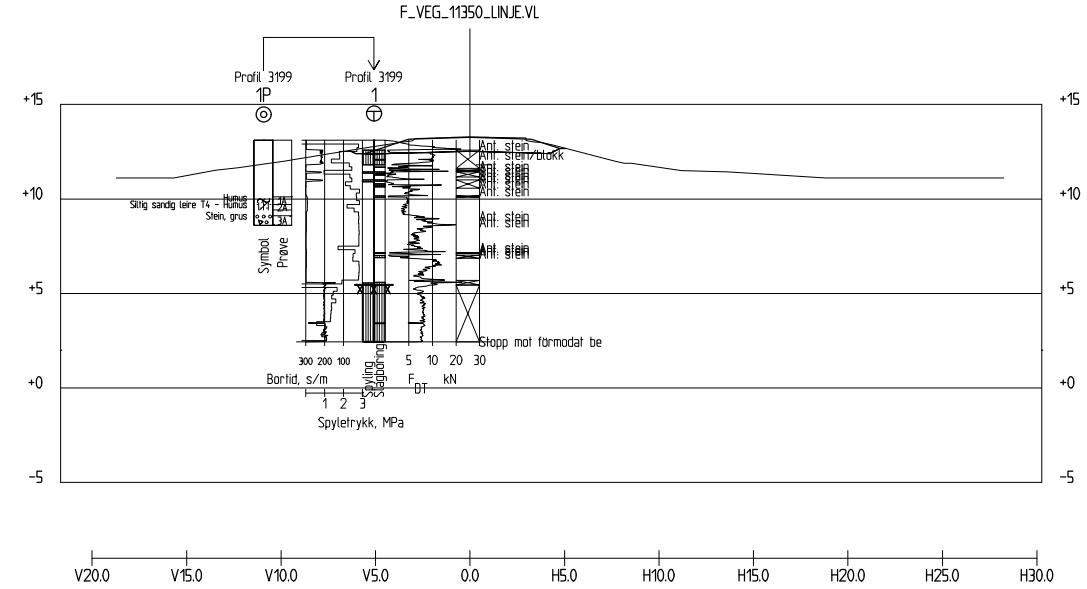
Profil 2990
1 : 200



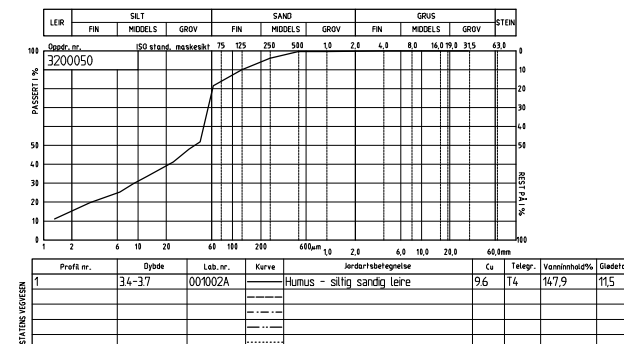
Profil 3140
1 : 200



Profil 3180
1 : 200



Profil 3200
1 : 200



Revisjon	Revisjonen gjelder	Uttarb	Kontr	Godjent	Rev. date
Fv.44		Tegningsdato 17.06.2020			
Hellvik - Vassvik og Hellvik bru		Bestiller RogFK			
Profil:2990-3200, CL 11350_inj		Produsert av Plan og utbygging Rural			
Veg: f_veg_11350		Konsulent			
		Prosjektnummer			
		Arkiv. nr.			
		Element nr.			
Tverrprofiler		Målestokk A1-format A1=1:200			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godjent av	Konsulentarkiv		
H.Tjelhovd	K.N.Svean	K.N.Svean	Tegningsnummer / revisjonsbokstev		
				V11	

Vedlegg 3 Borehullsliste med koordinater

Datum: 18.06.2020 Sida: 1

Prosjekt: Hellvik Bru Oppdragsnummer:

Borhull	X	Y	Z	Metode	Stopp	Løsm	Fjell
1	6487373.995	319171.388	13.114	Total Tolk	94	7.65	3.03
2	6487369.954	319155.723	13.241	Total Tolk	94	6.72	3.03
3	6487363.610	319109.827	14.634	Total Tolk	94	3.00	3.20
4	6487289.678	318986.628	18.916	Total Tolk	94	2.30	4.05
5	6487225.189	318912.860	16.175	Total Tolk	94	13.75	4.00
6	6487217.574	318925.574	15.290	Total Tolk	94	10.32	3.23
7	6487228.274	318894.113	15.917	Total Tolk	94	12.82	3.22
9	6487209.028	318897.810	14.883	Total Tolk	94	8.77	2.95
10	6487202.618	318914.780	16.204	Total Tolk	94	9.57	0.85
11	6487200.055	318923.194	16.900	Total Tolk	94	5.25	3.13
12	6487198.347	318879.446	14.663	Total Tolk	94	7.88	3.13
13	6487192.753	318891.193	15.455	Total Tolk	94	6.90	3.40
14	6487188.478	318901.416	18.291	Total Tolk	94	2.97	4.10
15	6487182.867	318912.792	20.075	Total Tolk	94	2.17	3.42
17	6487171.130	318891.491	19.667	Total Tolk	94	1.95	3.50
18	6487164.925	318904.057	21.460	Total Tolk	94	2.63	3.03
19	6487139.639	318888.114	21.239	Total Tolk	94	3.95	3.12
20	6487152.381	318883.331	20.158	Total Tolk	94	3.40	3.07

Vedlegg 4 Laboratorieanalyser

Vest

Laboratorium: Regionlaboratorier Stavanger - I henhold til H014 labprosess: 14.432, R210.214, R210.215

Prøveopphav: (B) Byggherre (E) Entreprenør (P) Produsent



Statens vegvesen

Kornkurve

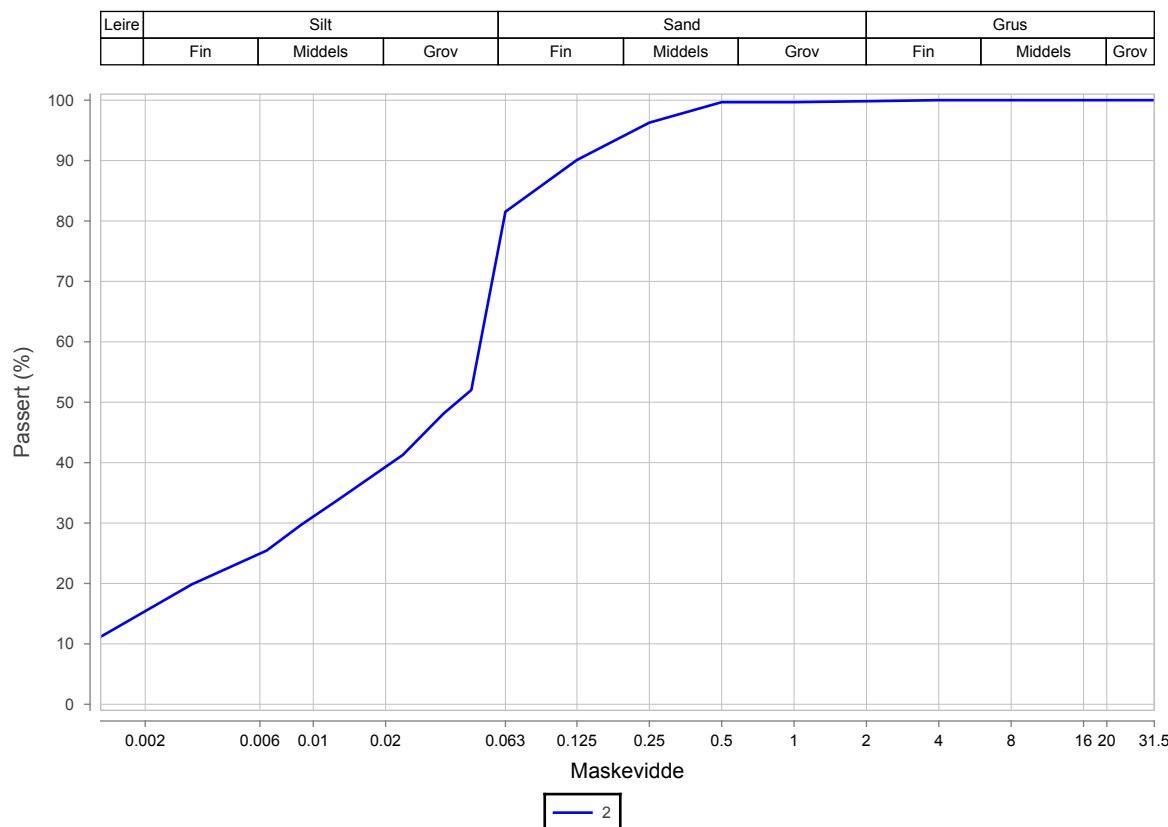
Oppdragsnr.	3200050	Oppdragsnavn	Fv. 44 Hellvik - Vassvik
Prosjektnr.	C13527	Prosjektnavn	F - RO Lab.og gr.bor
Ansvarsområdenr.	CEA20	Ansvarsområdenavn	Laboratorium vest

Serienr.: 1^(B), Hullnr.: 1, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:6487373.995 Ø:319171.388 H:13.114

Prøvenr.	2		
Uttaksdato	03.06.2020		
Analysetype	Våtsikt		
Humus (Glødetap)	11.5		
Vanninnhold (%)	147.9		
% <63µm av <delsikt	81.5 (20 mm)		
% <20µm av <delsikt	39.3 (20 mm)		

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	16	20	22.4	31.5
2	81.5	90.1	96.3	99.7	99.7	99.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
2	FV44	3.4 - 3.7	Humus - siltig sandig leire	*9.7	T4

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Merknader, Kornkurve

Serienr. 1, Hullnr. 1

23.06.2020

Prøve 3: 4,0-4,5 m, lite materiale ingen slemmeanalyse



Borprofil, tabell

Oppdragsnr. 3200050 Navn Fv. 44 Hellvik - Vassvik Analyseår 2020 Prøvetype Poseprøve
 Serienr. 1^(B) Hullnummer 1 Koordinater EUREF89 UTM, Sone 32, N:6487373.995 Ø:319171.388 H:13.114

Prøve	Delprøve	Dybde	Jordart	Densitet	Humusinnhold	Vanninnhold W	Flytegrense V _L	Utrullingsgrense V _P	Enkelt trykkforsøk		Konus, Uomrørt, C _{ufc}	Konus, Omrørt, C _{ufc}	Sensitivitet, St
									C _{uuc}	Deformasjon			
		[m]		[kN/m ³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	
1		3.0 - 3.4	Humus		24.8	305.6							
2		3.4 - 3.7	Humus - siltig sandig leire		11.5	147.9							
3		4.0 - 4.5	Stein/grus		0.5	13.4							



Merknader, Borprofil, tabell

Serienr. 1, Hullnr. 1

23.06.2020

Prøve 3: 4,0-4,5 m, lite materiale ingen slemmeanalyse



Kornkurve

Oppdragsnr. 3200050
 Prosjektnr. C13527
 Ansvarsområdet CEA20

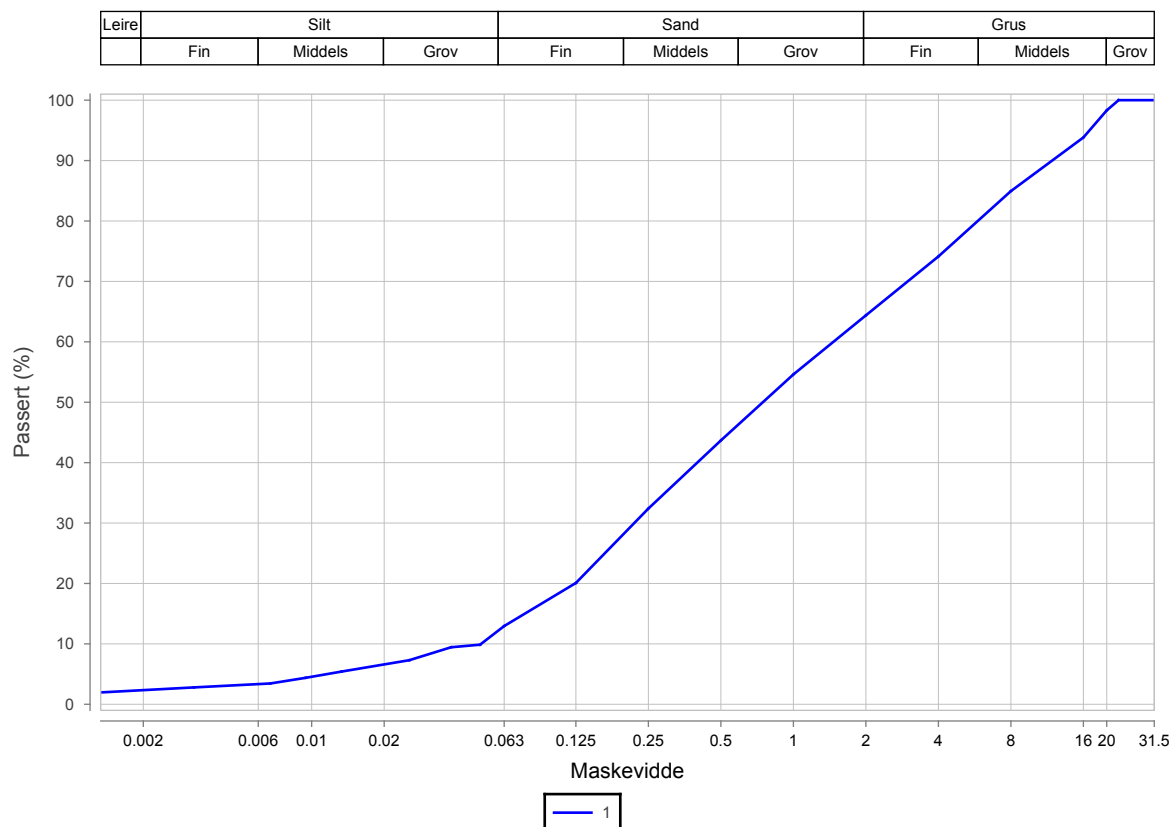
Oppdragsnavn Fv. 44 Hellvik - Vassvik
 Prosjektnavn F - RO Lab.og gr.bor
 Ansvarsområdenavn Laboratorium vest

Serienr.: 2^(B), Hullnr.: 5, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:6487225.189 Ø:318912.86 H:16.175

Prøvenr.	1			
Uttaksdato	03.06.2020			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)	0.7			
Vanninnhold (%)	7.1			
% <63µm av <delsikt	13.2 (20 mm)			
% <20µm av <delsikt	6.7 (20 mm)			

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm				mm							
	63	125	250	500	1	2	4	8	16	20	22.4	31.5
1	13.0	20.1	32.4	43.7	54.6	64.4	74.1	85.0	93.8	98.3	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1	FV44	1.0 - 1.5	Sandig grusig materiale	29.0	T2

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Merknader, Kornkurve



Kornkurve

Oppdragsnr. 3200050
 Prosjektnr. C13527
 Ansvarsområdenr. CEA20

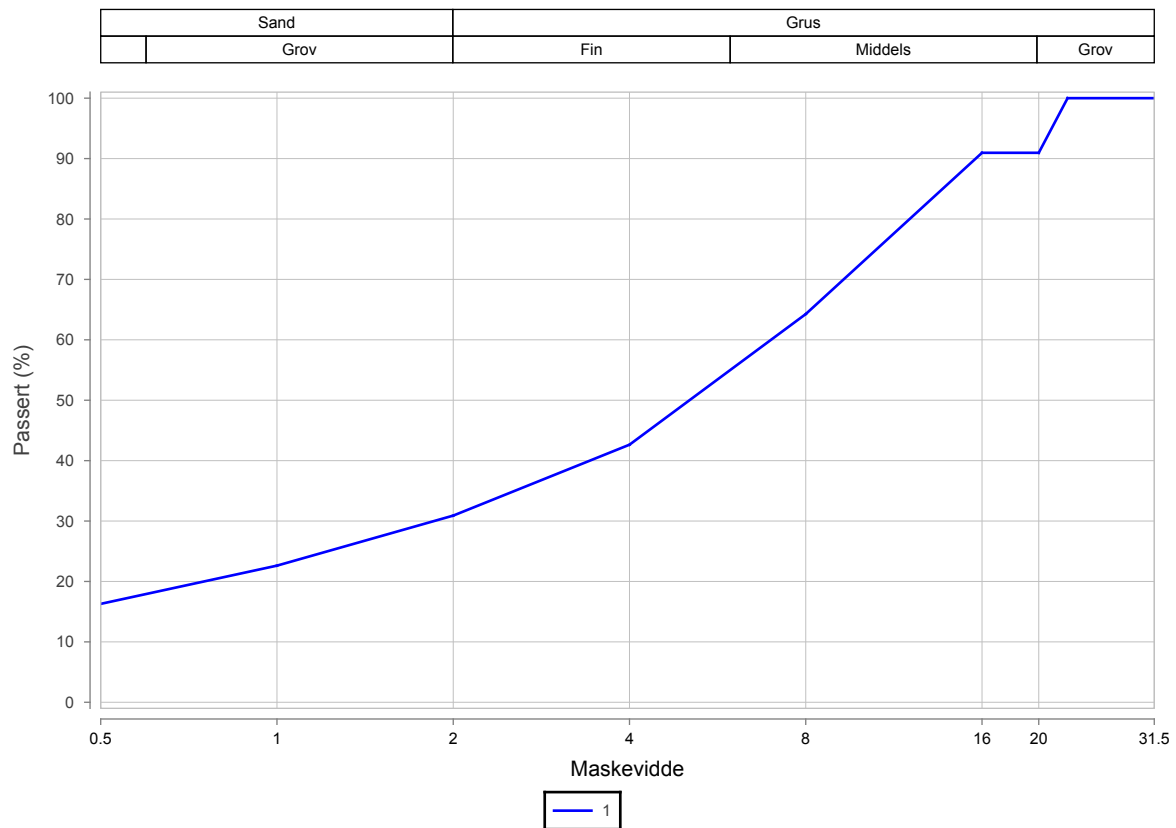
Oppdragsnavn Fv. 44 Hellvik - Vassvik
 Prosjektnavn F - RO Lab.og gr.bor
 Ansvarsområdenavn Laboratorium vest

Serienr.: 3^(B), Hullnr.: 9, koordinater: EUREF89 UTM, Sone 32, N:6487209.028 Ø:318897.81 H:14.883

Prøvenr.	1			
Uttaksdato	03.06.2020			
Analysetype	Våtsikt			
Humus (Glødetap)	0.5			
Vanninnhold (%)	6.2			
% <63µm av <delsikt				
% <20µm av <delsikt				

Siktedata - Passert (%)

Pr.nr.	µm	mm							
	500	1	2	4	8	16	20	22.4	31.5
1	16.3	22.6	30.9	42.6	64.3	91.0	91.0	100.0	100.0



Prøvenr.	Vegnr	Dybde	Jordart	Cu	TG
1	FV44	4.0 - 4.5		*8.7	

Sted: _____

Dato: _____

Signatur: _____



Merknader, Kornkurve

Serienr. 3, Hullnr. 9

24.06.2020

Lite prøvematerial, ingen våt-sikting og ingen slemmeanalyse.

Vedlegg 5 Bilder av prøvematerialet

Veg: Fv.44 Hellvik Bru

Oppdragsnummer (Labsys): 3200050

Hull nr.1

Dybde: 3,0m – 3,4m

Beskrivelse:



Dybde: 3,4m – 3,7m

Beskrivelse:



Dybde: 4,0m – 4,5m

Beskrivelse:



Veg: Fv.44 Hellvik Bru

Oppdragsnummer (Labsys): 3200050

Hull nr.5

Dybde: 1,0m – 1,5m

Beskrivelse:



Veg: Fv.44 Hellvik Bru

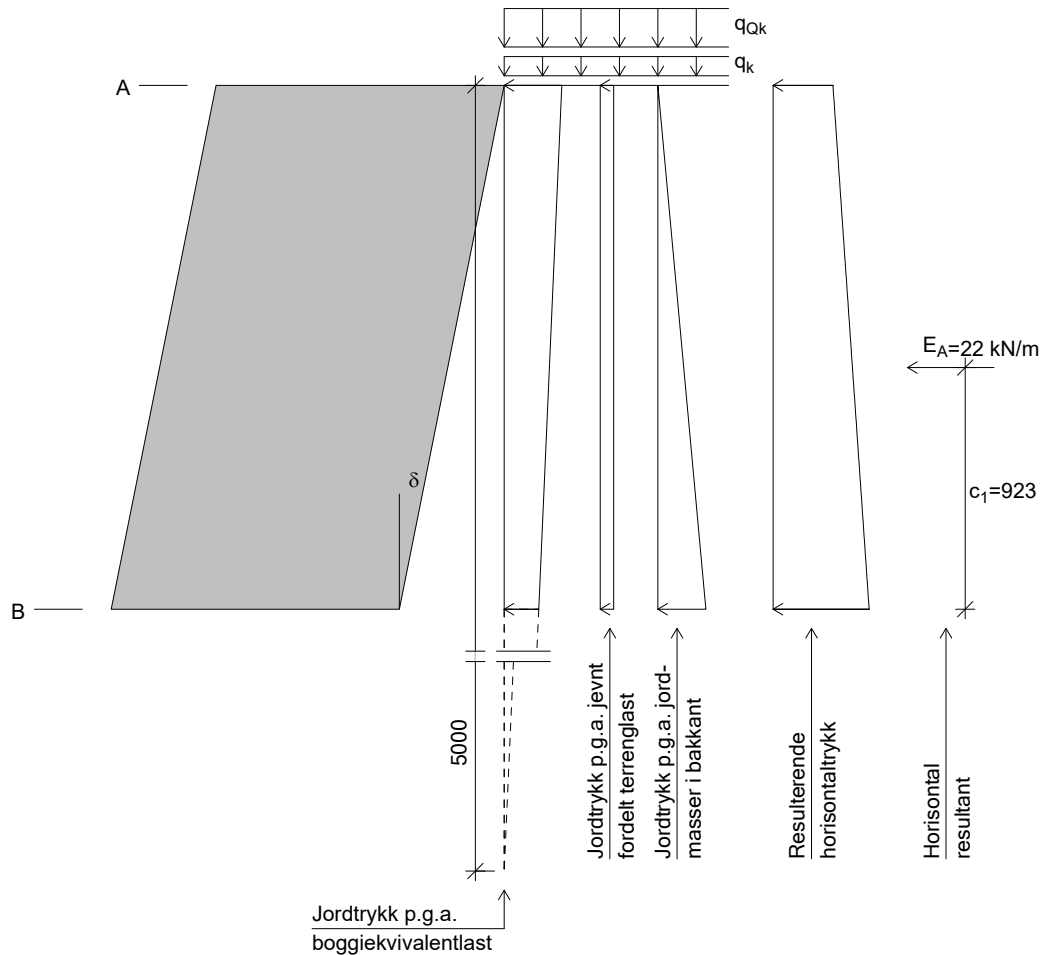
Oppdragsnummer (Labsys): 3200050

Hull nr.9

Dybde: 4,0m – 4,5m

Beskrivelse:



Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64$, $\phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_V' + a)$$

$$a = 0 \Rightarrow \text{Uttrykket forenkles til: } p_A' = K_A \cdot p_V' \quad (1)$$

$K_A = 0,272$ (iht. figur 5.4 i V220)

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

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{korr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$$

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

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

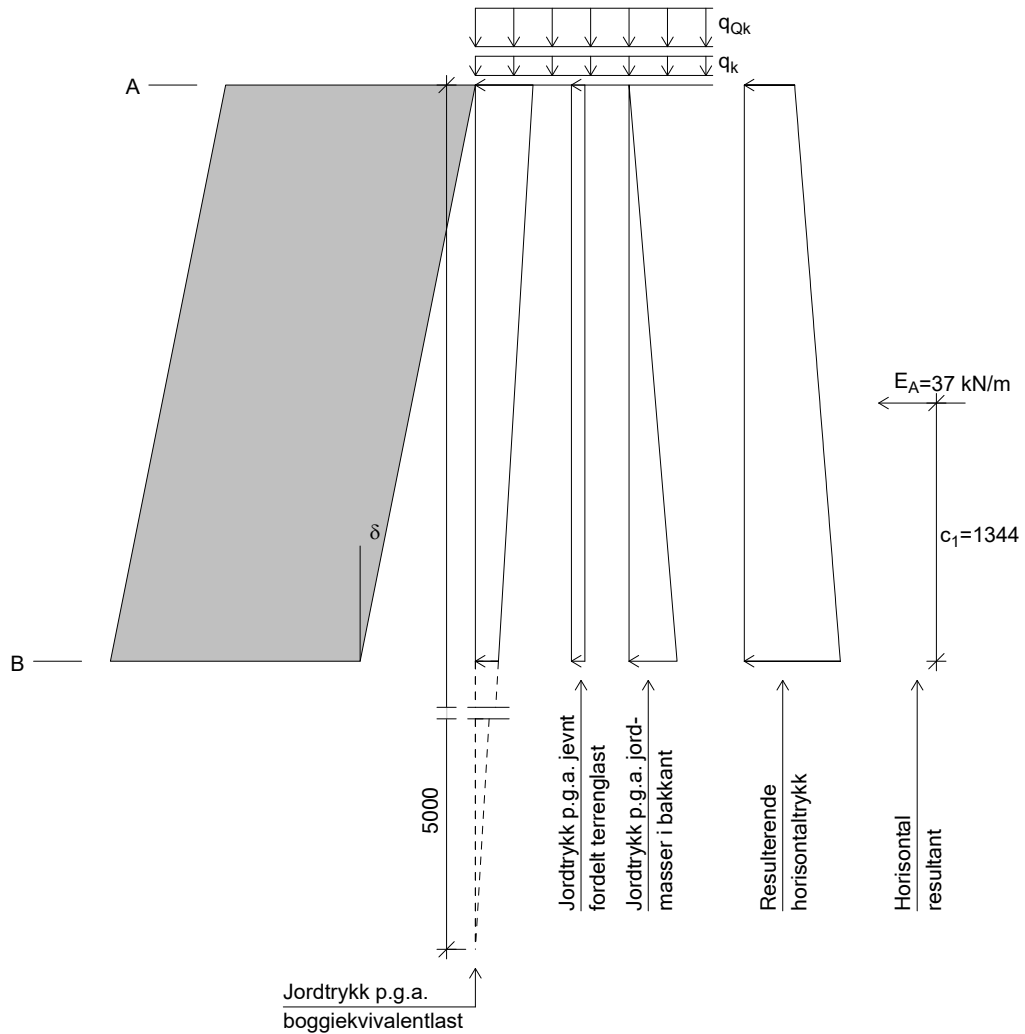
$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korr}} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$$

Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 2,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-2,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 2,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 + 0,60 \cdot 25,0 \cdot 1,35 = 65,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korr}} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 65,0 = 13,7 \text{ kN/m}^2$$

Jordtrykk
(mål i mm)



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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64$, $\phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

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

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

$K_A = 0,272$ (iht. figur 5.4 i V220)

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

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{korr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$$

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

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korr}} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$$

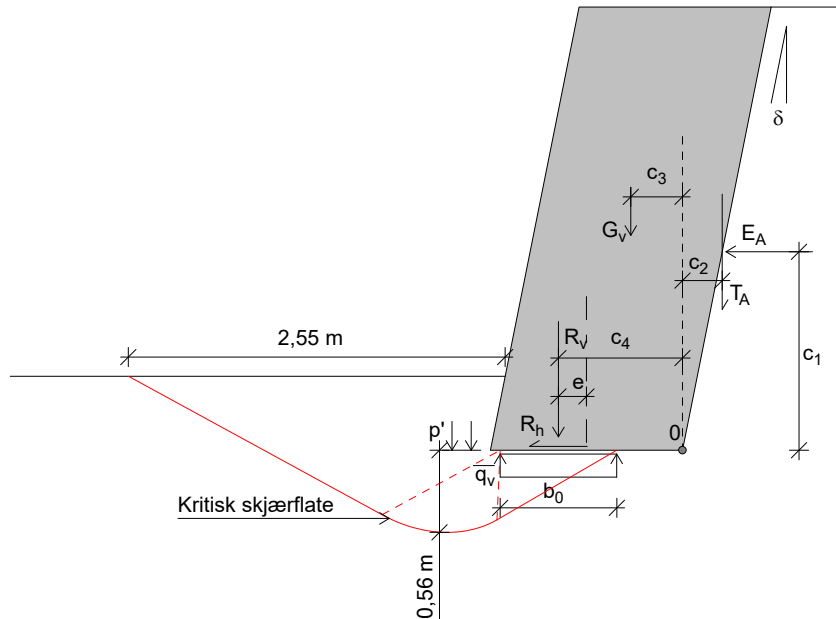
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 3,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-3,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 3,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 + 0,40 \cdot 25,0 \cdot 1,35 = 77,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korr}} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 77,3 = 16,3 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A = 37 = 37 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (1,3 + 1,3) \cdot 3,0 \cdot 22,0 = 86 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{86} \cdot \left[\frac{3,0}{6} \cdot (1,3 - 1,3) \cdot 22,0 \cdot (1,3 - 1,3 \cdot \frac{3,0}{5,0}) + 3,0 \cdot 1,3 \cdot 22,0 \cdot (1,3 - \frac{1}{2} \cdot 1,3 - \frac{1}{2} \cdot \frac{3,0}{5,0}) \right] = 0,35 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{37}{3,0} + 0,0 \right) \cdot 3,0 = 7,2 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{1,34}{5,0} = 0,27 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 86 + 7,2 = 93 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

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

$$c_4 = \frac{37 \cdot 1,34 - 7,2 \cdot 0,27 + 86 \cdot 0,35}{93}$$

$$c_4 = 0,84 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 0,84 - 0,5 \cdot 1,3 = 0,19 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 1,3 - 2 \cdot 0,19 = 0,79 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 93 / 0,79 = 118 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,90 / 1,4 = 0,64 \Rightarrow r_b = \frac{37}{0,79 \cdot (118 + 5) \cdot 0,64}$$

$$r_b = 0,60 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

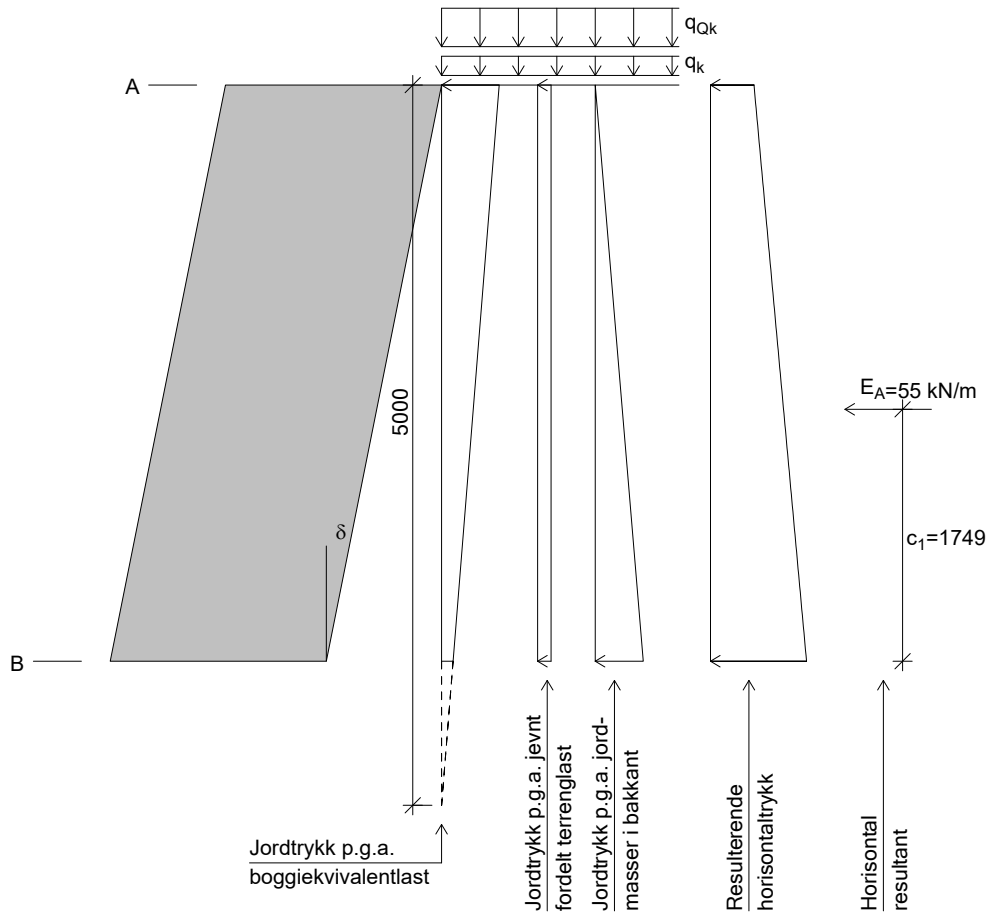
$$\text{Krav 2: } \bar{q}_v \leq \bar{\sigma}_v = N_q \cdot (p' + a) + \frac{1}{2} N_\gamma \cdot \gamma' \cdot b_0 - a$$

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

$$N_q = 10,2, \quad N_\gamma = 5,8, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 163 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,72$$

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p_A' + a = K_A \cdot (p_V' + a)$$

$$a = 0 \Rightarrow \text{Uttrykket forenkles til: } p_A' = K_A \cdot p_V' \quad (1)$$

$$K_A = 0,272 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

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

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$$

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

Nivå A (topp mur)

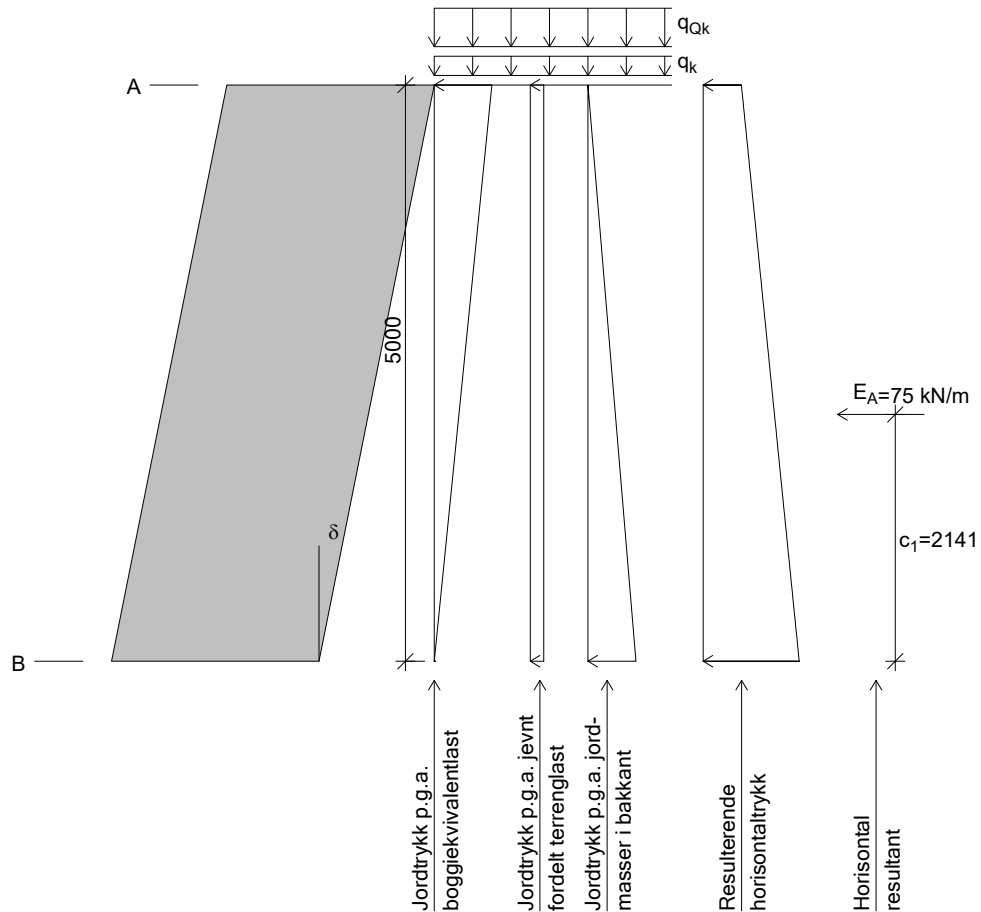
$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$$

Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 4,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-4,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 4,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 + 0,20 \cdot 25,0 \cdot 1,35 = 89,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 89,5 = 18,8 \text{ kN/m}^2$$

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64, \quad \phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

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

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

$$K_A = 0,272 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{5,0}{\frac{5,0}{5,0} + 1,8 - 1,8} = 5,0$$

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{korr}} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$$

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

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{korr}} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$$

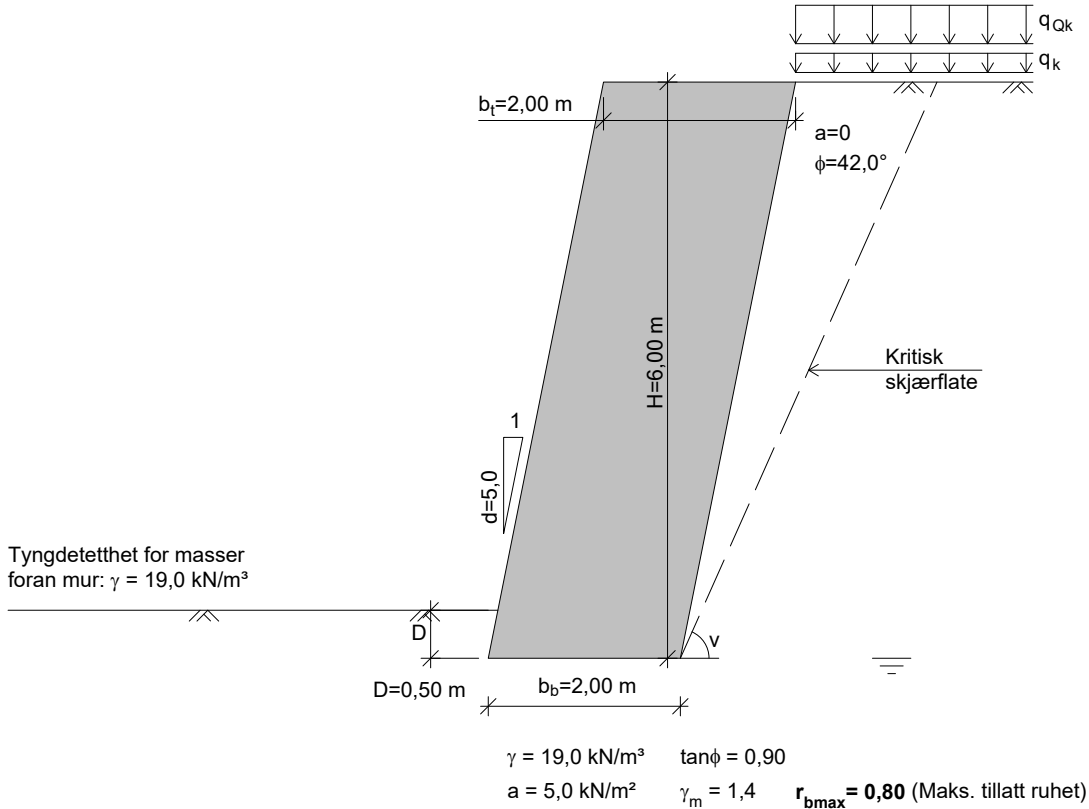
Nivå B (bunn mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} + \frac{5-5,0}{5} \cdot q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 + 0,00 \cdot 25,0 \cdot 1,35 = 101,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{korr}} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 101,8 = 21,4 \text{ kN/m}^2$$

Beregnet 08.07.2020 Kl.14:38:42
(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 : 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:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{42,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 66,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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

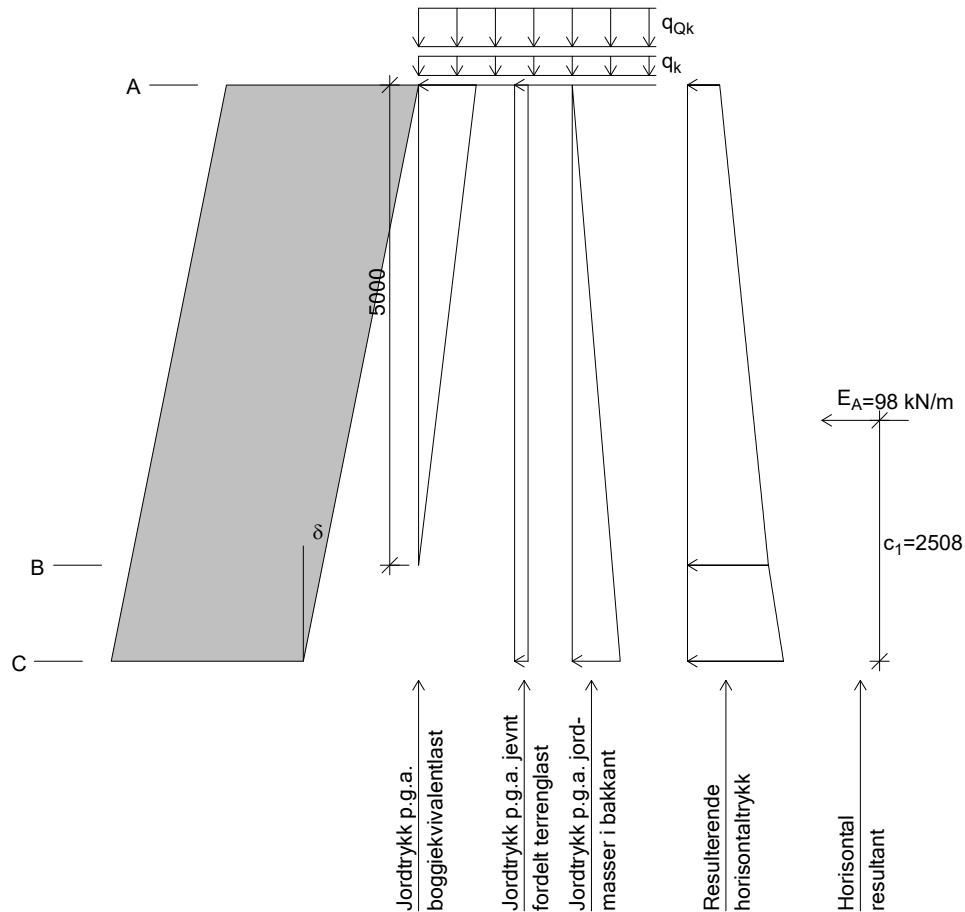
NB! Programmet beregner totalstabilitet og bæreevne for muren.

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.

Jordtrykk
 (mål i mm)


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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64$, $\phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

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

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

$K_A = 0,272$ (iht. figur 5.4 i V220)

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{6,0}{\frac{6,0}{5,0} + 2,0 - 2,0} = 5,0$$

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

Korrigert jordtrykksfaktor: $K_{A,korr} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$

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

Nivå A (topp mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$

Horisontaltrykk: $p'_{Ah} = K_{A,korr} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$

Nivå B (ved bunn boggiekvivalentlast)

Vertikaltrykk: $p'_{Bv} = 5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} = 5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 101,8 \text{ kN/m}^2$

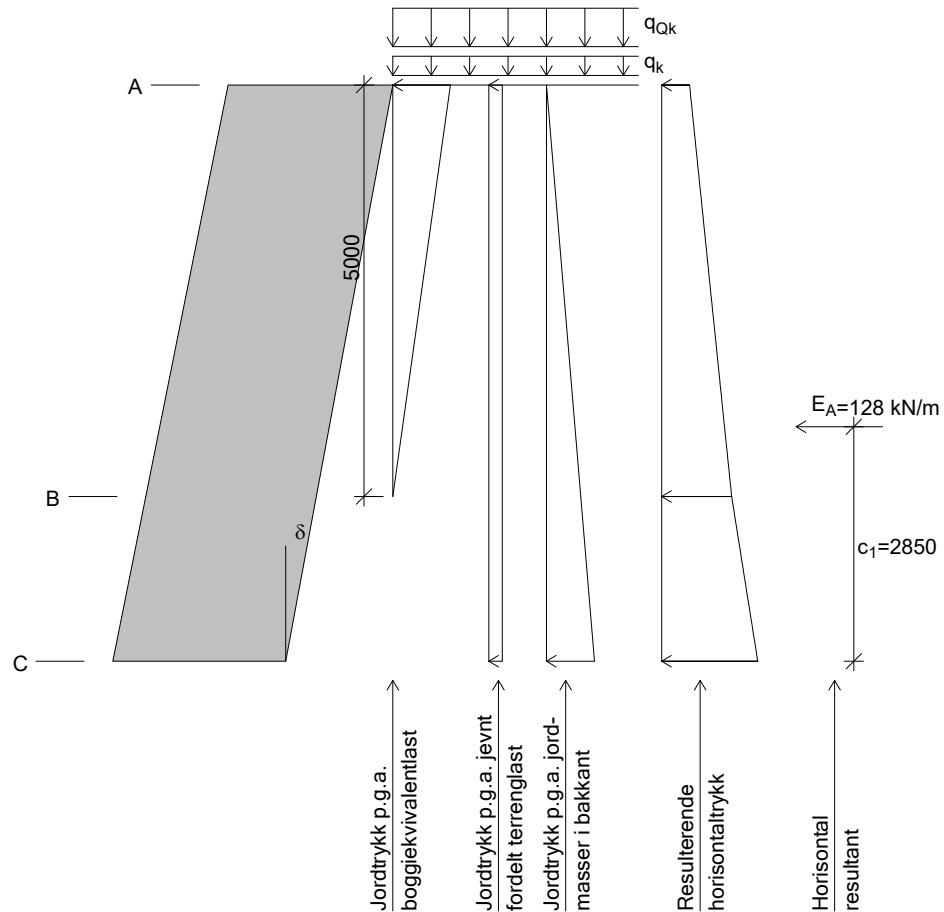
Horisontaltrykk: $p'_{Bh} = K_{A,korr} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 101,8 = 21,4 \text{ kN/m}^2$

Nivå C (bunn mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Cv} = 6,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$

$$p'_{Cv} = 6,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 120,8 \text{ kN/m}^2$$

Horisontaltrykk: $p'_{Ch} = K_{A,korr} \cdot p'_{Cv} = 0,211 \cdot 120,8 = 25,4 \text{ kN/m}^2$

Jordtrykk
(mål i mm)

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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64$, $\phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

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

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

$$K_A = 0,272 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

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

$$\tan\delta = 1/d_b \Rightarrow \delta = \arctan(1/d_b) = 10,5^\circ$$

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(10,5^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(10,5^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,789$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,789 \cdot 0,272 = 0,214$$

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

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Av} = 0,214 \cdot 40,5 = 8,7 \text{ kN/m}^2$$

Nivå B (ved bunn boggiekvivalentlast)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} = 5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 101,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Bv} = 0,214 \cdot 101,8 = 21,8 \text{ kN/m}^2$$

Nivå C (bunn mur)

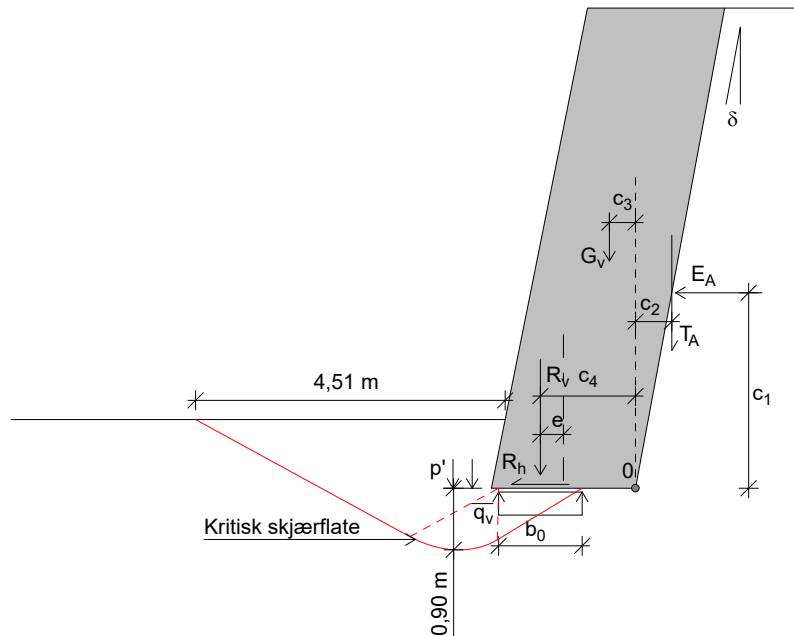
$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Cv} = 7,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Cv} = 7,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 139,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horizontaltrykk: } p'_{Ch} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Cv} = 0,214 \cdot 139,8 = 30,0 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A = 128 = 128 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,1 + 2,0) \cdot 7,0 \cdot 22,0 = 316 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{316} \cdot \left[\frac{7,0}{6} \cdot (2,1 - 2,0) \cdot 22,0 \cdot (2,1 - 2,0 \cdot \frac{7,0}{5,4}) + 7,0 \cdot 2,0 \cdot 22,0 \cdot (2,1 - \frac{1}{2} \cdot 2,0 - \frac{1}{2} \cdot \frac{7,0}{5,0}) \right] = 0,38 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{128}{7,0} + 0,0 \right) \cdot 7,0 = 25 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{2,85}{5,4} = 0,53 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 316 + 25 = 340 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

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

$$c_4 = \frac{128 \cdot 2,85 - 25 \cdot 0,53 + 316 \cdot 0,38}{340}$$

$$c_4 = 1,39 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,39 - 0,5 \cdot 2,1 = 0,34 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,1 - 2 \cdot 0,34 = 1,22 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 340 / 1,22 = \mathbf{279 \text{ kN/m}^2}$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,90 / 1,4 = 0,64 \Rightarrow r_b = \frac{128}{1,22 \cdot (279 + 5) \cdot 0,64}$$

$$r_b = \mathbf{0,57} < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

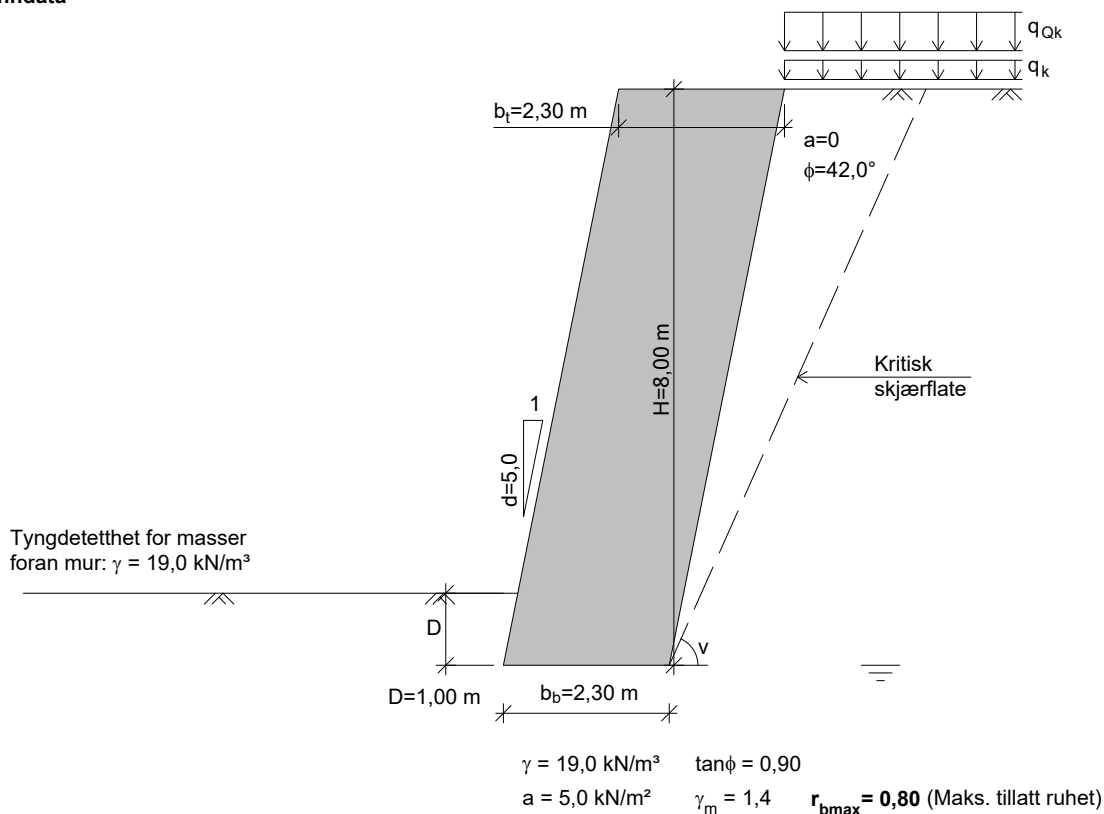
$$N_q = 10,6, \quad N_\gamma = 6,5, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = \mathbf{285 \text{ kN/m}^2} > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = \mathbf{0,98}$$

Beregnet 08.07.2020 Kl.14:31:31
(Programversjon 19.01)

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:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{42,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 66,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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

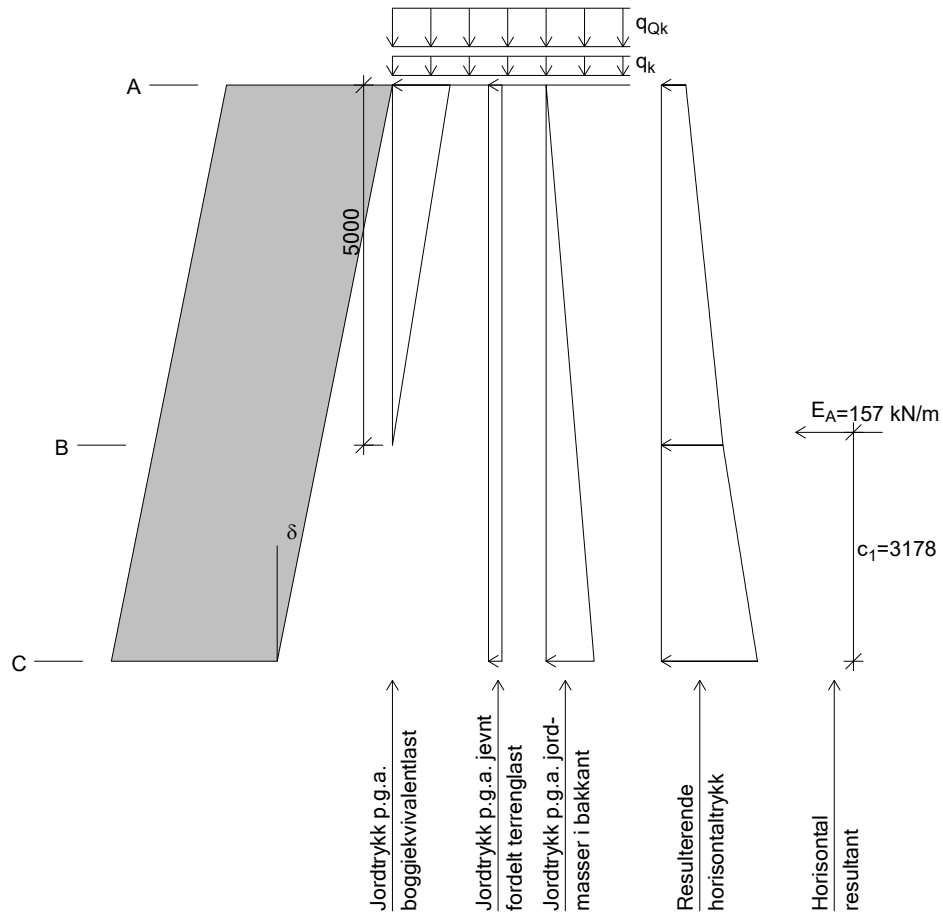
NB! Programmet beregner totalstabilitet og bæreevne for muren.

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.

Jordtrykk
(mål i mm)

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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64$, $\phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

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

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

$$K_A = 0,272 \text{ (iht. figur 5.4 i V220)}$$

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{8,0}{\frac{8,0}{5,0} + 2,3 - 2,3} = 5,0$$

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

$$\text{Korrigert jordtrykksfaktor: } K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$$

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

Nivå A (topp mur)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ah} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$$

Nivå B (ved bunn boggiekvivalentlast)

$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Bv} = 5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} = 5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 101,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 101,8 = 21,4 \text{ kN/m}^2$$

Nivå C (bunn mur)

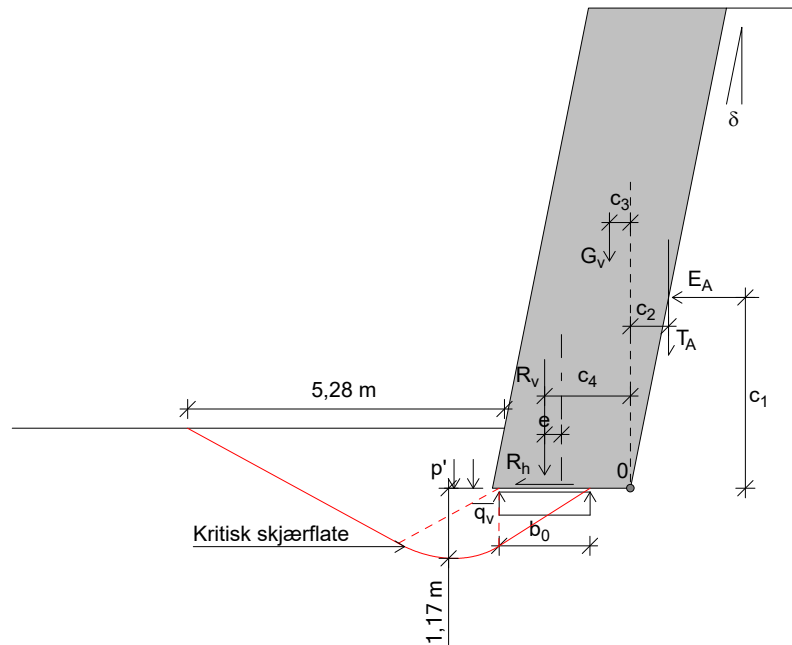
$$\text{Vertikaltrykk: } p'_{Cv} = 8,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$$

$$p'_{Cv} = 8,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 158,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Horisontaltrykk: } p'_{Ch} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Cv} = 0,211 \cdot 158,8 = 33,4 \text{ kN/m}^2$$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A = 157 = 157 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,3 + 2,3) \cdot 8,0 \cdot 22,0 = 405 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{405} \cdot \left[\frac{8,0}{6} \cdot (2,3 - 2,3) \cdot 22,0 \cdot (2,3 - 2,3 \cdot \frac{8,0}{5,0}) + 8,0 \cdot 2,3 \cdot 22,0 \cdot (2,3 - \frac{1}{2} \cdot 2,3 - \frac{1}{2} \cdot \frac{8,0}{5,0}) \right] = 0,35 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{157}{8,0} + 0,0 \right) \cdot 8,0 = 30 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{3,18}{5,0} = 0,64 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 405 + 30 = 435 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

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

$$c_4 = \frac{157 \cdot 3,18 - 30 \cdot 0,64 + 405 \cdot 0,35}{435}$$

$$c_4 = 1,43 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,43 - 0,5 \cdot 2,3 = 0,28 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,3 - 2 \cdot 0,28 = 1,51 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 435 / 1,51 = 288 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,90 / 1,4 = 0,64 \Rightarrow r_b = \frac{157}{1,51 \cdot (288 + 5) \cdot 0,64}$$

$$r_b = 0,55 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

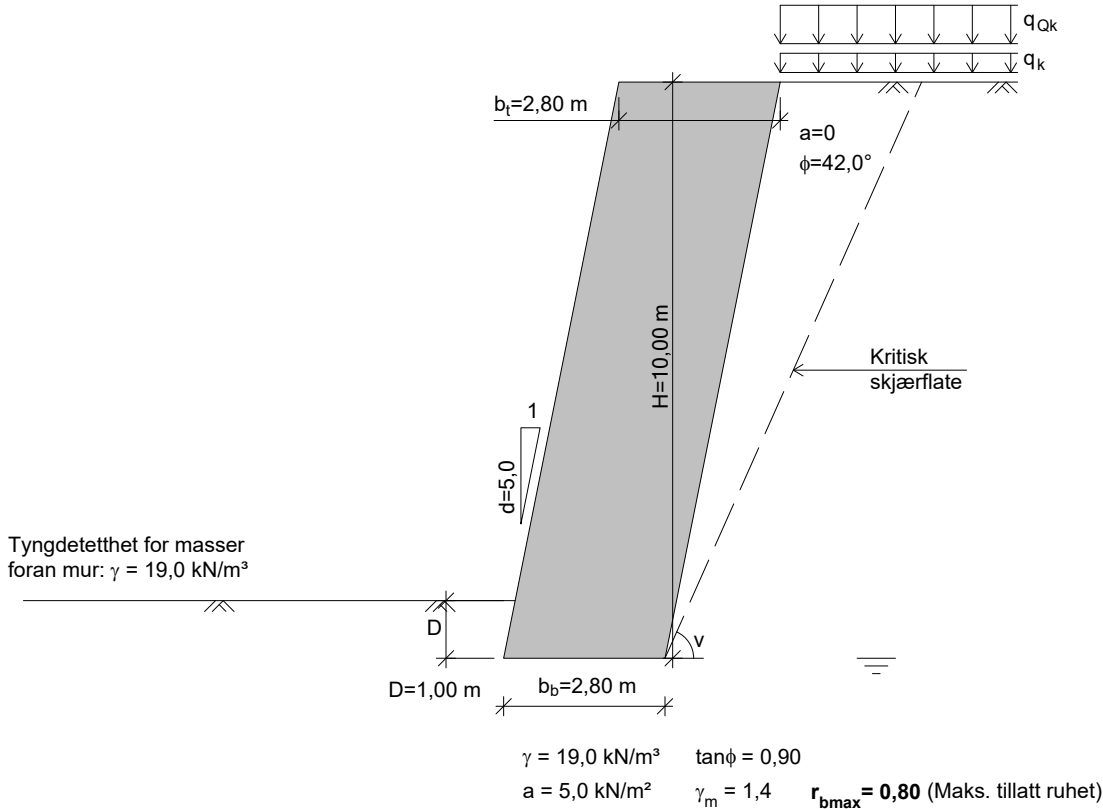
$$N_q = 11,1, \quad N_\gamma = 7,1, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 309 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,93$$

Beregnet 08.07.2020 Kl.14:18:29
(Programversjon 19.01)

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:

$$v = 45 + \frac{\phi}{2} - \frac{\beta}{4} = 45 + \frac{42,0}{2} - \frac{0,0}{4} = 66,0^\circ$$

Bæreevnen beregnes for antatt homogen undergrunn.

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

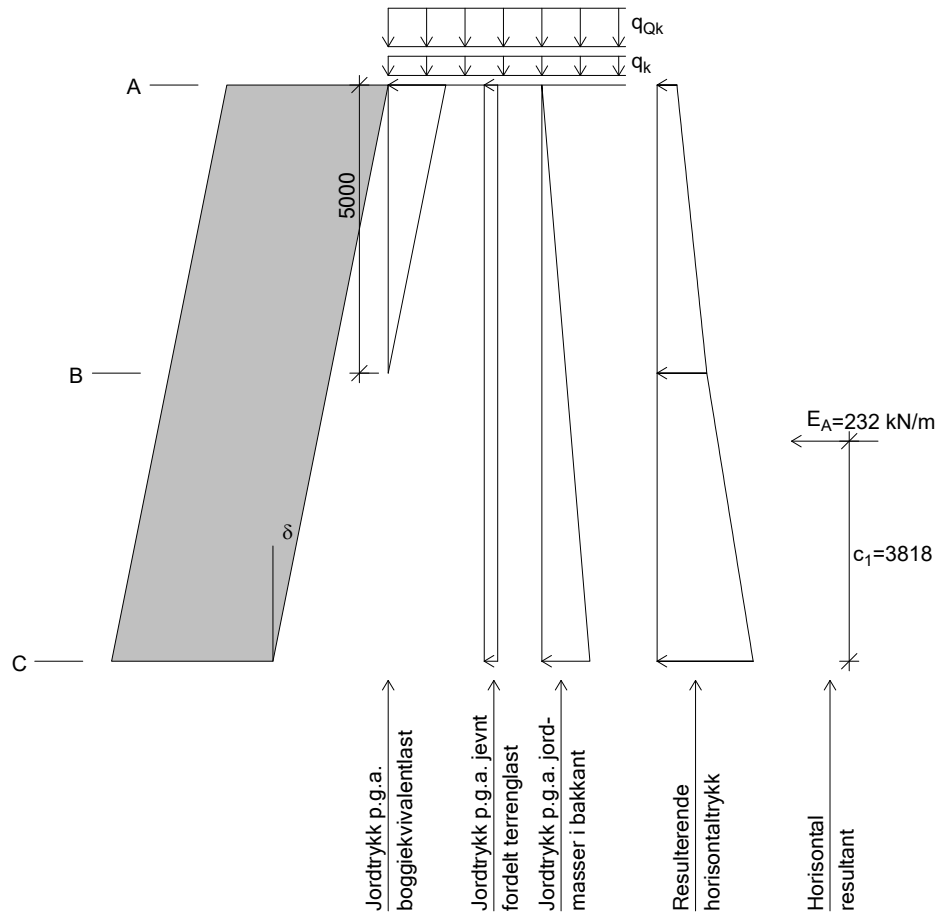
NB! Programmet beregner totalstabilitet og bæreevne for muren.

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.

Jordtrykk
(mål i mm)

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

$\tan\phi_d = \tan\phi/\gamma_m = 0,90/1,4 = 0,64$, $\phi_d = \arctan(0,64) = 32,7^\circ$

Ved horisontalt terreng er jordtrykket for aktiv tilstand gitt ved:

$$p'_A + a = K_A \cdot (p'_V + a)$$

$$a = 0 \Rightarrow \text{Uttrykket forenkles til: } p'_A = K_A \cdot p'_V \quad (1)$$

$K_A = 0,272$ (iht. figur 5.4 i V220)

$$\text{Helning av bakkant mur: } d_b = \frac{H}{\frac{H}{d} + b_t - b_b} = \frac{10,0}{\frac{10,0}{5,0} + 2,8 - 2,8} = 5,0$$

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

$$K_\delta = \frac{\cos^2(\delta + \phi_d)}{\cos^3\delta \cdot \cos^2\phi_d} = \frac{\cos^2(11,3^\circ + 32,7^\circ)}{\cos^3(11,3^\circ) \cdot \cos^2(32,7^\circ)} = 0,774$$

Korrigert jordtrykksfaktor: $K_{A,\text{kor}} = K_\delta \cdot K_A = 0,774 \cdot 0,272 = 0,211$

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

Nivå A (topp mur)

Vertikaltrykk: $p'_{Av} = q_k \cdot \gamma_{q1} + q_{Qk} \cdot \gamma_{q2} = 5,0 \cdot 1,35 + 25,0 \cdot 1,35 = 40,5 \text{ kN/m}^2$

Horizontaltrykk: $p'_{Ah} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Av} = 0,211 \cdot 40,5 = 8,5 \text{ kN/m}^2$

Nivå B (ved bunn boggekivalentlast)

Vertikaltrykk: $p'_{Bv} = 5 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1} = 5 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 101,8 \text{ kN/m}^2$

Horizontaltrykk: $p'_{Bh} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Bv} = 0,211 \cdot 101,8 = 21,4 \text{ kN/m}^2$

Nivå C (bunn mur)

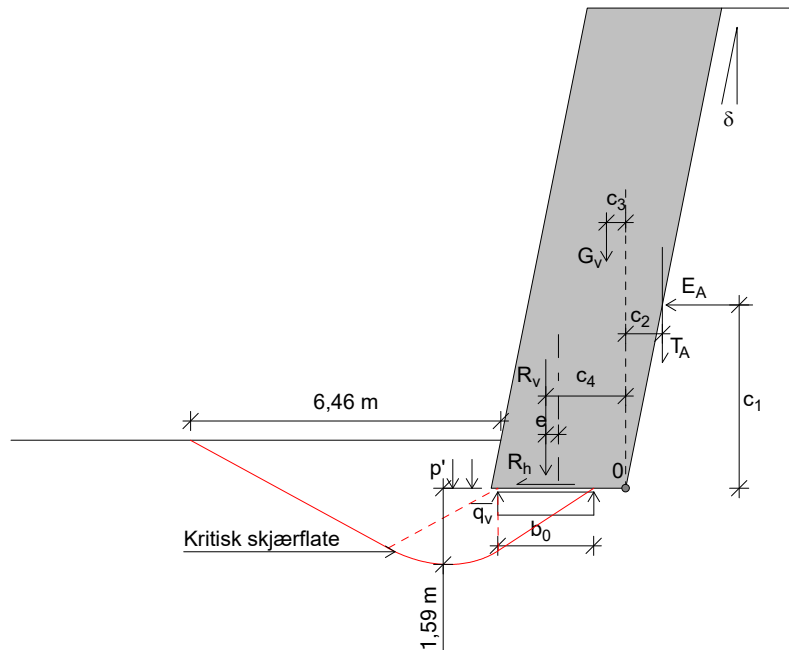
Vertikaltrykk: $p'_{Cv} = 10,0 \cdot \gamma + q_k \cdot \gamma_{q1}$

$$p'_{Cv} = 10,0 \cdot 19,0 + 5,0 \cdot 1,35 = 196,8 \text{ kN/m}^2$$

Horizontaltrykk: $p'_{Ch} = K_{A,\text{kor}} \cdot p'_{Cv} = 0,211 \cdot 196,8 = 41,4 \text{ kN/m}^2$

Resultater

Bæreevne



$$R_h = E_A = 232 = 232 \text{ kN/m}$$

$$G_v = 0,5 \cdot (b_b + b_t) \cdot H \cdot \gamma_{\text{mur}} = 0,5 \cdot (2,8 + 2,8) \cdot 10,0 \cdot 22,0 = 616 \text{ kN/m}$$

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

$$\Rightarrow c_3 = \frac{1}{616} \cdot \left[\frac{10,0}{6} \cdot (2,8 - 2,8) \cdot 22,0 \cdot (2,8 - 2,8 \cdot \frac{10,0}{5,0}) + 10,0 \cdot 2,8 \cdot 22,0 \cdot (2,8 - \frac{1}{2} \cdot 2,8 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{10,0}{5,0}) \right] = 0,40 \text{ m}$$

$$T_A = r_v \cdot \tan \phi_d \cdot \left(\frac{E_A}{H} + a \right) \cdot H = 0,30 \cdot 0,64 \cdot \left(\frac{232}{10,0} + 0,0 \right) \cdot 10,0 = 45 \text{ kN/m}$$

$$c_2 = \frac{c_1}{d_b} = \frac{3,82}{5,0} = 0,76 \text{ m}$$

$$R_v = G_v + T_A = 616 + 45 = 661 \text{ kN/m}$$

Momentlikevekt om pkt. 0:

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

$$c_4 = \frac{232 \cdot 3,82 - 45 \cdot 0,76 + 616 \cdot 0,40}{661}$$

$$c_4 = 1,66 \text{ m}$$

$$e = c_4 - 0,5 \cdot b_b = 1,66 - 0,5 \cdot 2,8 = 0,26 \text{ m}$$

$$b_0 = 0,9 \cdot b_b - 2 \cdot e = 0,9 \cdot 2,8 - 2 \cdot 0,26 = 2,00 \text{ m}$$

$$\bar{q}_v = R_v / b_0 = 661 / 2,00 = 331 \text{ kN/m}^2$$

Beregning av bæreevne (effektivspenningsanalyse):

$$\text{Krav 1: } r_b \leq r_{b\text{max}} = 0,80, \quad r_b = \frac{R_h}{b_0 \cdot (q_v + a) \cdot \tan \phi_d}, \quad a = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$\tan \phi_d = \tan \phi / \gamma_m = 0,90 / 1,4 = 0,64 \Rightarrow r_b = \frac{232}{2,00 \cdot (331 + 5) \cdot 0,64}$$

$$r_b = 0,54 < r_{b\text{max}} \Rightarrow \text{krav 1 er OK!}$$

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

$$p' = 19,0 \cdot 1,00 = 19,0 \text{ kN/m}^2$$

$$N_q = 11,3, \quad N_\gamma = 7,5, \quad \gamma' = 19,0 - 10 = 9,0 \text{ kN/m}^3 \text{ (dykket)}$$

$$\bar{\sigma}_v = 335 \text{ kN/m}^2 > \bar{q}_v \Rightarrow \text{krav 2 er OK!}$$

$$\bar{q}_v / \bar{\sigma}_v = 0,99$$