

TIL: Asplan Viak AS  
v/Sissel Nybro

Kopi: .

Fra: GrunnTeknikk AS

Dato: 07.09.2020  
Dokumentnr: 114543n1 rev. B  
Prosjekt: 112924 (Rammeavtale Asplan Viak 2020)  
Utarbeidet av: Erik Skredsvig  
Kontrollert av: Runar Larsen

---

## **617911-02-01 Skien. Raset områderegulering Skien. Raset faresoneutredning**

### **Sammendrag:**

De tidligere næringseiendommene innenfor planområdet Raset skal omreguleres til boligformål. Raset er lokalisert på vestsiden langs Skienselva i Skien kommune. Asplan Viak v/Sissel Nybro har i den forbindelse engasjert GrunnTeknikk AS for å bistå med vurderinger og grunnundersøkelser for reguleringsplan for geoteknikk og miljø.

De supplerende geotekniske grunnundersøkelsene utført i 2019 skal sammen med tidligere grunnundersøkelser danne grunnlag for en vurdering av områdestabiliteten og oppdatere dagens faresoner for planområdet. Formålet med dette notatet er å justere dagens faresone med nye grunnundersøkelser fra 2019 i forbindelse med reguleringsplan.

I tillegg skal lokalstabilitet for en utvidelse av næringseiendom i midtre del av reguleringsområdet vurderes.

Planområdet ligger innenfor faresonene betegnet Gråtenmoen og Goberg med hhv. id.nr. 48 og 49 for mulig skred i kvikkleire.

Foreliggende notat gir en vurdering av områdestabiliteten i henhold til NVEs veileder 7/2014, samt et kapittel om skråningsstabiliteten for næringseiendommen (Raset 21). Det er blitt utført kvalitetskontroll av tidligere faresoneutredningsnotat, så dette notatet er en revisjon (Rev. B) etter kommentarer i kontrollen (10218330-01-RIG-NOT-001 rev. 01).

---

## INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	5
2	Eksisterende grunnundersøkelser og tidligere vurderinger.....	6
2.1	Eksisterende grunnundersøkelser.....	6
2.2	Tidligere vurderinger.....	8
3	Terreng og grunnforhold.....	10
3.1	Terreng.....	10
3.2	Grunnforhold .....	11
3.3	Kvikkleire og sprøbruddmateriale .....	11
3.3.1	Dannelse av kvikkleire og sprøbruddmateriale.....	12
3.3.2	Prøveserier og registret sprøbruddmateriale.....	12
3.4	Vurdering av utbredelse av sprøbruddmateriale for planområdet.....	22
3.4.1	Platå område nord.....	23
3.4.2	Midtre område elvebredden.....	23
3.4.3	Platå søndre område.....	24
4	Stabilitetsforhold, områdestabilitet.....	26
4.1	Oppsummering og gjennomgang av prosedyre .....	26
4.2	Utredningens nøyaktighet.....	27
4.3	Marin grense.....	27
4.4	Avgrens områder med marine avsetninger .....	27
4.5	Kartlagte faresoner for kvikkleireskred.....	27
4.6	Avgrensning av aktsomhetsområde etter marine avsetninger og topografi.....	27
4.7	Gjennomføring av befarings og grunnundersøkelser.....	28
4.8	Avgrensning av løsne- og utløpsområde .....	28
4.9	Avgrensning og faregradsklassifisering for faresonen .....	30
4.10	Stabilitetsberegninger og vurdering.....	32
4.10.1	Representativ geometri og lagdeling.....	32
4.10.2	Parametere .....	36
4.10.3	Stabilitetsanalyse og resultater.....	37
4.11	Krav til kvalitetssikring .....	37
5	Lokalstabilitet ved Raset 21 .....	37
5.1	Bakgrunn.....	37
5.2	Stabilitetsforhold.....	37
6	Konklusjon .....	38

## TEGNINGER

Tegn nr.	Tittel	Målestokk
1	Oversiktskart faresone og borpunkt	ikke målestokk

## REFERANSER

- [1] NVE's retningslinjer nr. 2 «Flaum- og skredfare i arealplaner» (2011).
- [2] NVE's veileder nr. 7 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» (2014).
- [3] NIFS/NVE rapport 14-2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder» (2016).
- [4] SGI Report 65 «Quick clay in Sweden». (2004).
- [5] NVE veileder nr. 8 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng». (2014).
- [6] Direktoratet for Byggkvalitet. (2017). Byggteknisk forskrift (TEK 17). Hentet fra <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- [7] Håndbok N200 «Vegbygging». Statens vegvesen (2018).
- [8] Håndbok V220 «Geoteknikk i vegbygging». Statens vegvesen (2018).
- [9] Geoteknisk notat G1 310108 «Reguleringplan for Smørhullet i gråten, Skien, Geoteknisk vurdering», Multiconsult AS (2003).
- [10] Geoteknisk notat G1 810113 «Ledningsanlegg på Smørhullet, Skien. Graveforhold og stabilitet», Multiconsult AS (2005).
- [11] Rapport 20081201-1 «Geotekniske vurderinger Raset, Skien kommune», NGI (2008)
- [12] Rapport 20001008-20 «Evaluering av risiko for kvikkleireskred Skien kommune», NGI (2005).
- [13] Dokument nr. 3 -2003 «Risiko for kvikkleireskred i Skienselva - forslag til tiltak», NVE (2003).
- [14] Geoteknisk notat 18210 «Kjørbekksvingen, geoteknisk notat om stabilitet», VSO Consulting (2018).
- [15] Datarapport 18210 «Kjørbekksvingen, Skien kommune Geoteknisk undersøkelsesrapport», VSO Consulting (2018).
- [16] Rapport 700229-1 «Industritomt Raset 46 Forurensningsforholdene i grunnen. Miljøtekniske undersøkelser og vurderinger», Noteby AS (2001).
- [17] Rapport 810044-1 «Boligfelt svea Fyr. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurderinger», Multiconsult AS (2005).
- [18] Brev 810044/200 «Boligfelt svea Fyr. Fundamenteringsløsning for bygg E», Multiconsult AS (2006).
- [19] Brev 810044/200 «Boligfelt svea Fyr. Fundamenteringsløsning for bygg A», Multiconsult AS (2006).
- [20] Datarapport 620207A-1 «Skienselva i Skien og Porsgrunn», Scandiaconsult AS (2002).
- [21] Skisse «Skien kommune. Næringstom utvidelse», mail 16.06.2019.
- [22] Rapport 10200253-RIGm-RAP-001. Miljøteknisk grunnundersøkelse – Datarapport med vurderinger Raset 38. Multiconsult AS (2017)
- [23] Rapport 812721/2. Risikovurdering og tiltaksplan Raset 46. Multiconsult AS (2012)
- [24] Rapport 814026-RIGm-RAP-001. Tiltaksplan for graving i forurenset grunn. Raset 46. Multiconsult AS (2014).

- [25] Datarapport 114077r1 «Områderegulering Raset. Grunnundersøkelser», GrunnTeknikk AS (2019).
- [26] Geoteknisk rapport 880075-1 «Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Porsgrunn», NGI (1996).
- [27] Datarapport 880075-2 «Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Boreresultater», NGI (1996).
- [28] Geoteknisk notat 114543tb1\_revA «Områderegulering Raset. Stabilitet», GrunnTeknikk AS (2020).

# 1 Innledning

De tidligere næringseiendommene innenfor planområdet Raset skal omreguleres til boligformål. Raset er lokalisert på vestsiden langs Skienselva i Skien kommune. Asplan Viak v/Sissel Nybro har i den forbindelse engasjert GrunnTeknikk AS for å bistå med vurderinger og grunnundersøkelser for reguleringsplan for geoteknikk og miljø.

Formålet med dette notatet er å justere dagens faresone med nye grunnundersøkelser fra 2019 i forbindelse med reguleringsplan.

Foreliggende notat gir en vurdering av områdestabiliteten i henhold til NVEs veileder 7/2014, samt et kapittel om skråningsstabiliteten for næringseiendommen (Raset 21).

Figur 1 viser omriss av planområde (markert med rød stiplet linje) hvor det ble utført grunnundersøkelser i 2019, ref. [25].



Figur 1. Omriss av reguleringsområdet markert med rød stiplet linje sammen med faresone Gråtenmoen og Goberg plassert hhv. nord og sør på vestsiden av Skienselva

Dokument historikken for dette hoveddokumentet med kontroll er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 1. Dokument historikk

Revisjon	Dokument (GrunnTeknikk AS)	Kontroll notat (Multiconsult AS)	Kommentar
Rev. 0	114543n1	10218330-01-RIG-NOT-001 rev 00	
Rev. A	114543n1_revA	10218330-01-RIG-NOT-001 rev 01	Kommentarer fra kontroll rev 00 implementert
Rev. B	114543n1_revB		Gjeldende dokument, kommentarer fra rev 01 implementert

Stabilitetsberegninger i beregningsnotat 114543tb1 er også revidert (rev. A) for å tilpasse notat 114543n1\_revB.

## 2 Eksisterende grunnundersøkelser og tidligere vurderinger

### 2.1 Eksisterende grunnundersøkelser

Det eksisterer en rekke rapporter både innen geoteknikk og miljøgeologi (forurensning i grunn) innenfor planområdet i Raset. Nedenfor er det listet opp rapporter som inneholder geotekniske undersøkelser. Disse er digitaliser og vit i figur 2.

- Tegning 700229-3 «Virksomheten på Raset 46, Industritomt Raset 46. Forurensningsforhold», Noteby AS (2001). (Borpunkt SK2 – SK11, til 3 – 4 m dybde), [SK2 - SK12 og BR1- BR5], (noen punkt usikker Z kote), (ca. 2 – 3 m fylt opp mot elven).
- Geoteknisk notat G1 810113 «Ledningsanlegg på Smørhullet, Skien. Graveforhold og stabilitet», Multiconsult AS (2005). (PG95 til 4.2 m dybde), [PG95].
- Datarapport 18210 «Kjørbeeksvingen, Skien kommune Geoteknisk undersøkelsesrapport», VSO Consulting (2018). (Borpunkt A - E, til 20 m dybde), [VS-A til VS-E]. (Koordinatliste i rapport).
- Rapport 810044-1 «Boligfelt svea Fyr. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurderinger», Multiconsult AS (2005). (Borpunkt 1 - 11, til 5 - 13 m dybde), [M1 - M11].
- Datarapport 620207A-1 «Skienselva i Skien og Porsgrunn», Scandiaconsult AS (2002). (Borpunkt 110 – 116 og 126, 127), [S110 - S116, og S126, S127].
- Datarapport 114077r1 «Skien. Områderegulering Raset», GrunnTeknikk AS (2019). (Borpunkt 301 - 333).

Figur 2 på neste side utsnitt fra Geosuite med digitalisert punkter i reguleringsplanområdet. Med nummerserie M i nord, SK i midten, VS i sør og nummerserie S på hele strekningen fra nord til sør. Borhullserie 300 dekker hele planområdet fra platå og ned mot elvekanten.

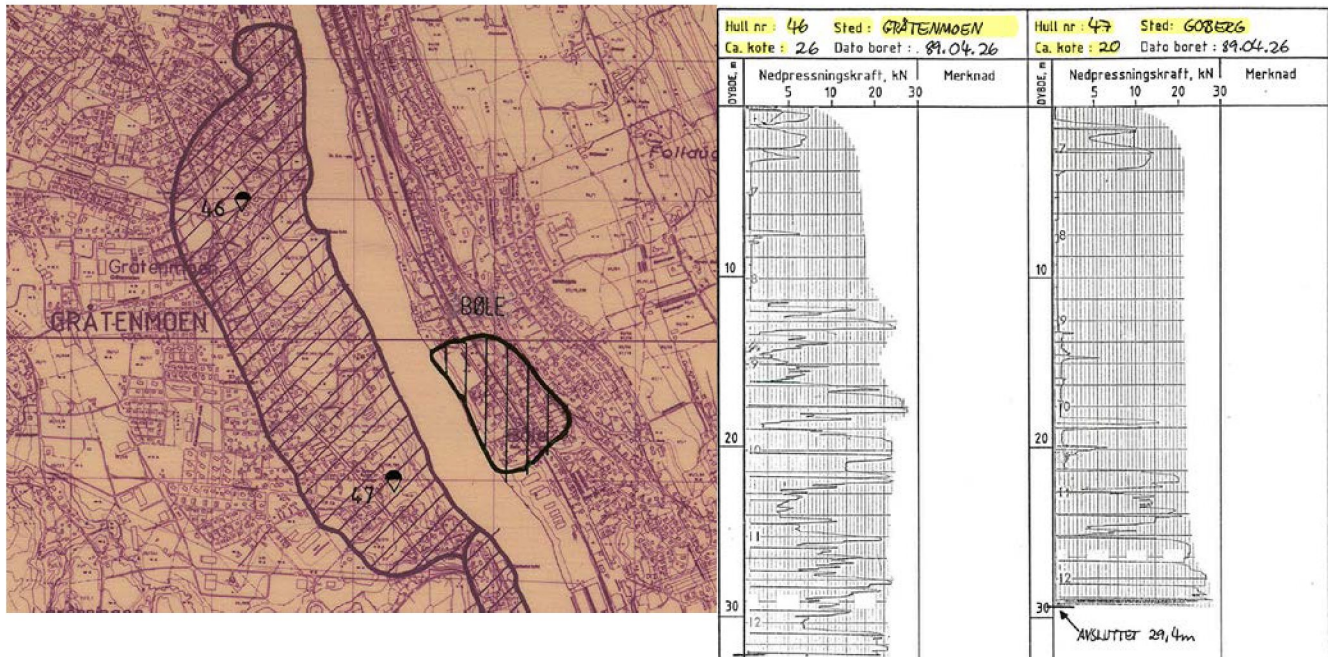


Figur 2. Viser oversikt over alle digitaliserte geoteknisk undersøkelser i området (merket med rød skrift)

## 2.2 Tidligere vurderinger

Faresone er tidligere vurdert av NGI i 1996 ref. [26] og i 2008 ref. [11].

Rapporten fra 1996 henviser til to drei-trykksonderinger (hull 46 og hull 47) opp på platået. Hull 46 og 47 er lokalisert i området ved hhv. borpunkt S114 (terrengkote +26,9), og S111 (terrengkote +22,4). Det står beskrevet at det i hull 46 og 47 er indikasjon på sensitiv leire mellom på hhv 3,5 – 11 m, og 4 – 20 m dybde. Dette tilsvarer omtrentlig sensitive masser mellom kote +23,5 til +15,9 for hull 46. I søndre del ved hull 47 tilsvarer dette sensitive masser mellom kote +18,4 til +2,4.



Figur 3. Viser borplan og faresone (1996) med plassering av hull 46 og 47 og drei-trykksonderingsprofiler på hhv. vestre og høyre side i figuren

Noe senere vurderinger fra NGI i 2008 ref. [11] bruker grunnlag fra flere kilder og er vist i borplan med hullserie S fra Scandiaconsult AS (2002) ref. [20]. Grunnlaget inneholder flere prøveserier drei-trykksonderinger og CPTU.

Rapporten (NGI 2008) beskriver et gjennomgående kvikkleirelag ved platået: «Området består av en sensitiv leire (kvikk) over sand/grus. Overgangen mellom kvikkleira og sand/gruslaget er på like over kote 0 i den søndre delen av området, mens den er i overkant av kote 9 -10 m i den nordre delen av området. Det er ingen indikasjoner på et gjennomgående kvikkleirelag ned til elvebredden.»

Gjeldende planområdet er avgrenset i sør i det området NGI har en gradvis overgang fra tolking av sensitive masser fra bunnkote +10 til noe dypere bunnkote (ca. kote 0).

### Nord

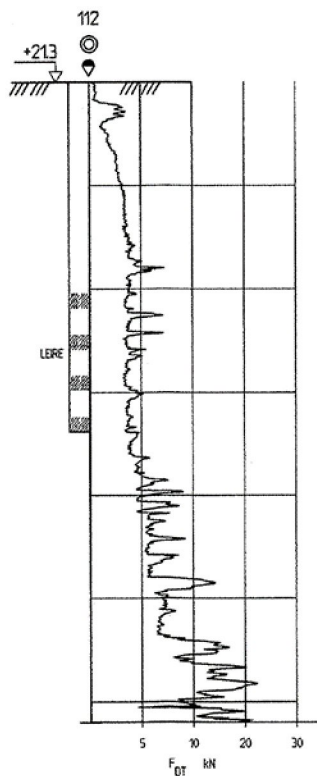
Hull S114 med prøveserie i intervallet kote +15,9 til +17,9, viser ikke sprøbruddmateriale. I hull S115 rett nord for dagens planområde viser sprøbruddmateriale mellom 6 – 7 m dybde (kote +11,6 til +12,6). Det er lagdelt leire med silt og sandlag.



### Midt

Det er tatt opp prøveserie i S112. Denne viser ikke sprøbruddmateriale og er tatt i intervallet kote +4,3 til +11,3. (vist i figur 4 og 11).

NGI har likevel antatt en lagdeling ved S112 med sensitive masser over kote +10 som er over nedre prøveserie i figur 4. Punkt S112 ligger fortsatt innenfor vår revidert faresone da den i dette området er basert på sprøbruddmateriale fra punkt 316PR.

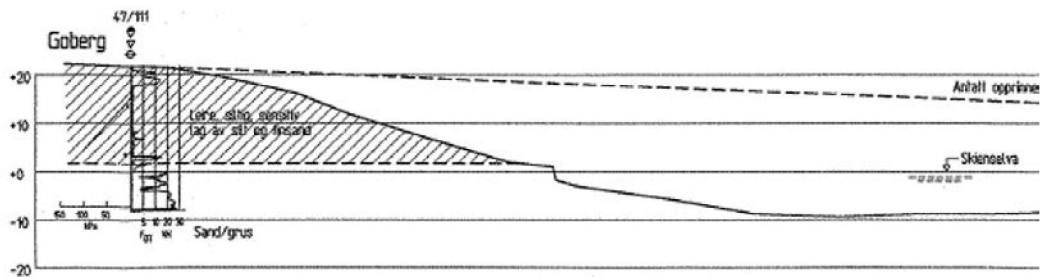


Figur 4. Viser punkt 112 (S112) med prøveserie intervaller. Sonderingsmotstand stiger ned til omkring 10 m og er konstant videre innenfor prøveserieintervallet.

### Sør

Prøve i sør (300 m sør for planområdet) S110 viser i prøvesylindere mellom kote +6,7 til +8,7 et tynt sjikt med sprøbruddmateriale i meget lagdelt siltig leire.

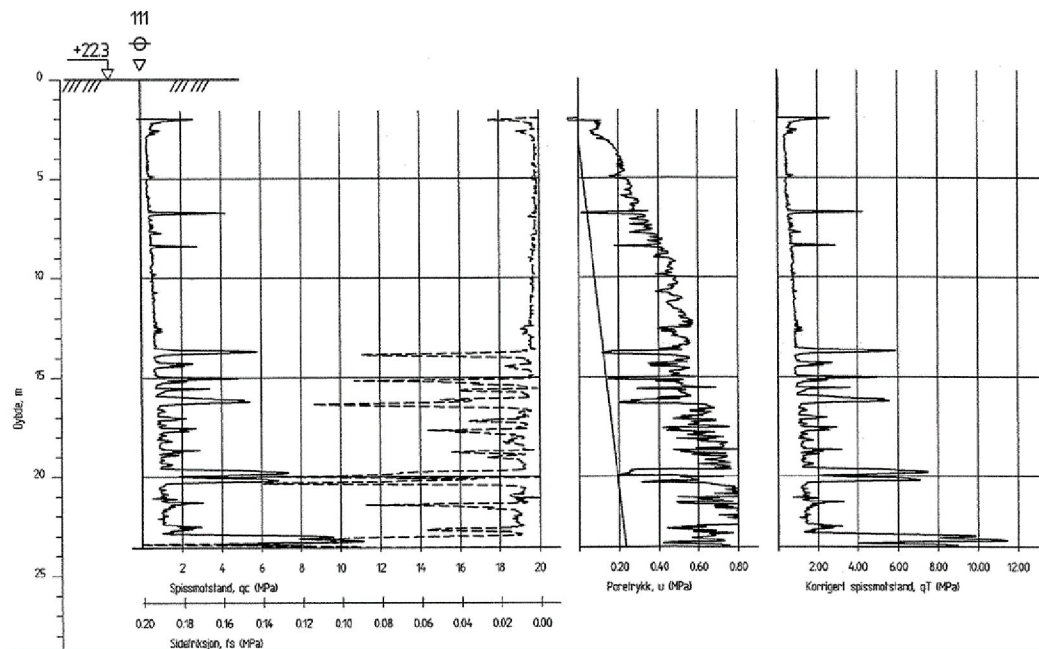
Punkt S111 fra NGI (ca. 40 m sør for planområdet), viser en grov inndeling med sensitivt materiale ned til ca. kote +1 (se Figur 5).



Figur 5. Viser NGI grov vurdering av dreietrykksondering med sensitive masser i profilet ved punkt S111 som ligger omkring 30 m sør for planområdet.

For punkt S111 har NGI antydnet at bunnkoten (ca. kote +1) for de sensitive massene ligger noe dypere enn for det nordre området (kote +10).

Det er utført CPTU i punkt S111. ref. [20] vist nedenfor. Denne viser markant og lagvis øket friksjon og spissmotstand fra ca. kote +8 (se Figur 6 nedenfor).



Figur 6. Viser CPTU sondering i punkt S111

### 3 Terreng og grunnforhold

#### 3.1 Terreng

Planområdet blir i dag benyttet til industri- og næringsformål.

Målt terrenghøyde i borpunktene ref. [25] varierer mellom kote +26,9 i vest og +1,0 i øst langs elvekanten.

Terrengen faller generelt fra vest mot øst. Fra «platået» med Porsgrunnsvegen og boligfelt i vestre del av planområdet på ca. kote +24, faller terrengen ned mot lavereliggende industri- og næringsområder

på ca. kote +8 med en helning 1:2 – 1:3. I elvekanten faller terrenget ned til vannoverflaten med en helning inntil 1:1,4.

Dybder i Skienselva er ikke målt, men tilgjengelige dybdekart fra NVE med kartlegging av Skienselva viser at elvekanten faller ned mot ca. kote -12 med en helning på ca. 1:3.

## 3.2 Grunnforhold

Tidligere grunnundersøkelser ble i oktober 2019 supplert med nye grunnundersøkelser innenfor planområdet. Bakgrunnen var å gi innspill til reguleringsplan i området og eventuelt justere deler av faresonene Gråtenmoen og Goberg innenfor planområdet.

### Kvartærgeologi

Under isavsmeltingen ble det først avsatt morenemateriale og breelvmateriale.

Den mest markerte av disse er breelvvavsetningen ved Nenset. Etter hvert som isen trakk seg tilbake ble lavereliggende områder dekket av til dels mektige havavsetninger som hovedsakelig består av silt og leire.

Under landhevingen ble havavsetninger og andre løsmasser som lå under marin grense etter hvert tørt land. Elver og bekker arbeidet i løsmassene.

Materiale er gravd bort fra høyereliggende områder og avsatt i et lavere nivå. Langs vestsiden av Skienselven har elven avsatt store mengder silt og finsand oppå havavsetningene.

### Grunnforhold

Generelt er lagdelingen ved platået et sandig topplag over et lag av middels sensitiv leire/silt som går over i sand og siltmasser i dybden. Totalsonderingene viser at topplagets mektighet varierer mellom 2 – 5 m som tilsvarer en bunnkote for topplaget på mellom kote +20 til +23. Videre i dybden går leire/siltlaget over i lagdelt sand/silt ved omkring kote +14 til +15 i nordre del (nord for punkt 321). For søndre delen av platået er overgangen til lagdelt sand/silt omkring kote +10.

De fleste totalsonderingene på nedre del av området indikerer siltig og sandig materiale som er lagdelt med tynne sandlag i dybden. Enkelt steder kan det under topplaget forekomme et lag med leire/silt før overgang til lagdelt sand/silt. Det er utført CPTU sondering i punkt 320 og 326 som viser leirig materiale med en mektighet på ca. 5 m før overgangen til lagdelt sand/silt videre i dybden.

Generelt er målt grunnvannstand på platået ca. 5 m under terreng, mens målt grunnvannstand på elvesletta er ca. 2 m under terreng.

Enkelte steder er det fjell i dagen som ved Svea fyr.

For mer utfyllende beskrivelse av grunnforhold henvises det til datarapport ref. [25].

## 3.3 Kvikkleire og sprøbruddmateriale

Kvikkleire og sprøbruddmateriale er definert som et materiale med visse egenskaper. For at et materiale skal betegnes som sprøbruddmateriale må omrørt skjærfasthet (konus)  $< 1,27 \text{ kN/m}^2$  og sensitiviteten (St)  $> 15$ . Dette er grenseverdier for nyere standard fra og med 2017. Før 2017 var kravet at materiale som skal betegnes som sprøbruddmateriale må ha omrørt skjærfasthet (konus)  $< 2,0 \text{ kN/m}^2$ . Disse forholdene er hensyntatt i våre vurderinger.

### 3.3.1 Dannelse av kvikkleire og sprøbruddmateriale

Kvikke masser dannes ved utvasking av salt i marine avsetninger og diffusjon av salt mot områder med lavere konsentrasjon, SGI rapport 65 ref. [4]. Vanligvis forekommer utvasking enten ved artesiske trykk i grunn, eller infiltrasjon av regnvann.

Hastigheten av utvasking er avhengig av permeabilitet og hydraulisk gradient. Vannførende lag enten i form av sand-, siltlag øker muligheten for utvasking.

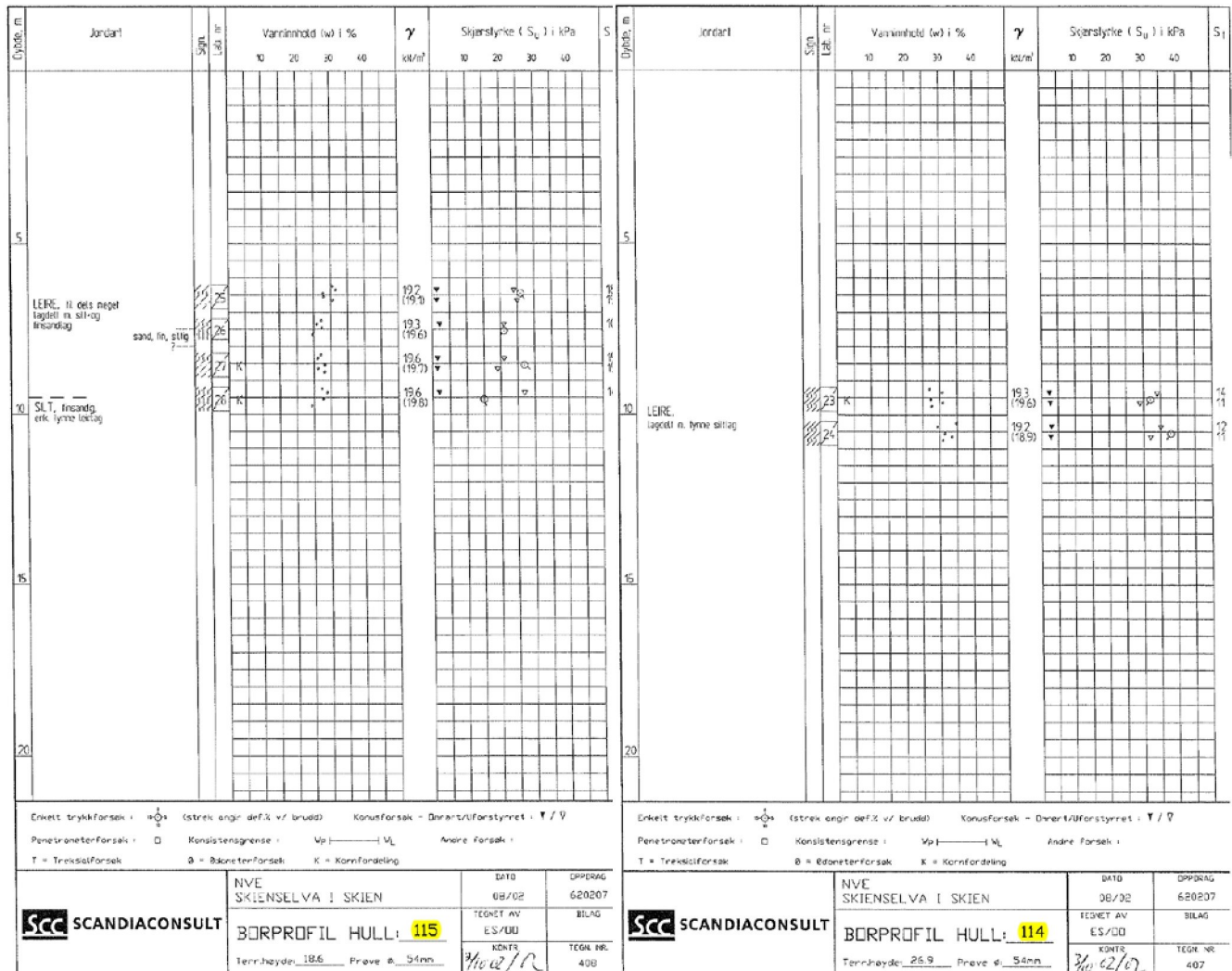
Hovedpotensiale for forekomster av sprøbruddmateriale langs Skienselva og planområdet kan da være lokalt ved skråning (overflateavrenning, og grunnvannstrøm mot skråningsfot), og ved eventuelle vannførende lag (vannstrøm i sand-siltlag, eller vannstrøm fra oppstikkende fjell).

### 3.3.2 Prøveserier og registret sprøbruddmateriale

I de påfølgende siden er prøveserier i og inntil planområdet vist. Videre er det laget en tabell med prøveserier med registret sprøbruddmateriale. Flere av NGI sine prøveserier er ikke utført kontinuerlig, men tatt ut på bestemte dybder der det er forventet sensitive lag og sonderingen viser lav boremotstand og konstant eller avtagende motstand i dybden. Vi har tolket dette i tabellen nedenfor, som om det er lite sannsynlig at det er sprøbruddmateriale i lag hvor det ikke er tatt ut prøveserie. Alle prøver og sonderinger er sett i sammenheng over hele området. De fleste soneringer viser økende motstand i dybden.

Prøveserier nord, platå

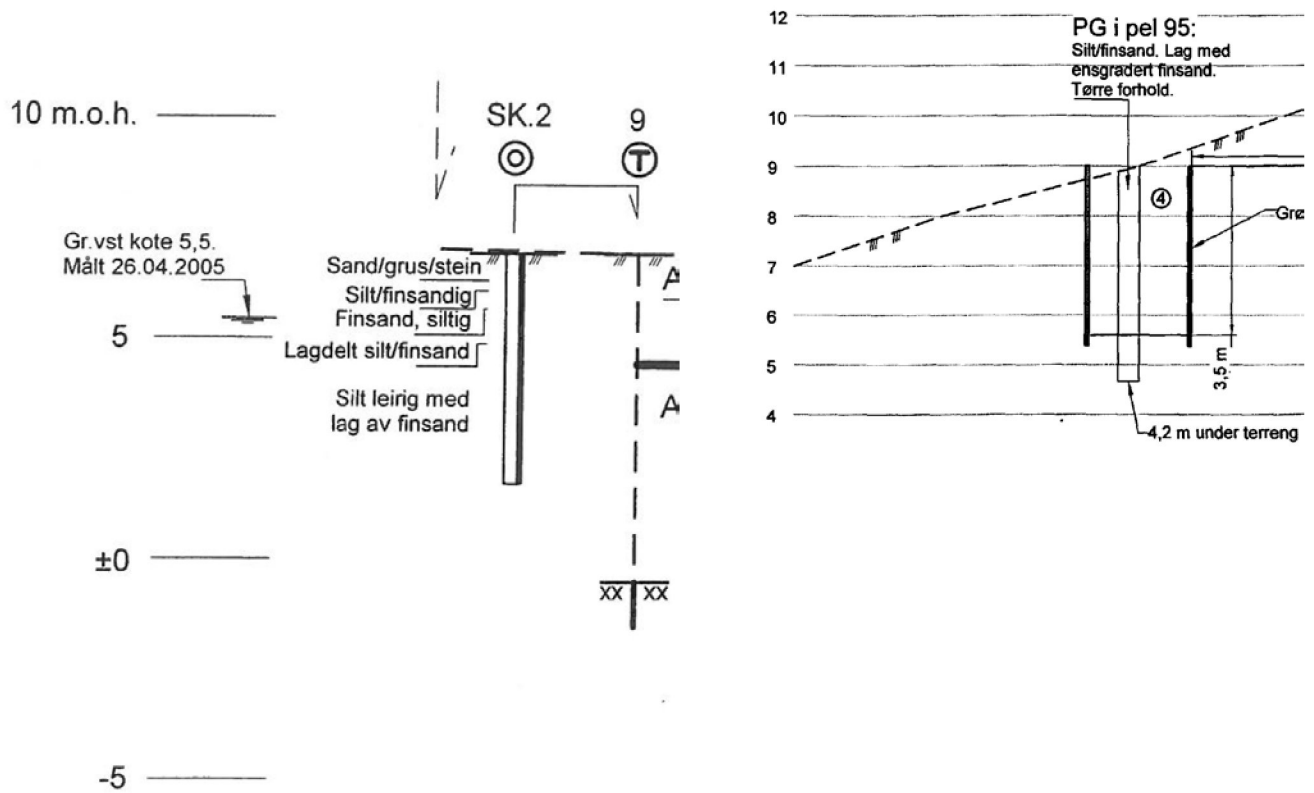
Hull S115 og hull S114. Hull S115 ligger ca. 250 meter nord for planområdet.



Figur 7. Viser prøveserie S115 og S114

**Prøver/naver nord, elveslette**

Hull MSK\_1PR er kun avmerket på kart men det er ikke funnet resultater. Hull MSK\_2PR og PG95 er vist nedenfor.

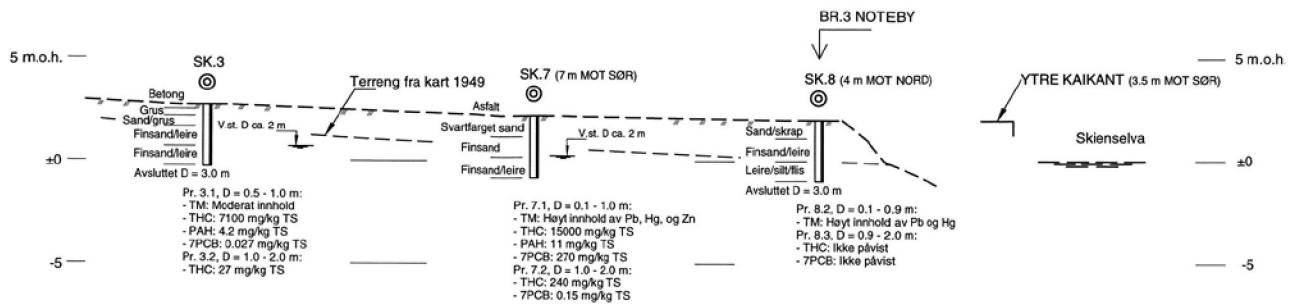


Figur 8. Viser prøver/naver i hull SK2 og PG95

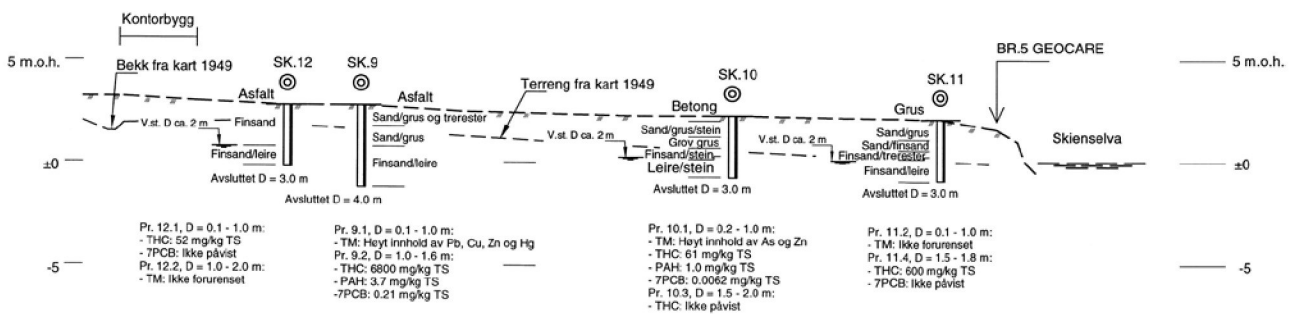
## Prøveserie og naver midt, elveslette

Figuren nedenfor viser profiler md SK3.. SK11 naverprøver tatt på elvesletta ned mot Skienselva.

### PROFIL A - A

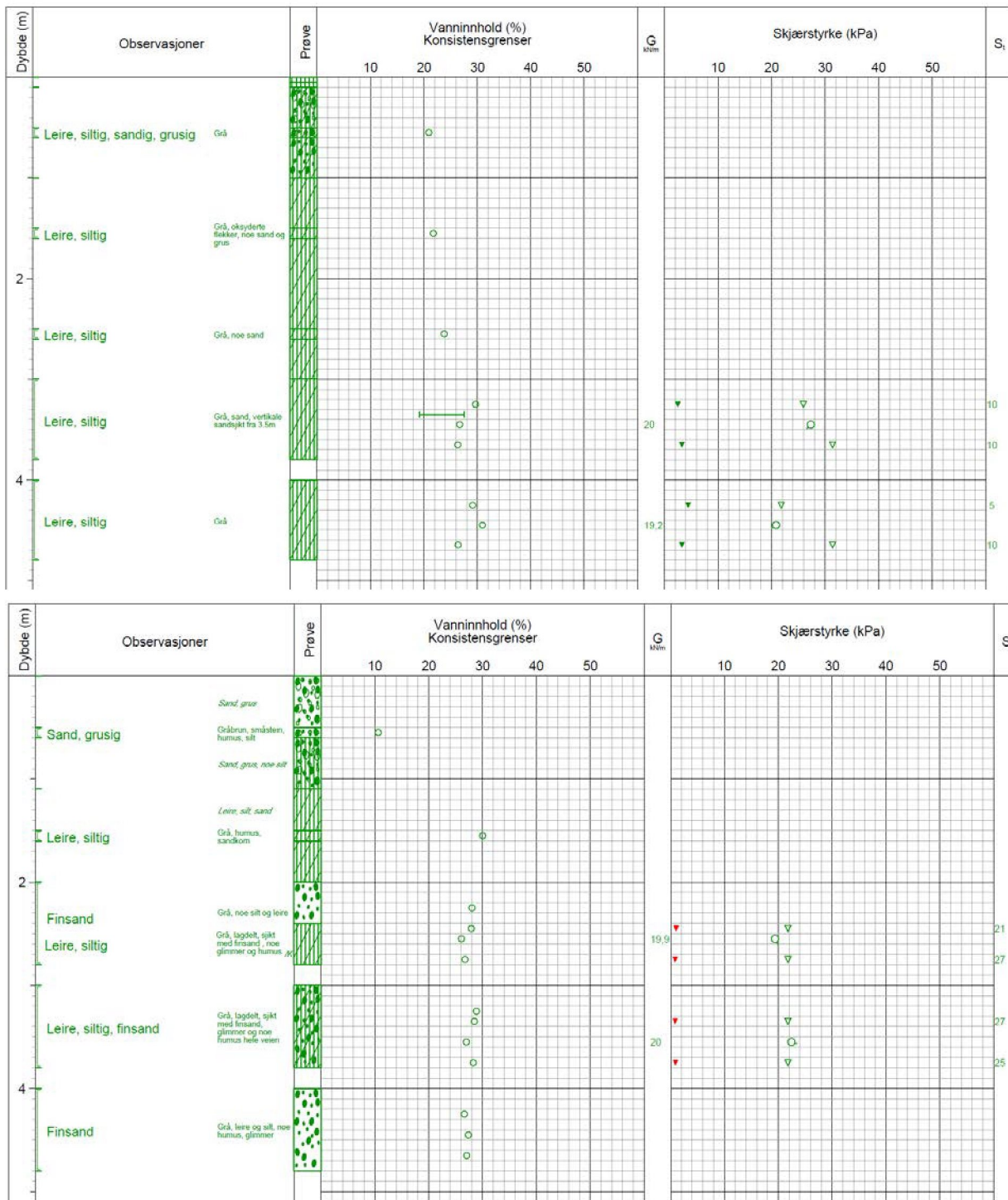


### PROFIL B - B



Figur 9. Viser Profil A-A og B-B med inntegnende SK3..SK11 naverprøver

Figuren nedenfor viser prøveserie fra punkt 320PR

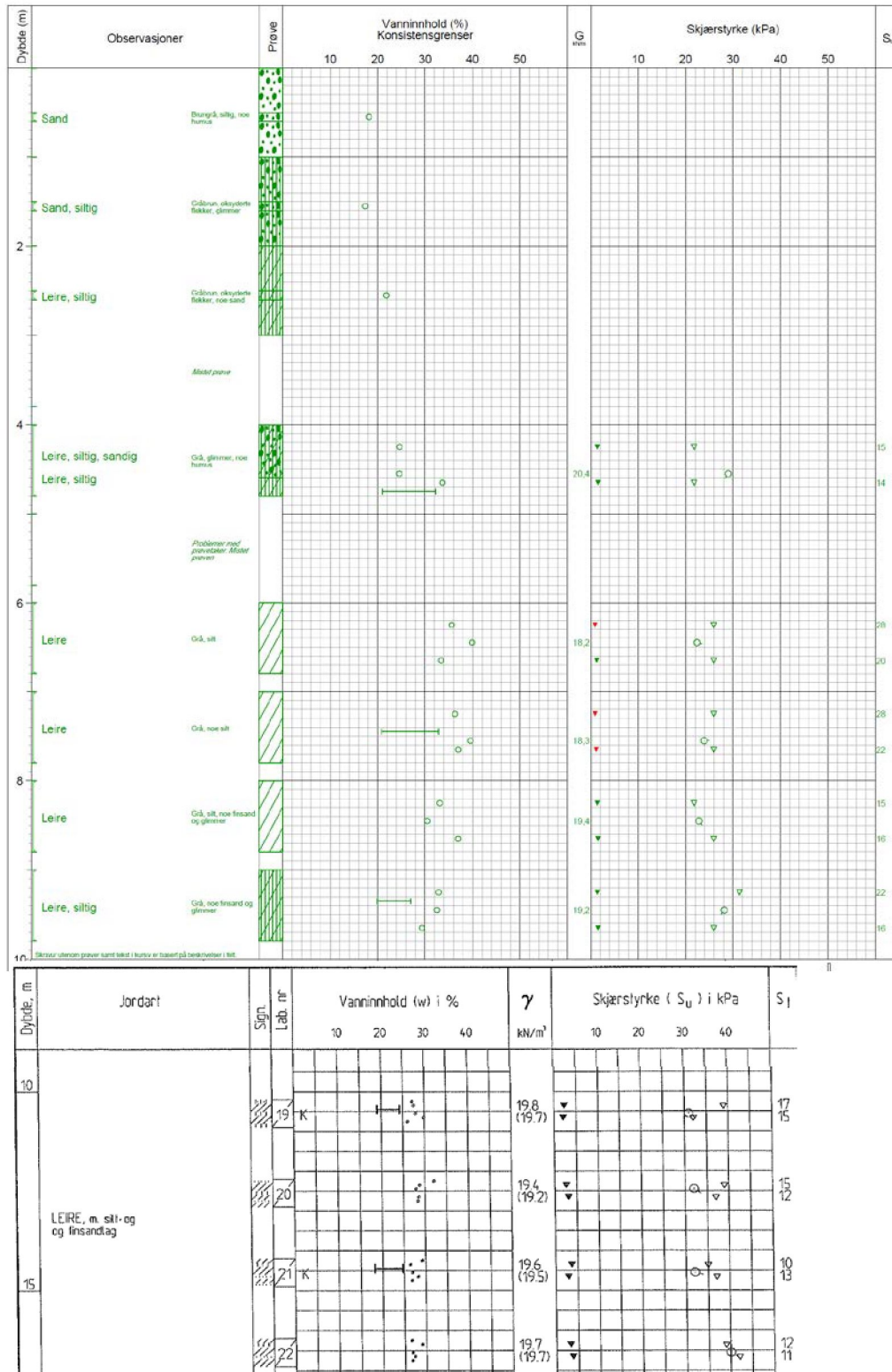


Figur 10. Viser prøveserie punkt 320PR og 326PR plassert. hhv topp og bunn i figur.



Prøveserie midt platå

Figuren nedenfor viser punkt 316 og S112.



Figur 11. Viser punkt 316PR og S112 på hhv topp og bunn.

Prøveserie søndre platå

Hull VS-APR og VS\_BPR. Punktene ligger ca. 100 -120 m sør for planområdet

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1																	
2	SAND		K					1.58	50								
3																	
4																	
5	LEIRE, siltig	enkelte siltsjikt						1,97	44	▼0,9	▼1,8						12
6	SILT, leirig							1,97	45	▼0,8	▼1,4						15
7																	

Figur 12. Viser punkt VS\_APR og VS\_BPR på hhv topp og bunn. Kornfordeling A (1 - 3 m) viser ensgradert sand.

## Prøveserie søndre terrasse

Punkt VS-CPR og VD\_DPR. Punktene ligger ca. 100 -120 m sør for planområdet.

Dybde (m)	Beskrivelse	kt. +	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm <sup>3</sup> )	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
					10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1	SILT, sandig																	
	forvitret, planterester, rothår																	
2																		
3	SILT, leirig																	5
	spor av sand og forvitring																	1
4																		
5																		
6																		
7	LEIRE, siltig																	16
	sandsjikt																	16
8																		

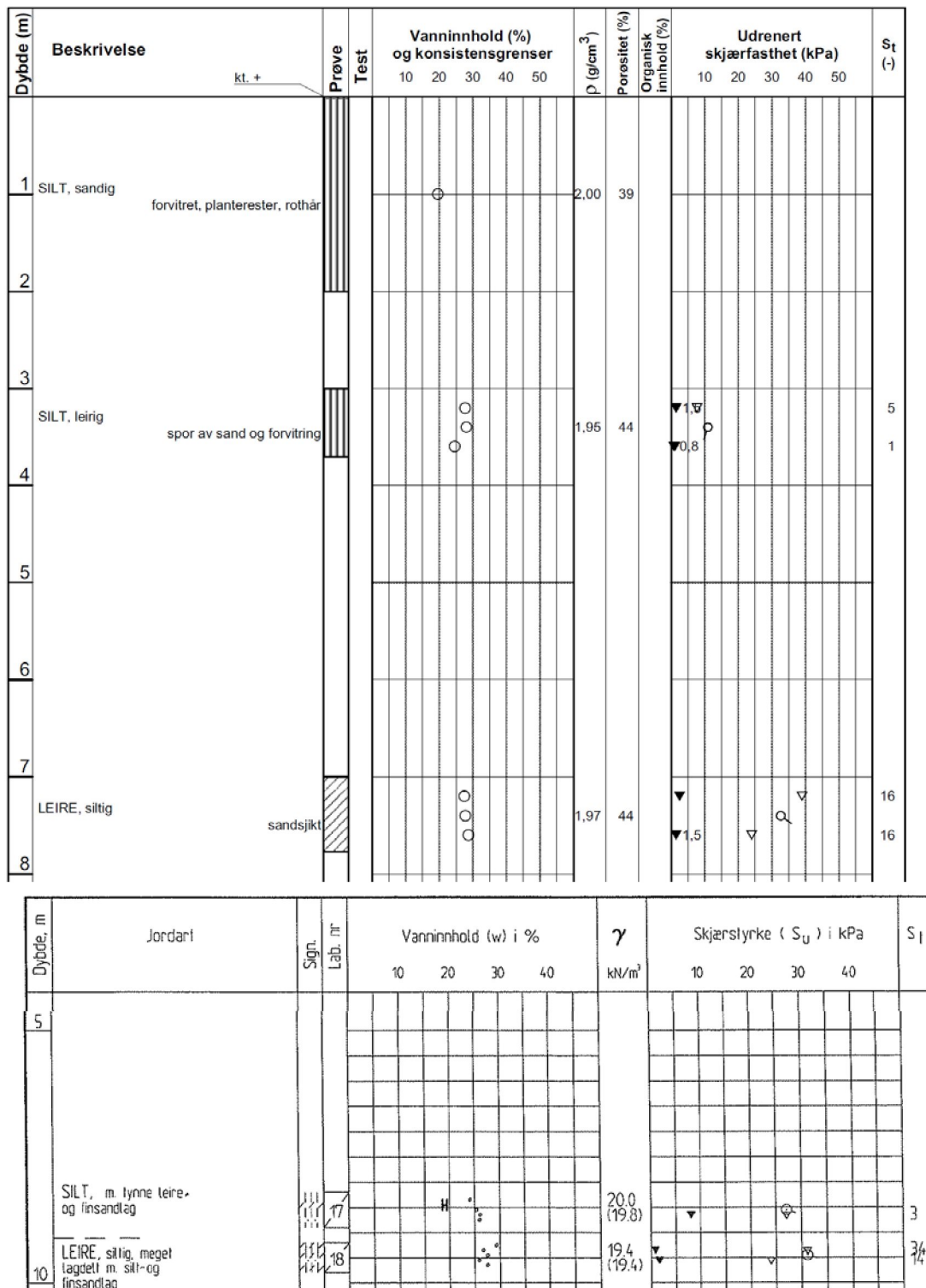
  

Dybde (m)	Beskrivelse	kt. +	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					ρ (g/cm <sup>3</sup> )	Porøsitet (%)	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					
					10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
1	TØRRSKORPESILT, sandig																	
	enkelte gruskorn, planterester/rothår																	
2																		
3	SILT, sandig																	
	forvitret, enk. gruskorn																	
4																		

Figur 13. Viser punkt VS-CPR og VS-DPR på hhv topp og bunn. Korngradering D (0 – 2 m) viser sandig silt.

## Prøveserie søndre terrasse

Punkt VS\_CPR og S110. Punktene ligger ca. 100 -120 m sør for planområdet



Figur 14. Viser punkt VS\_CPR, og S110 på hhv. topp og bunn.

Tabell prøveserier

Prøveseriene i de foregående siden viser få prøver med sprøbruddmateriale, og der hvor sprøbruddmateriale er registrert er dette ofte i enkelte sjikt av begrenset tykkelse.

Nedenfor er prøveserier fra Raset som viser både lite sensitive masser og sprøbruddoppførsel samlet i *Tabell 2*.

*Tabell 2. Viser prøveserier med og uten lag/sjikt av registrert sprøbruddoppførsel. Sortert fra nord mot sør.*

Punkt nr. (Terrengkote i parentes)	Toppkote (sensitivt Lag) Sprøbrudd PR og (TOT/DRT/CPT)	Mektighet lag med sprøbrudd	Kommentar lag og utbredelse
S115 (kote +18,6)	+12,6 (+10,6)	1,0 m (2,0 m)	PR viser Leire svært lagdelt med sprøbrudd tendens mellom 6 – 7 m dybde (kote +12,6 til +11,6) DRT konst. mellom 8 – 10 m dybde, lav motstand lokalt. Her viser PR ikke sprøbrudd. <i>Vurdering: Tynt sprøbrudd sjikt mellom 6 – 7 m. Trolig liten utbredelse.</i>
S114 (kote +26,9)	- (+17,6)	- (2,5 m)	PR er utført mellom 9 – 10 m dybde (kote +17,6 og 15,6) og viser leire med tynne siltlag. CPTU synkende spissmotstand mellom 9 – 11,5 m dybde. Her viser PR ikke sprøbrudd. <i>Vurdering: Ikke sensitive masser i profilet.</i>
316PR (kote +24,6)	+18,6 (+20,6)	2,0 m (3,0 m)	PR viser leire med sprøbruddegenskaper mellom 6 – 8 m dybde (kote +18,6 til +16,6). CPTU viser svakt økende spissmotstand i dybden, men lav friksjon mellom 4 – 7 m dybde (kote +20,6 til +17,6) <i>Vurdering: Leirlag med sprøbruddmateriale mellom 6 – 8 m dybde (kote +18,6 til +16,6). Laget har stor utbredelse og viser seg i langs plataet totalsonderinger fra nord (301, 305, 316, 313, 319, 321)</i>
320PR (kote +9,8)	-	-	PR er utført mellom 0 – 5 m dybde (kote +9,8 og 4,8) og viser siltig leire. CPTU stigende spissmotstand ned til et lag med svært lagdelt grunn, som starter i kote +4 til -20, (mellom 6 – 20 m dybde). <i>Vurdering: Ikke sensitive masser i profilet.</i>
326PR (kote +1,4)	-0,6 (-2.1)	2,0 m (1,0 m)	PR viser Leire, siltig lagdelt med finsand og sprøbrudd tendens mellom 2 – 4 m dybde (kote -0,6 til -2,6). CPTU synkende spissmotstand mellom 3,5 – 4,5 m dybde. <i>Vurdering: Mindre lag med sprøbruddegenskaper. Mulig begrenset/lokal utbredelse sørover langs Skienselva. (Totalsonderinger 326, 329, 333)</i>
S112 (kote +21,3)	- (+11,3)	- (7,0 m)	PR er utført mellom 10 – 17 m dybde (kote +11,3 til +4,3) og viser leire med silt og finsandlag. DRT konst. mellom 10 – 17 m dybde (kote +11,3 til +4,3 m) dybde. Her viser PR ikke sprøbrudd.

			<i>Vurdering: Lite sannsynlighet for sensitive masser i punktet, men punktet er fortsatt inkludert i faresonen</i>
330 (CPTU) (kote 25,1)	- (+20,6)	- (2,0 m)	Ikke prøveserie med grenser til søndre del av reguleringsplan. TOT og CPTU. CPTU viser svakt synkende spissmotstand og lav friksjon mellom 6 – 7 m dybde (kote +19,1 til +18,1). TOT viser synkende eller konstant motstand mellom 4,5 og 7 m dybde (kote +20,6 til +18,1) <i>Vurdering: Mulig lag med sprøbruddtendens ved 5 – 7 m dybde.</i>
S111 (CPTU) (kote 22,3)	- (+17,3)	- (2,0 m)	Ikke prøveserie med grenser til søndre del av reguleringsplan. PZ1, PZ2, og CPTU CPTU viser svakt stigende spissmotstand. Lav friksjon mellom 3 – 7 m dybde (kote +17,3 til +15,3) TOT viser synkende motstand fra 4,5 - 6,6 m dybde <i>Vurdering: Mulig lag med sprøbruddtendens ved 5 – 7 m dybde.</i>
VS_BPR (kote +23,5)	+18? (+19,5)	1,0 m? (1,0 m)	PR mellom 4,5 – 6,5 m dybde viser siltig leire og leirig silt med sprøbrudd tendens mellom 5,5 – 6,5 m dybde (kote +18 til +17) TOT synkende mellom 4,0 – 5,0 m dybde. (kote +19,5 til +18,5) <i>Vurdering: Lav sensitivitet og lav omrørt styrke i toppen av prøveserien (forstyrret). Sprøbruddtendenser i nedre del av prøveserien. Utbredelse av lag ukjent.</i>
VS_CPR (kote +16,7)	+9,2? (+13,7)	1,0 m? (2,0 m)	PR mellom 3,0 – 8,0 m dybde viser lerig silt og siltig leire med sprøbrudd tendens i et sjikt ved ca. 7,5 m dybde (kote +9,2). TOT svakt stigende 2,0 – 9,0 m dybde. (kote +14,7 til +7,7). CPTU lav spissmotstand stigende, lav friksjon 3,0 – 5,0 m dybde (kote +13,7 til +11,7). <i>Vurdering: Lav sensitivitet og lav omrørt styrke i toppen av prøveserien (forstyrret). Sprøbruddtendenser i nedre del av prøveserien. Utbredelse av lag ukjent.</i>
S110 (kote +16,7)	- (+8,7)	- (2,0 m)	PR er utført mellom 8 – 10 m dybde (kote +8,7 og +6,7) og viser meget lagdelt leire med sand/silt lag. Det er registrert tynt sjikt med sprøbruddtendenser på 9 m dybde. DRT synkende mellom 8 – 10 m dybde. Her viser PR kun et tynt sjikt med sprøbruddtendenser <i>Vurdering: Tynt sjikt med sprøbruddtendens. Trolig liten utbredelse.</i>

### 3.4 Vurdering av utbredelse av sprøbruddmateriale for planområdet

NGI har tidligere vurdert hele sonen. De har vurdert at det eksisterer sensitive masser over kote +10 for plataet i planområdet i nord, og med noe dypere kote i sør (kote +0). Det kan derfor se ut som de har vurdert terrengkriteriet med skråningshøyden for plataet som retningsgivende for utbredelse av den tidligere faresonen.

Metoden for å finne utbredelse av sprøbruddmateriale tar utgangspunkt i både eldre og nyere prøveserier i området sammen med totalsonderinger og CPT-sonderinger. Data fra et sted med flere typer grunnboringer danner grunnlaget for å vurdere grunnforholdene og forekomst av sprøbruddmaterialer i områder der det bare er foretatt totalsonderinger.

Det er utført registreringer og vurderinger av prøveserier i foregående kapittel. Dette satt inn i en sammenheng med andre sonderingsmetoder og lokalisering av disse danner grunnlaget for vår tolking av utbredelse av sprøbruddlag for plataået og elveslettene. Tolkningen vil inneholde noe usikkerhet i både lagtykkelse og utbredelse i forhold til skiftende grunnforhold og et moderat antall prøveserier. Det er i noen prøveserier påvist sprøbruddmateriale, men kvikkleire er ikke påvist.

Prøvene som viser sprøbruddmateriale er generelt utført i siltig leire med sjikt av silt og sandlag som kan påvirke resultatet. I punkt 316 er det imidlertid et leirlag med mektighet omkring 8 m hvor det er lite sand og siltsjikt. Tolkningen av dette laget er derfor mer sikkert.

Generelt har vi valgt å tolke lag av sprøbruddmateriale når dette gjør seg gjeldene i flere prøver etter hverandre. Der sprøbrudd kun sporadisk forekommer i et tynt sjikt er det ikke tolket som et lag, men som et lokalt sjikt med liten utbredelse.

Tolkningen er kun gjeldende innenfor planområdet. Tilstøtende områder med eldre prøveserier er kun brukt som støttepunkter for å vurdere løsmasseavsetningene.

### 3.4.1 Platå område nord

#### Mektighet sprøbruddlag

Det er utført en rekke prøver og sonderinger. Vi har tolket dette som at det kan forekomme et lag av sprøbruddmateriale med en mektighet på mellom 2 – 3 m lokalisert mellom kote +18 og +14.

#### Utbredelse sprøbruddlag

Sprøbruddlaget for plataået er tolket å starte omkring punkt 301 og fortsette sørover til og med punktene 321/322. Dette tilsvarer området fra nordre plangrense og sørover ned til nordre del av faresone Gøberg.

Det er ikke registrert sprøbruddmateriale ved elveslettene under plataået og ned mot Skienselva i nordre delen. Sonderingene viser heller ikke tendens til sprøbruddmateriale.

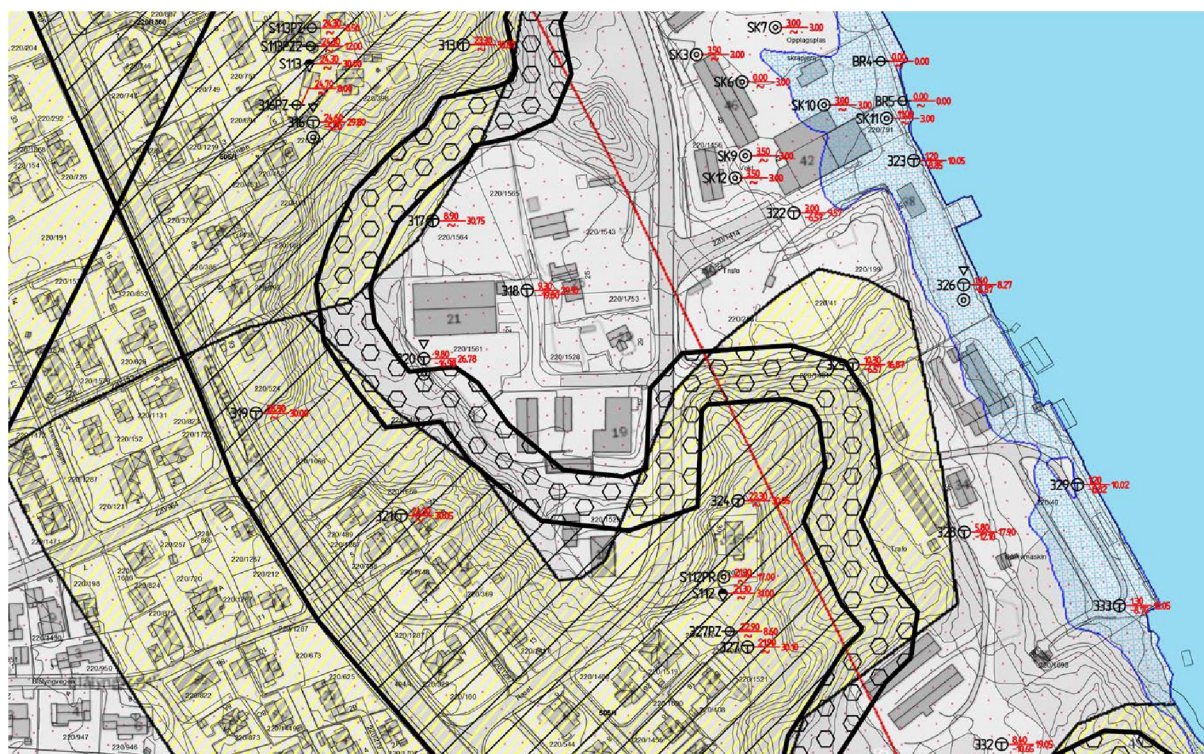
### 3.4.2 Midtre område elvebredden

#### 3.4.2.1 Elvebredden midtre område

Det er i prøveserie punkt 326, ved elvekanten, funnet sprøbruddtendenser i prøvene mellom 2 – 4 m dybde som tilsvarer kote -0,6 til -2,6. I området langs elvekanten kan det være lommer av sprøbruddmateriale som er oppstått ved utvasking fra elva. Dette er vurdert som lokale lommer mellom punkt 326 og sørover langs elvebredden til punkt 333, og er derfor ikke markert som en faresone.

#### 3.4.2.2 Lokale koller midtre område

På neste side er et utsnitt av tidligere faresone og ny inntegnet faresone vist for midtre området da ny faresone i dette området er noe trukket tilbake fra østsiden mot Skienselva. Dette er påpekt i kvalitetskontrollen.



Figur 15. Viser tidligere NGI faresone i gult og ny skravert faresone

NGI har tidligere vurdert platået ved midtre faresonen ved punkt S112 å strekke seg østover. NGI har inkludert to små lokale koller (terrengkote +10) nedenfor platået øst for S112. Disse lokale kollene ligger ved de nye punktene 325 og 328.

Vår vurdering avgrensner faresonen vest for punktene 325 og 328 da topp terreng for kollene ligger på omkring kote +10 og således ligger lavere enn det sammenhengende laget av sprøbruddmateriale for platået. I tillegg ligger de utenfor et eventuelt utløpsområde.

#### Mektighet sprøbruddlag

Ut fra CPTU og sonderinger og prøveserie i S112. Har vi tolket dette som at det kan forekomme et lag av sprøbruddmateriale med en mektighet på mellom 2 – 3 m lokalisert mellom kote +18 og +14.

#### Utbredelse sprøbruddlag ved koller

Det er antatt at utbredelsen av sprøbruddmateriale omkring punkt S112 er begrenset av nedre kote på sprøbruddmateriale (omkring kote +14) og dermed er vest for de lokale kollene (terrengkote +10).

### **3.4.3 Platå søndre område**

Søndre området er omtrentlig lokalisert mellom punkt 321 i nord og S111 i sør. Her er det ikke prøver i nærheten av søndre grense av planområdet, men det er utført en samlet vurdering av grunnforhold, topografi og grunnvannstand med hovedfokus på punktene 330, 331, og S111.

#### Mektighet sprøbruddlag

Ut fra CPTU og sonderinger. Har vi tolket dette som at det kan forekomme et lag av sprøbruddmateriale med en mektighet på mellom 2 – 3 m lokalisert mellom kote +20 og +15.



Utbredelse sprøbruddlag

Det er antatt at utbredelsen av sprøbrudmateriale i sør, er fra søndre plangrense ved punkt 330 og helt opp mot punkt 321 hvor nordre området starter.

## 4 Stabilitetsforhold, områdestabilitet

Gjeldende regelverk stiller krav til trygghet mot naturpåkjenninger (skred, flom, etc.). Da det er utført grunnundersøkelser på eiendommen, har vi vurdert områdestabiliteten basert på terrengkriterier og grunnundersøkelser. For våre vurderinger ligger NVEs veileder og retningslinjer ref. [1] og [2] til grunn. Disse oppfyller krav om sikker byggegrunn med tanke på PBL og Teknisk forskrift, TEK17, ref. [3].

NVE har i veileder 2014/7 utarbeidet prosedyre ved fare for kvikkleireskred og skred i løsmasser med sprøbruddegenskaper. Prosedyren er lagt til grunn for våre vurderinger.

### 4.1 Oppsummering og gjennomgang av prosedyre

Tabell 3 oppsummerer gjennomgang av prosedyren i henhold til avsnitt 4.5 i NVEs veileder 7/2014, ref [1]. Vurderinger rundt punktene er nærmere beskrevet i påfølgende delkapitler. Da de innledende punktene er av underordnet betydning når det er utført nye grunnundersøkelser vil disse kun bli beskrevet overordnet.

Tabell 3. Oppsummering av gjennomgang av prosedyre i NVE 7/2014

Pkt.	Arbeidsoverskrift	Kommentar
1	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være	Tiltaket faller inn under tiltakskategori K4. <b>Utført</b>
2	Undersøk om hele eller deler av områder ligger under marin grense.	Hele området ligger under marin grense. <b>Utført</b>
3	Avgrens områder med marine avsetninger	Løsmassekart viser antatt marine avsetninger på deler av området. <b>Utført</b>
4	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området	Planområdet ligger delvis innenfor en tidligere utredet faresone. <b>Utført</b>
5	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred	Hovedskråning (platå) i planområdet er brattere enn 1:20, som er et kriterium for å definere en aktsomhetszone. <b>Utført</b>
6	Gjennomføring av befarings og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag	Det er utført befarings og foretatt supplerende undersøkelser i planområdet. Utbredelsen av sprøbruddmateriale er revurdert med bakgrunn i supplerende undersøkelser. <b>Utført.</b>
7	Avgrens løsneområder mer nøyaktig	Med bakgrunn i ny vurdering av forekomsten av sprøbruddmateriale er løsneområdet vurdert for planområdet. <b>Utført</b>
8	Vurder og avgrens sannsynlig utløpsområder for skredmasser	Med bakgrunn i ny vurdering av løsneområde er utløpsområdet vurdert for planområdet. <b>Utført</b>
9	Avgrens og faregradsklassifiser faresoner	Det er tegnet nytt kart med faresone for planområdet basert på løsne- og utløpsområdet i foregående punkter. Faregradsklassifisering er utført. <b>Utført</b>

Pkt.	Arbeidsoverskrift	Kommentar
10	Stabilitetsvurderinger. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet	Det er utført stabilitetsvurdering og beregning av skråningen ned fra platået og mot elveslettene. <b>Utført</b>

## 4.2 Utredningens nøyaktighet

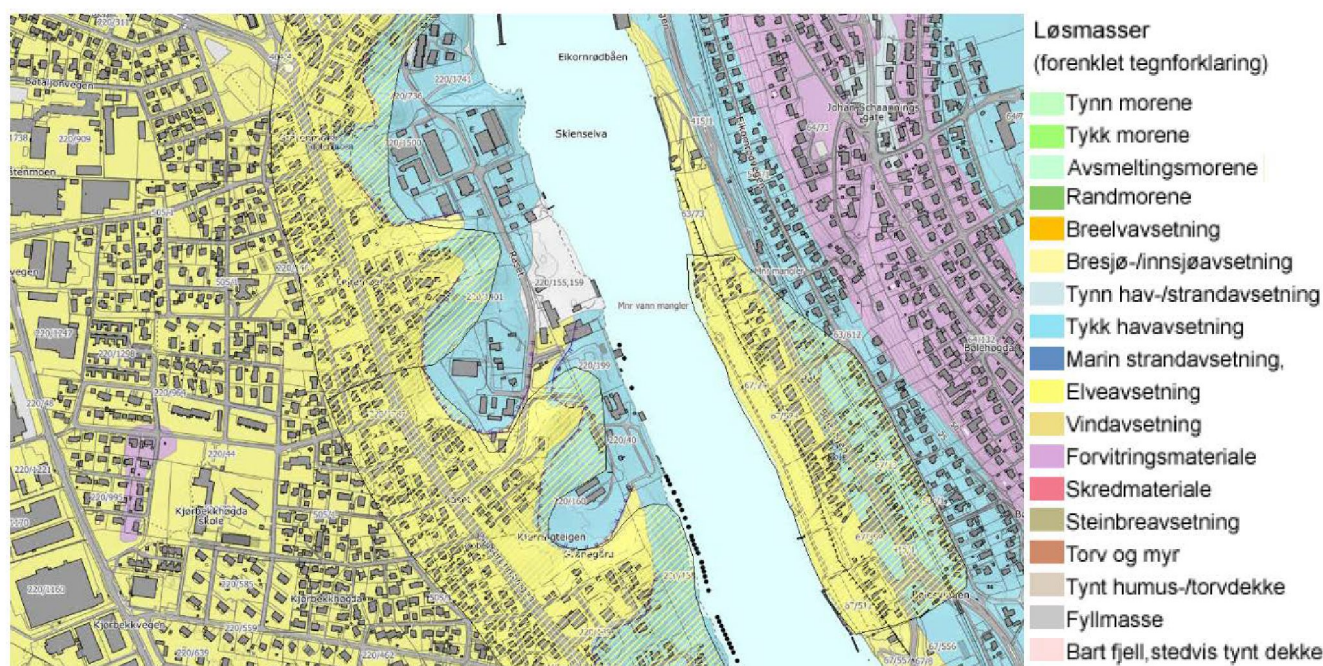
Utredningen utføres i forbindelse med regulering og skal avklare eventuell fare for områdestabilitetsproblemer. I henhold til tabell 5.1 i NVEs veileder ref. [2] kommer byggeprosjekter/nybygging av dette omfanget i tiltakskategori K4.

## 4.3 Marin grense

Hele reguleringsområdet ligger under marin grense ifølge løsmassekart fra NGU.

## 4.4 Avgrensens områder med marine avsetninger

Løsmassekart fra NGU sine nettsider viser antatte grunnforhold og beskriver løsmassene innenfor reguleringsområdet som «tykk havavsetning» (blå farge) og «elveavsetning» (gul farge). Utsnitt av kartet er vist nedenfor.



Figur 16. Viser løsmassekart fra ngu.no med skarverte faresoner

## 4.5 Kartlagte faresoner for kvikkleireskred

Skredsonkart fra NVEs nettsider viser kartlagte faresoner Gråtenmoen og Goberg i reguleringsområde. Se figur 12 over.

## 4.6 Avgrensning av aktsomhetsområde etter marine avsetninger og topografi

Kapittel 4.5 i NVEs veileder ref. [2] definerer ulike terrengkriterier som gir muligheter for områdeskred:

- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og total skråningshøyde > ca. 5m.
- I platåterreng: høydeforskjeller på 5 m og mer, inkl. dybde til elvebunn/fot marbakke.
- Maksimal bakovergrepene skredutbredelse = 20 x skråningshøyde, målt fra fot skråning/marbakke/ bunn ravine.

Platået over elvesletta tilfredsstillende kravet til høyde og helning og er derfor en del av et aktsomhetsområde. Det samme gjelder elveskråningen ut i Skienselva, men det er ikke funnet et sammenhengende lag av sprøbruddmateriale langs elveskråningen og denne utgår dermed i videre vurdering.

#### 4.7 Gjennomføring av befarings- og grunnundersøkelser

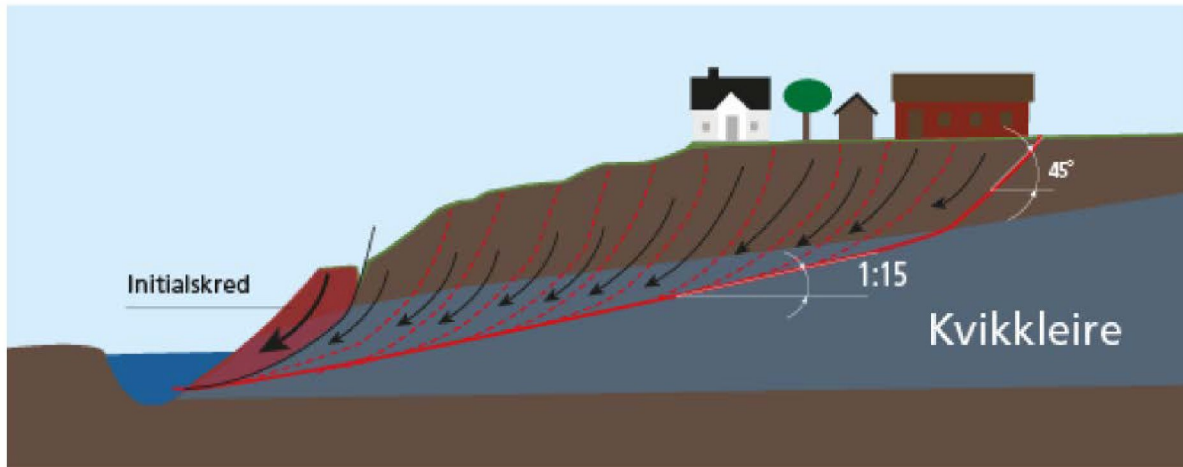
Det er tidligere utført befarings- og grunnundersøkelser og det er i flere perioder foretatt grunnundersøkelser. Supplerende grunnundersøkelser ble utført juni 2019, ref. [25].

#### 4.8 Avgrensning av løsne- og utløpsområde

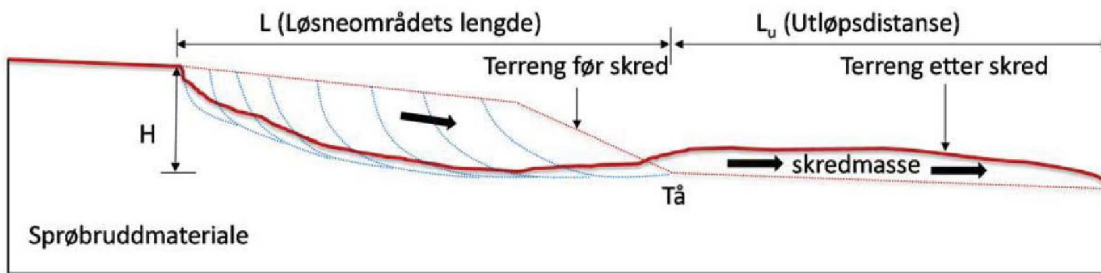
Det er en samlet vurdering av løsne- og utløpsområdet for nordre og søndre platå i planområdet. Dette er beskrevet i de påfølgende avsnitt.

##### Løsneområde

For å finne løsneområdet er 1:15 kriteriet benyttet i laget med sprøbruddmateriale. Dette er nærmere beskrevet i ref. [3]. Vi har innenfor planområdet antatt at sprøbruddlaget er horisontalt og ligger under et topplag.



Figur 17. Viser prinsipp figur fra NVE veileder 7/2017 med en bakover gripende skredflate med helning 1:15 i kvikkleire, og 1:1 i topplaget.



Figur 2.1 Prinsippskisse for løsnelag og utløpsdistanse

Figur 18. Viser prinsippet med løsnelag og utløpsområdet hentet fra NIFS rapport 14/2016, ref. [3].

Lengden på løsnelag (L) for platået er dermed:

- $L = (15 \cdot H_k) + (1 \cdot H_t)$

Hvor,  $H_k$  er mektigheten på sprøbruddmateriale, og  $H_t$  er mektigheten på topplaget fra terreng og ned til toppen av sprøbruddmateriale.

Lengden måles fra omkring midtre del i skråningen, omkring kote 13 - 15. Sonen tegnes opp konservativt fra vestre del av tidligere rasskråninger som ligger nærmest Porsgrunnsveien. Det fortsettes et topplag med mektighet på opp mot 7 m og en mektighet av sprøbruddlaget på opptil 3 m.

Gjennomsnittlig lengde for løsnelaget platå:

- $L = 15 \cdot (3 \text{ m}) + 1 \cdot (7 \text{ m}) = 52 \text{ m}$

Resultat er et løsnelag som omfatter Porsgrunnsveien og et areal ut i skråningene nedenfor platået.

#### Utløpsområde

Utløpsområdet er området nedenfor løsnelaget hvor det er mulighet for at skredmassen sprer seg etter at et ras er utløst i bakkant. Lengden på utløpsområde vil variere med topografi, sensitivitet av sprøbruddmateriale, og mektigheten av laget med sprøbruddmateriale se ref. [3].

Da laget av sprøbruddmateriale i planområdet har begrenset mektighet og sensitivitet er relativt lav til å være sprøbruddmateriale begrenses utløpsdistansen ( $L_u$ ) for flakskred eller rotasjonsskred til følgende uttrykk

- $L_u = 0,5 \cdot L$

hvor,  $L_u$  er utløpsdistanse, og  $L$  er løsnelagets lengde

Resultat er et utløpsområde som strekker seg fram mot bunn av skråningene nedenfor platået.

## 4.9 Avgrensning og faregradsklassifisering for faresonen

### Faresoneavgrensning

Med bakgrunn i beregninger av løсне- og utløpssoner i foregående kapittel er løснеområdet tegnet inn på kart sammen med utløpsområdet. Det er tatt utgangspunkt i kote 15 i skråningen nedenfor platået. Løснеområdet er tegnet fra skråningen og vestover til og med Porsgrunnsveien da vestre del av de eksisterende rasgropene er brukt som målelinje for utbredelse vestover.

Utløpsområdet starter ved kote +15 i skråningen og strekker seg utover omkring 25 m og er primært plassert på østsiden av løśnieområdet. Figur 15 nedenfor viser tegning med faresone med løśnie- og utløpsområde. Faresonekartet er begrenset til å gjelde innenfor planområdet og er derfor avsluttet nær yttergrensene av planområdet i nord og sør.




Figur 19. Viser revidert faresone for planområdet. Skravur viser løsnedområdet som starter med Porsgrunnsveien, og markering med sirkler viser utløpsområdet øst for løsnedområdet. Digitaliserte grunnundersøkelser i området er også vist.

## Faregradsklassifisering

Faregrads klassifisering foregår ved vektlegging av forskjellige kriterier for bl.a. bebyggelse, terreng og grunnforhold. Faresonen for planområdet er vurdert til følgende:

- Konsekvensklasse: Meget alvorlig
- Faregrad: Lav
- Risikoklasse: 3

Dette samsvarer med tidligere vurderinger av faresonen. Nedenfor er poengsystemet for faregrads evalueringen vist.

Områdestabilitet - klassifisering av faresoner				Revisjon 06.12.16	Kommentarer
				Iht. rapport 20001008-2 "Program for økt sikkerhet mot landskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire" utarbeidet av HGI datert 8. oktober 2008 (rev. nr. 3)	
Sign. Eskr. Dato 06.02.2020 Oppdrag Skien, Raset Områderegulering Oppdrag nr. 114543				Planområdet ligger både i tidligere faresoner Gråsteinmoen og Gøberg. Disse var definert med faregrad lav og risikoklasse 3	

Evaluering av skadekonsekvens (ref. tabell 1)				
Faktorer	Vekttall, V	Konsekvens score (0 - 3), K	Produkt (V x K)	Kommentar
Boligheter, antall	4	3	12	Antar tett bebyggelse
Næringsbygg, personer	3	3	9	Antar konservativt større næringsbygg
Annens bebyggelse, verdi	1	0	0	
Vei, ADT	2	3	6	Forsgrunnsveien
Toglinje, baneprioritet	2	0	0	
Kraftnett	1	0	0	
Oppdemning/flom	2	0	0	Noe flom langs elvkanal men ikke ved plattå

Evaluering av faregrad (ref. tabell 2)				
Faktorer	Vekttall, V	Faregrad score (0 - 3), F	Produkt (V x F)	Kommentar
Tidligere skredaktivitet	1	2	2	Et stort historisk skred
Skråningshøyde, meter	2	1	2	Høydeforskjell opp til omkring 15 m
OCR	2	2	4	Området har trolig faglig litt høyere basert på CPTU
Poretrykk	3	0	0	Dyp GV. Antar hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	1	2	Tynt lag trolig 2 m
Sensitivitet	1	0	0	Lav meste under 20
Erosjon	3	1	3	Litt erosjon fra overvann i skråning
Inngrep	3	0	0	Ingen inngrep med påvirkning av stabiliteten

Sum poeng, skadekonsekvens:		27
Prosent av maks. poengsum, K_pct:		60,0 %
Konsekvensklasse:		<b>Meget alvorlig</b>

Sum poeng, faregrad:		13
Prosent av maks. poengsum, F_pct:		25,5 %
Faregradsklasse:		<b>Lav</b>

Sum poeng, risiko (K_pct x F_pct):		1529
Risikoklasse:		<b>3</b>

Definerte klasser	Poeng
Konsekvensklasse mindre alvorlig	0-6
Konsekvensklasse alvorlig	7-22
Konsekvensklasse meget alvorlig	23-45
Faregradsklasse lav	0-17
Faregradsklasse middels	18-25
Faregradsklasse høy	26-51
Risikoklasse 1	0-170
Risikoklasse 2	171-630
Risikoklasse 3	631-1900
Risikoklasse 4	1901-3200
Risikoklasse 5	3201-10000

Tabell 1 Evaluering av skadekonsekvens					
Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 - 50	< 10	Ingen
Annens bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ADT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng	45	30	15	0	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Tabell 2 Evaluering av faregrad					
Faktorer	Vekt tall	Faregrad score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 - 30	15 - 20	<15
Tidligere nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk	3	Overtrykk, kPa: > + 30 Undertrykk, kPa: > - 50	10 - 30 (-20 - 50)	0 - 10 (-0 - 20)	Hydrostatisk
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep:	3	forverring forbedring	Stor Stor	Noe Noe	Liten Liten
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Figur 20. Evalueringsskjema for klassifisering av faresoner

## 4.10 Stabilitetsberegninger og vurdering

Det skal utføres stabilitets beregninger for å dokumentere sikkerheten for områdestabiliteten. Det benyttes derfor et konservativt generelt snitt for platået og ned mot elvesletta. Dette er mer detaljert i beregningsnotat 114543tb1 og kun enkelte figurer som viser området er vist nedenfor.

### 4.10.1 Representativ geometri og lagdeling

Det er valgt en representativ geometri for skråningshøyde og helning som ligger på det generelt bratteste området (se figur 17) hvor det også er utført CPTU (316CP) og tatt opp prøve (316PR) og det er påvist sprøbruddmateriale. Over resten av området er tendensen til sammenhengende lag av sprøbruddmateriale mindre tydelig så det er derfor valgt å se på området vist i figur 17 som er vurdert som det mest kritiske området med mulighet for sammenhengende lag av sprøbruddmateriale.

Andre områder lengre sør eller nord for området vist i figur 17 har ikke like tydelig tendens til sammenhengende lag av sprøbruddmateriale.



Figur 21 Viser bratthetskart fra NVE med blått avmerket område for representativ skråning hvor det også foreligger grunnundersøkelser.

### Vurdering av representativ skråning

Med bakgrunn i digitale kart, bratthetskart og plangeometri er området i figur 17 idealisert til en representativ skråning. Oppmåling langs skråningen er vist i figur 18 nedenfor.





Figur 22. Viser plankart med målsatte avstander fra kote +14 og opp til kote +23 som er det bratteste partiet av skråningen.

Ut fra en konservativ betraktning av gjennomsnittshelningen på skråningen i figur 18 er det valgt følgende skråning helninger for et representativt snitt.

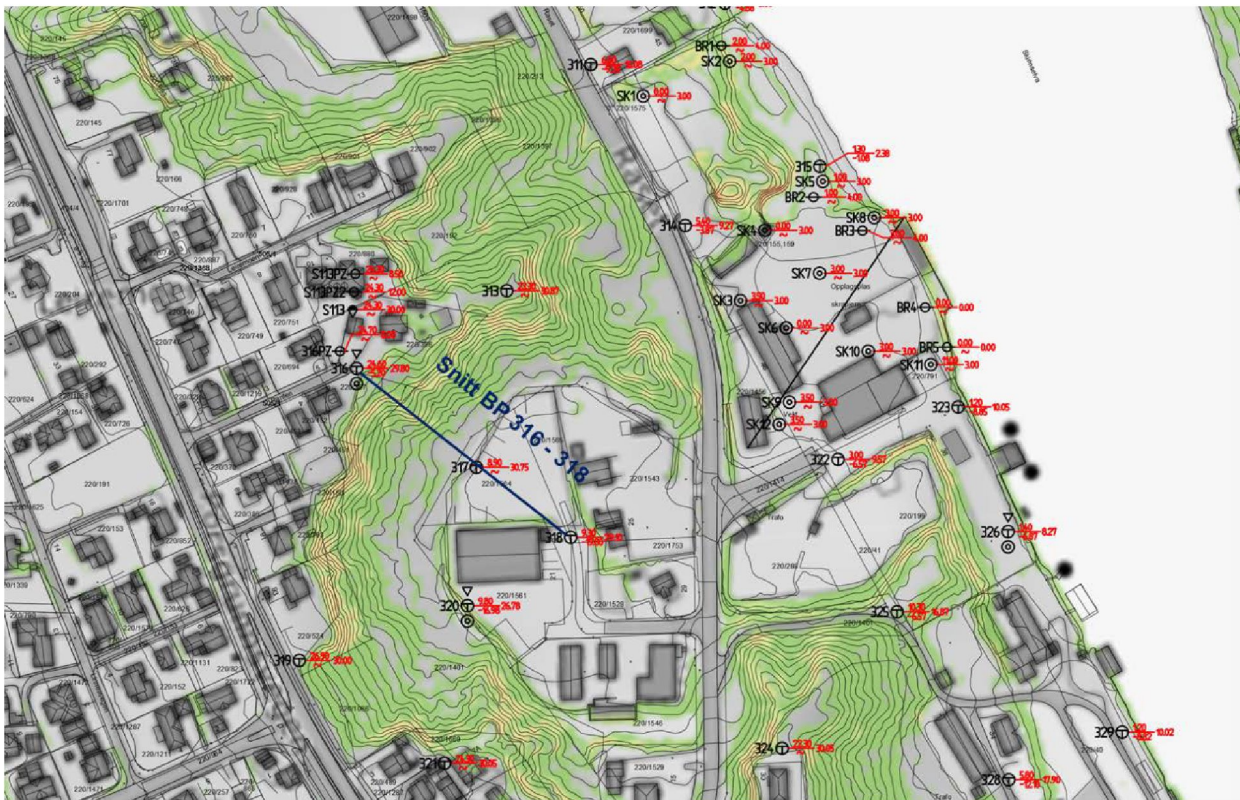
Følgende helning er valgt:

- 0 - 10 m dybde (øvre del av skråning) → 1:2,5
- 10 - 15 m dybde (nedre del av skråning) → 1:3

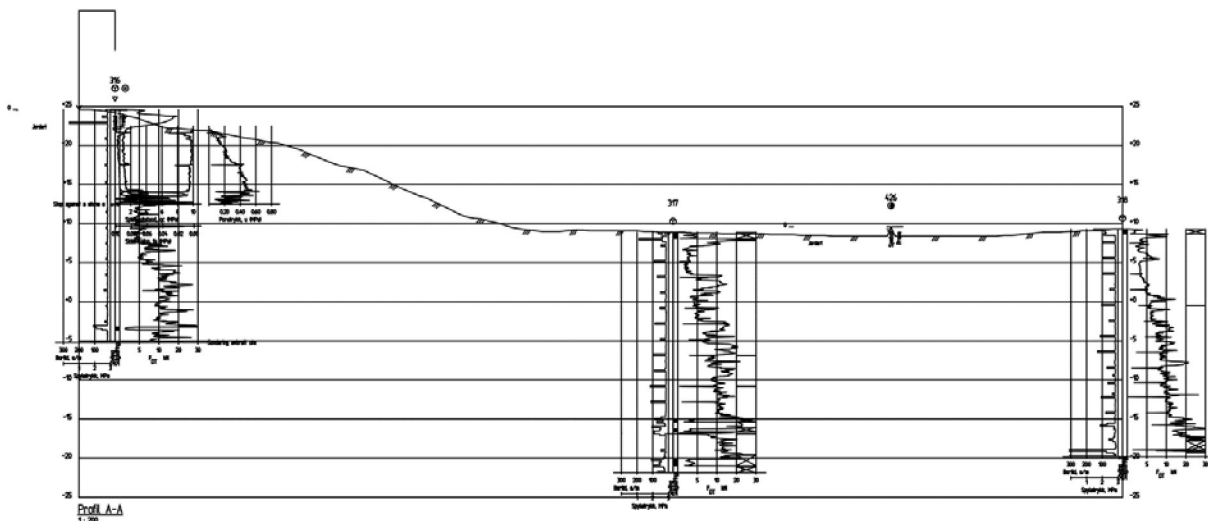
Nærmere beskrivelse er gitt i 114543tb1\_revA.

#### Vurdering av representativ lagdeling

Det er vurdert at den representative (konservative) lagdelingen for området ved platået er representert ved borpunkt 316. På neste side er snitt fra beregningsprofilen fra 114543tb1\_revA vist.

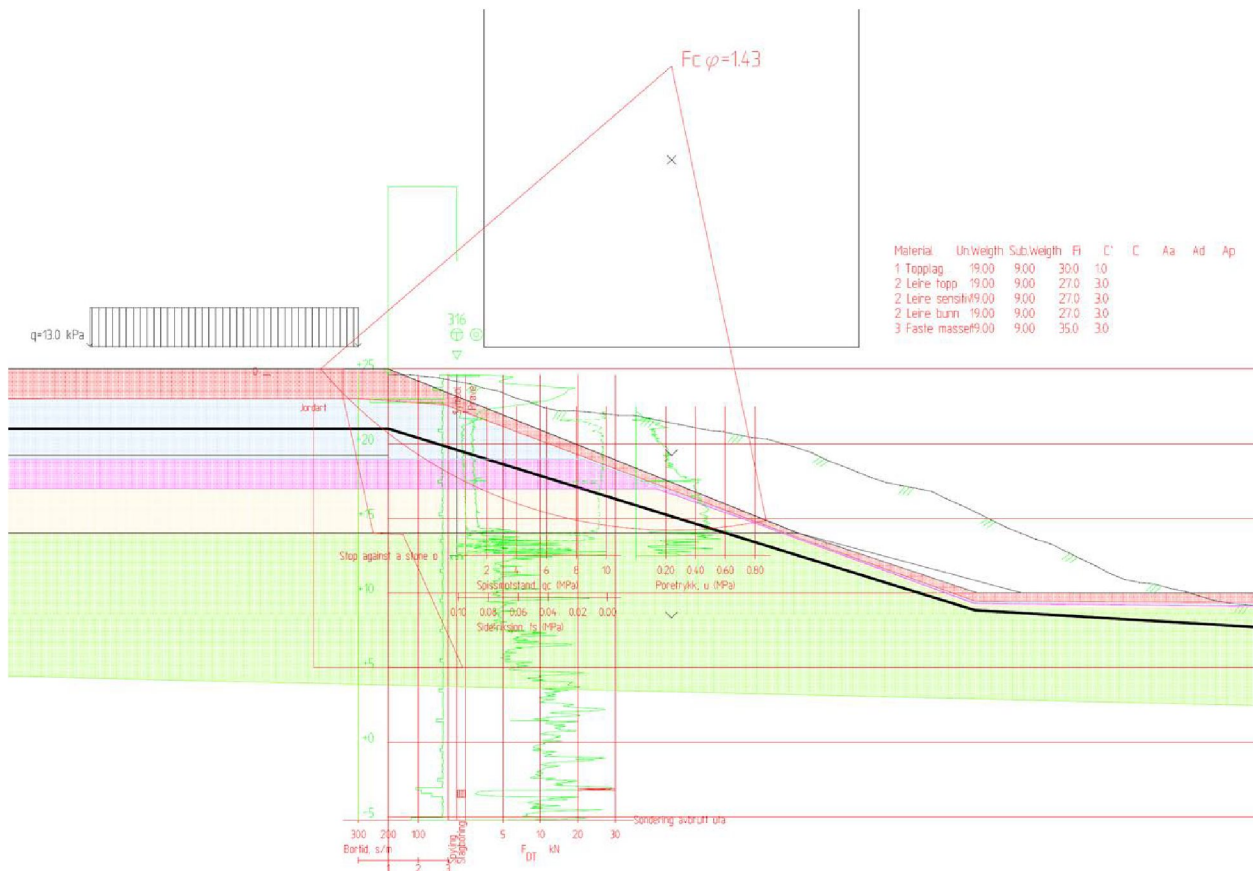


Figur 23. Viser snitt mellom BP 316 (topp) og 318 (bunn)

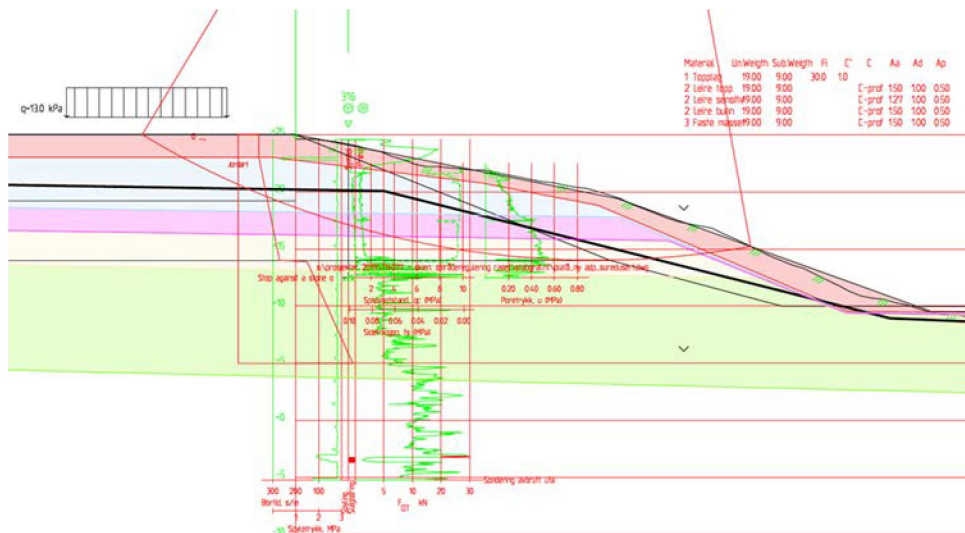


Figur 24. Tverrprofil viser BP 316 (topp, høyre side) ned mot 317 og 318 (bunn venstre side)

Tverrprofil fra figur 20 har en gjennomsnittlig helning fra topp (ca. kote +25) og ned til kote +15 på ca. 1:4.



Figur 25. Viser idealisert skråningssnitt med BP 316 – BP 317 og 318 topp skråning. Virkelig terreng geometri er vist som slakere linje over snittet. Fra ref. [28]. Både virkelig og idealisert snitt er beregnet



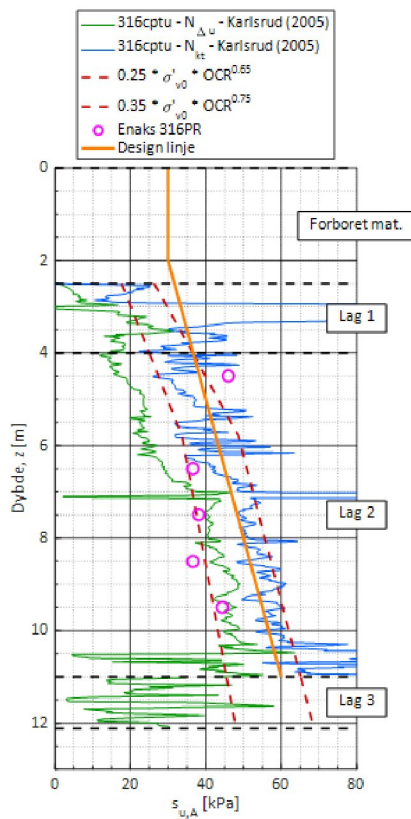
Figur 26. Viser udrenert stabilitetsberegning 4A, ref. [28] med lagdeling i snitt BP 316. Virkelig skråning mellom BP 316-317-318.

## 4.10.2 Parametere

Der hvor det ikke foreligger direkte måling av styrke- og deformasjonsverdier er materialeegenskapene basert på erfaringsverdier, indeksverdier, og teoretiske verdier. De valgte geotekniske parameterne er relatert til den spesifikke problemstillingen som skal løses, og kan ikke uten videre overføres til andre typer geotekniske problemstillingen.

Styrke parametere er basert på CPTU tolking av 316CP. Detaljer er vist i vedlegget til 114543tb1\_revA.

Ved 316CP er porerykksresponsen noe svak og det er derfor valgt å legge tolkingen tettere opp mot spissmotstand. Justert enaksial skjærstyrke ved ca. 4,5 m dybde ligger noe høyere enn CPTU, og ved dypere intervaller ligger enaksial noe lavere pga. bl.a. svelling av prøven. Vi har derfor i øvre delen lagt design profilet mellom øvre enaksial og spissmotstand. Spissmotstand og OCR gir best samsvar med normaliserte verdier ( $S_u/p_0'$ ) sammenliknet med poretrykksrespons og normaliserte verdier. Det regnet med et litt forsiktig antatt forkonsolideringstrykk (POP) lik 50 kPa med en grunnvannstand som er målt til 5,8 m under terreng i punkt 316PZ.



Figur 27. Viser CPTU med prøver og design profil fra punkt 316

### 4.10.3 Stabilitetsanalyse og resultater

Generelt deles det inn i totalspenningsanalyse ( $S_u$ ) og effektivspenningsanalyse ( $c-\phi$ ) basert på jordartens oppførsel. For masser med lav permeabilitet vil en lastendring i de fleste tilfeller føre til poretrykk, eller sug i massene. Dette er typisk for leire, og dette regnes som udrenert materiale.

I beregningsnotatet notat 114543tb1\_revA, ref. [28] blir Geosuite Stability som er et kraft/momentlikevektprogram, benyttet for å finne kritisk glideflate og sikkerhetsfaktor. Det benyttes drenerte og udrenerte styrke verdier for materialmodellene. Det er utført kontrollberegning med Janbus direkte metode.

#### Resultater

Resultatene fra stabilitetsberegningene (Stability ADP) viser at udrenert  $S_u$ - og drenert ( $c-\phi$ ) analyse dag har sikkerhet som tilfredsstillende kravet iht. NVE SF > 1,4. Alle resultater er vist i notat 114543tb1\_revA ref. [28].

### 4.11 Krav til kvalitetssikring

Da tomten er en del av en faresone er det iht. tabell 5.2 ref. [2] krav om at våre vurderinger kvalitetssikres av et uavhengig foretak.

## 5 Lokalstabilitet ved Raset 21

### 5.1 Bakgrunn

Her er det planer om inngrep i bunnen av skråningen på eiendommen Raset 21 for å utvide arealene på eiendommen noe. Konkret geometri for inngrepet foreligger ikke, men det er i nordre og sørvestre del av eiendommen. Dette forholdet er derfor bare nevnt på generelt nivå.

### 5.2 Stabilitetsforhold

Generelt er stabiliteten i en eksisterende skråning avhengig av geometrisk forhold (høyde og helning), løsmasser (skjærfasthet), og vannforhold (grunnvannstand, overvann, bekker og avrenning).

Nedenfor er det vist en valgt profil A-A som strekker seg mellom borpunkt 316 ned mot 317 og ut til punkt 318. Høyder er hentet fra høydedata.no online.

Det er utført et overslag med Janbus direkte metode for å fastsette sikkerheten mot stabilitetsbrudd i skråningen som den ligger i dag i profil A-A (se figur 20). Dette er vist i beregning 1A fra tabell i notat 114543tb1, ref. [28].

Avhengig av tiltakets plassering vil det være behov for vurdering av stabilitet, vannforhold og løsnings når den generelle skråningshelningen skjerpes og tiltaket blir liggende i en utløpssone. Eventuelle sikringstiltak må prosjekteres. Skien kommune vil i reguleringsplan sette opp bestemmelser som gjelder for faresonen.

Alle utbygginger/tiltak som påvirker stabiliteten innenfor faresonen må detaljprosjekteres, og områdestabilitet må vurderes i samsvar med regelverket gitt i NVE veiledere 7/2014.

## 6 Konklusjon

Formålet med dette notatet er å justere dagens faresone med resultater fra nye grunnundersøkelser utført i 2019 i forbindelse med reguleringsplan. Ny faresone er på bakgrunn av resultater fra nye grunnundersøkelser og vurderinger justert ved at yttergrensen mot vest er trukket inn mot Rv. 36. Mektigheten og utbredelsen av sprøbruddmateriale reduserer mulighetene for at et skred i skråningene langs Skiensvassdraget kan forplante seg vestover og forbi Rv. 36 slik som eldre faresone viser. Ut fra en helhetsvurdering med supplerende grunnundersøkelser er ny faresone innenfor planområdet tegnet inn og vist på tegning nr. 114543-1.

Stabiliteten for dagens situasjon er tilfredsstillende, men skråningen nedenfor plataået er følsom for høy grunnvannstand i perioder med sterk langvarig nedbør. Høsten 2000 med langvarig og sterk nedbør viste at flere overflateras i skråningene oppstod.

For fremtidig utbygging/reguleringsplan innenfor den nye faresonen må det gjøres tiltak for å sikre stabiliteten. Omfanget av sikrings tiltakene vil være avhengig av bl.a. plassering og sikker håndtering av overflatevann og grunnvann.

Faresone må inn i reguleringsplan, og det må defineres bestemmelser som sikrer at utbygging i faresonen ivaretar stabiliteten ved fremtidig utbygging og tiltak. Listen nedenfor, knyttet til plataået og skråningen nedenfor, er eksempler på hva som kan knyttes til bestemmelsene.

Vi anbefaler tiltak knyttet til plataået og skråningene nedenfor. Disse er:

- Overvann fra terreng takvann, vegarealer og eiendommer må føres på en trygg måte ned fra skråning slik at erosjon og overflateras unngås.
- Private rør og stikkledninger, samt vannførende lag bør sikres slik at dette vannet føres trygt ned skråning. Dette bør gjelde eksisterende og planlagte avløp.
- Oppfylling på topp skråning må unngås. Gjennomgang av lokale avfallsfyllinger og fjerning av disse bør vurderes gjennom pålegg. I tillegg bør det generelt legges et forbud mot utfylling på topp skråninger.
- Der det er behov for mer omfattende tiltak bør drenerende grøfter (skråningsdren) og eventuelt andre drenerende tiltak benyttes. Vannet bør føres trygt ned skråningen og bort fra foten og videre til erosjonssikkert utløp.
- Graving av mindre grøfter i, eller ved foten av skråningen, krever ekstra aktsomhet pga. stabilitetsforhold. Generelt bør en slik grøftegraving begrense til 1 m dybde under terreng og graves seksjonsvis med maksimalt 8 m lengder før igjenfylling. Større utgravinger i plan og profil må i hvert tilfelle vurderes av geoteknikker i forhold til stabilitet og erosjon.

Alle tiltak som påvirker stabiliteten innenfor faresonen må detaljprosjekteres og følge reglene til sikkerhetskrav gitt i NVE veiledere 7/2014.


Langs elvekant kan det forekomme lommer av sensitiv siltig leire som både kan være ustabil og gi setninger. Dette er forhold som må avklares ved prosjektering. I tillegg bør nødvendig erosjonssikring vurderes nærmere av vassdragsteknisk sakkyndig. Omfanget og utbredelsen av eventuelle lommer med sensitivt materiale er ikke kartlagt i detalj, ei heller lokal erosjon. Det er derfor en del usikkerhet forbundet med dette som krever at prosjektering langs elvekanten utføres med kartlegging av løsmasser, og vurdering av erosjons- og stabilitetsforhold før utbygging i denne sonen.

## Kontrollside

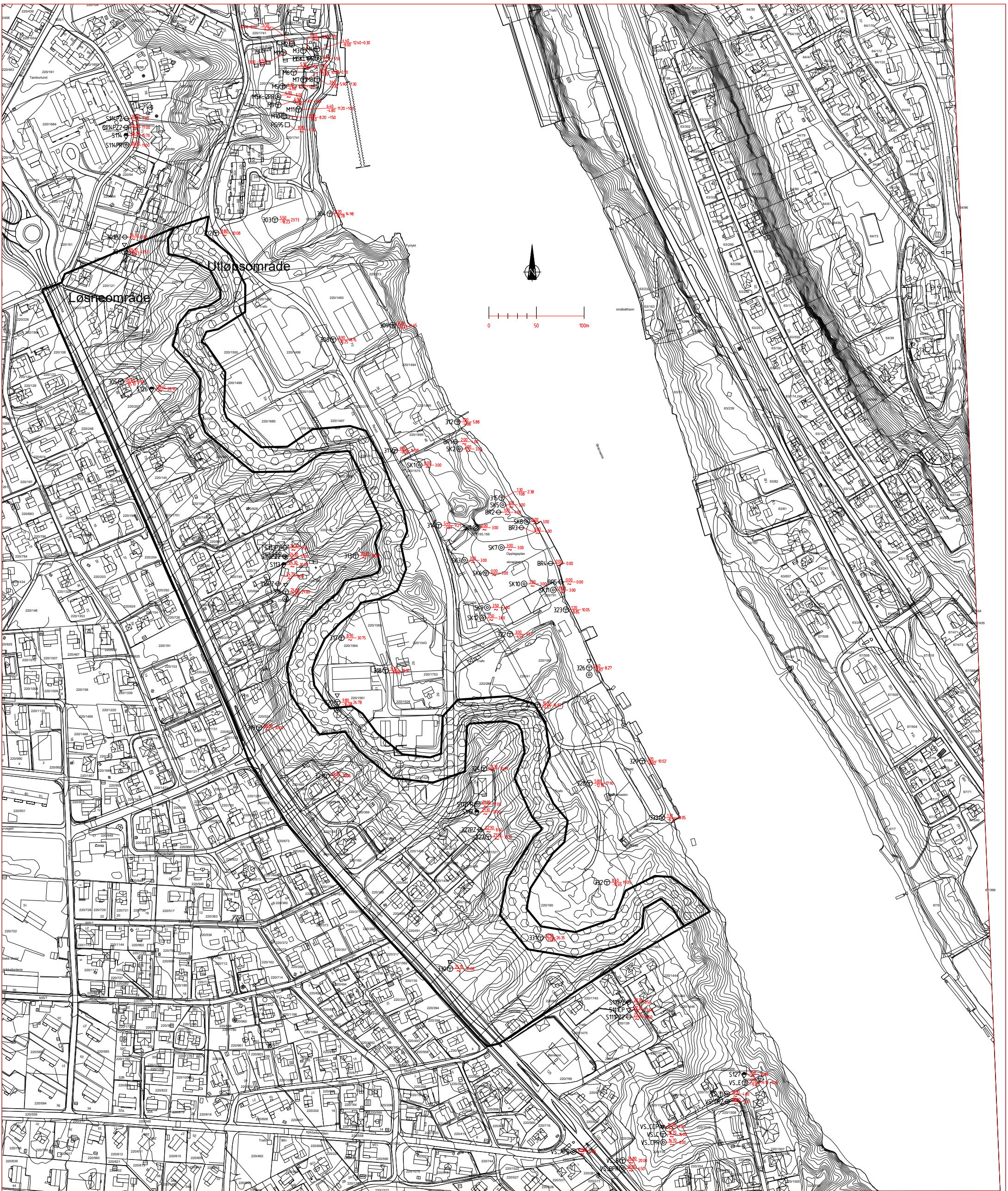
Dokument	
Dokumenttittel: 617911-02-01 Skien. Raset områderegulering, Skien. Raset faresoneutredning	Dokument nr: 114543n1 rev. B
Oppdragsgiver: Asplan Viak AS	Dato: 07.09.2020
Emne/Tema: Områdestabilitet	

Sted		
Land og fylke: Norge, Telemark	Kommune: Skien	
Sted: Raset		
UTM sone: 32	Nord: 6560548	Øst: 535612

Kvalitetssikring/dokumentkontroll					
Rev	Kontroll	Egenkontroll av		Sidemannskontrav	
		dato	sign	dato	sign
B	Oppsett av dokument/maler	07.09.20	eskr	07.09.20	Rula
B	Korrekt oppdragsnavn og emne	07.09.20	eskr	07.09.20	Rula
B	Korrekt oppdragsinformasjon	07.09.20	eskr	07.09.20	Rula
B	Distribusjon av dokument	07.09.20	eskr	07.09.20	Rula
B	Laget av, kontrollert av og dato	07.09.20	eskr	07.09.20	Rula
B	Faglig innhold	07.09.20	eskr	07.09.20	Rula

Godkjenning for utsendelse	
Dato: 07.09.20	Sign.: 





**TEGNFORKLARING :**

- Dreiesondring
- Enkel sondering
- ▽ CPT sondering
- ⊖ Poretrykksmåling
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⦿ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondering
- ^^ Fjell i dagen
- Prøvegrop
- + Vingeoring
- ⊙ Prøveserie
- Naverboring

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt bergkote}}$  Boret dybde + (boret i berg)

Kartgrunnlag: SVV  
 Koordinatsystem og høydesystem: UTM 32 og NN2000

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
	<b>Asplan Viak AS</b>	06.06.20	Eskr	Rula
	<b>Skien. Raset områderegulering</b>	Målestokk ikke skala	Originalformat A3	
	<b>Faresoner</b>	Status Oversikt		
	<b>GRUNNTEKNIKK AS</b>	Tegningsnummer	Rev.	
	<a href="http://www.grunnteknikk.no">www.grunnteknikk.no</a> Tlf.: 45904500	<b>114543-1</b>		

Prosjekt: Skien. Raset Områderegulering  
Oppdrag: 114543 Skien. Raset faresoneutredning  
Beregning: Stabilitet for dokument 114543n1\_revB

Dato: 07.09.2020  
Dokumentnr: 114543tb1\_revA  
Utarbeidet av: Erik Skredsvig  
Kontrollert av: Olav Frydenberg

---

### **114543 Skien. Raset faresoneutredning Stabilitet for dokument 114543n1\_revB**

#### **Sammendrag:**

De tidligere næringseiendommene innenfor planområdet Raset skal omreguleres til boligformål. Raset er lokalisert på vestsiden langs Skienselva i Skien kommune. Asplan Viak v/Sissel Nybro har i den forbindelse engasjert GrunnTeknikk AS for å bistå med vurderinger og grunnundersøkelser for reguleringsplan for geoteknikk og miljø.

Det er blitt utført kvalitetskontroll av tidligere faresoneutredningsnotat 114543n1\_revA i juli 2020. Dette beregningsheftet (114543tb1\_revA) er en samlet oversikt over stabilitetsberegningene og et grunnlag for faresoneutredningsnotat 114543n1\_revB.

Denne revisjonen (rev. A) av dette beregningshefte inneholder Stability beregninger for virkelig skråningsgeometri.

Detaljerte beregningsforutsetninger og resultater fremgår i beregningsheftet.

---

## INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	4
2	Terreng og grunnforhold.....	4
3	Prosjekteringsforutsetninger.....	4
3.1	Sikkerhetsnivå.....	4
3.2	Laster.....	4
4	Geoteknisk modell.....	5
4.1	Innledning.....	5
4.2	Geometri.....	5
4.3	Lagdeling.....	9
4.4	Hydrologi og poretrykk.....	10
4.5	Materialparametere.....	10
4.6	Tolkede styrkeparametere.....	10
5	Stabilitet.....	14
5.1	Innledning.....	14
5.2	Analysemetode.....	14
5.3	Resultater.....	16
6	Konklusjon.....	20
	Kontrollside.....	21

## VEDLEGG

- |   |                                                |
|---|------------------------------------------------|
| 1 | Stability beregninger                          |
| 2 | Stabilitetsberegninger, direkte metoden, Janbu |
| 3 | CPTU punkt 316CP                               |

## REFERANSER

- [1] Håndbok N200 «Vegbygging». Statens vegvesen (2018).
- [2] Håndbok V220 «Geoteknikk i vegbygging». Statens vegvesen (2018).
- [3] NVE's retningslinjer nr. 2 «Flaum- og skredfare i arealplaner» (2011).
- [4] NVE's veileder nr. 7 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» (2014).
- [5] NIFS/NVE rapport 14-2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder» (2016).
- [6] Janbu, N. «Stability analysis of Slopes with Dimensionless Parameters». Thesis for the Doctor of Science in the Field of Civil Engineering, Harvard University Soil Mechanics Series, No. 46. (1954a).
- [7] C.C. Ladd og T.W. Tambe «New design procedure for stability of soft clays», Journal for the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 100(7): 763 -786, (1963).
- [8] D V Griffiths: Slope stability analysis by finite elements, Geotechnique 49, No 3 (1999).
- [9] Han Lin, Ping Cao: Influence of material dilation angle on stability of homogeneous slope with surcharge load, EJGE vol. 17 (2012).
- [10] Kjell Karlsrud «Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high quality block samples» (2014).
- [11] Kjell Kalsrud et. al. «CPTU Correlations for clays» (2005).
- [12] Geoteknisk notat 114543n1\_revA «Skien. Raset faresoneutredning», GrunnTeknikk AS (2020).
- [13] Datarapport 114077r1 «Områderegulering Raset. Grunnundersøkelser», GrunnTeknikk AS (2020).
- [14] Kvalitetssikring 10218330-01-RIG-NOT-001 «3. parsskontroll av kvikklereutredning i Raset. Skien», Multiconsult AS (2020).

## 1 Innledning

De tidligere næringseiendommene innenfor planområdet Raset skal omreguleres til boligformål. Raset er lokalisert på vestsiden langs Skienselva i Skien kommune. Asplan Viak v/Sissel Nybro har i den forbindelse engasjert GrunnTeknikk AS for å bistå med vurderinger og grunnundersøkelser for reguleringsplan for geoteknikk og miljø.

Det er blitt utført kvalitetskontroll (notat 10218330-01-RIG-NOT-001 rev 01) av tidligere faresoneutredningsnotat 114543n1\_revA. Dette har ført til revisjon av beregningshefte.

Dokument historikken for dette beregningsheftet med kontroll er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 1. Dokument historikk

Revisjon	Dokument (GrunnTeknikk AS)	Kontroll notat (Multiconsult AS)	Kommentar
Rev. 0	114543tb1	10218330-01-RIG-NOT-001 rev 01	
Rev. A	114543tb1_revA		Gjeldende dokument, kommentarer fra rev 01 implementert. Beregning av virkelig skrånings geometri (4A og 4B)

Dette beregningsnotatet er en samlet oversikt over stabilitetsberegningene.

## 2 Terreng og grunnforhold

Beskrevet i rapport 114077r1 og notat 114543n1\_revA.

## 3 Prosjekteringsforutsetninger

Utredning av områdestabilitet er underlagt NVEs regelverk. NVE veileder nr. 7 (2014).

### 3.1 Sikkerhetsnivå

I henhold til veileder NVE veileder nr. 7 (2014) tabell 5.2 tiltakskategori K4 med faregrad lav skal følgende brukes:

- Sikkerhetsfaktor skal  $\gamma_M \geq 1,4$  for både effektivspennings- og totalspenningsanalyser
- Eller om  $\gamma_M < 1,4$  skal det benyttes forbedring etter figur 5.1.

### 3.2 Laster

Variable laster er typisk fra trafikklast, nyttelast (kontor, bolig, lager), midlertidig faser (anleggsutstyr, anleggstrafikk, sprengning, vibrasjon), og naturlast (snø, vind, bølge, vanntrykk, is, og temperatur).

### Variable laster i stabilitetsberegninger

Om ikke andre tungtveiende forhold tilsier annet benyttes trafikklaster iht. SVV. Håndbok N200, kapittel 205.6 for stabilitetsberegninger.

For trafikklaster ved stabilitetsberegninger benyttes en jevnt fordelt belastning på 15 kPa (karakteristisk vertikal last) over hele vegens planeringsbredde hvis ugunstig, vegskulder inkludert. For gang- og sykkelveger og mindre internveier benyttes 10 kPa. Se Håndbok N200 kapittel 205.6.

Det benyttes partialfaktor,  $\gamma_f = 1,3$ , som samsvarer med tabell NA.A1.2(C) i EC0.

I dette beregningsnotatet er dimensjonerende last 13 kPa for mindre veger.

## 4 Geoteknisk modell

### 4.1 Innledning

Den geotekniske modellen av grunn er basert på grunnlag av kart, rapporter, grunnundersøkelser, observasjoner, og tolking. Modellen innebefatter bl.a. geometri av dagens terreng med lagdeling i grunn og ny planlagt terrengoverflate, samt utgraving/oppfyllingsfaser i anleggsperioden. Alt dette er geometri i forholdsvis stor skala og kan strekke seg fra under en meter til over 100 meter både i plan og profil.

Materialparametere er basert på tolking i forholdsvis liten skala, fra prøver, eller sonderinger som representerer begrensede dybder i løsmassene, eller registreringer langs en akse. Dette er ofte forhold som gjør seg gjeldende fra et par cm opp til 1 m.

Den geotekniske modellen er derfor ofte en samlet representasjon av laster, randbetingelser, poretrykk, samt geometrisk- og materialeegenskaper over tid.

#### Grunnlag

Grunnundersøkelser fra rapport 114077r1 og notat 114543n1\_revA er grunnlaget for vurdering av de geotekniske parameterne.

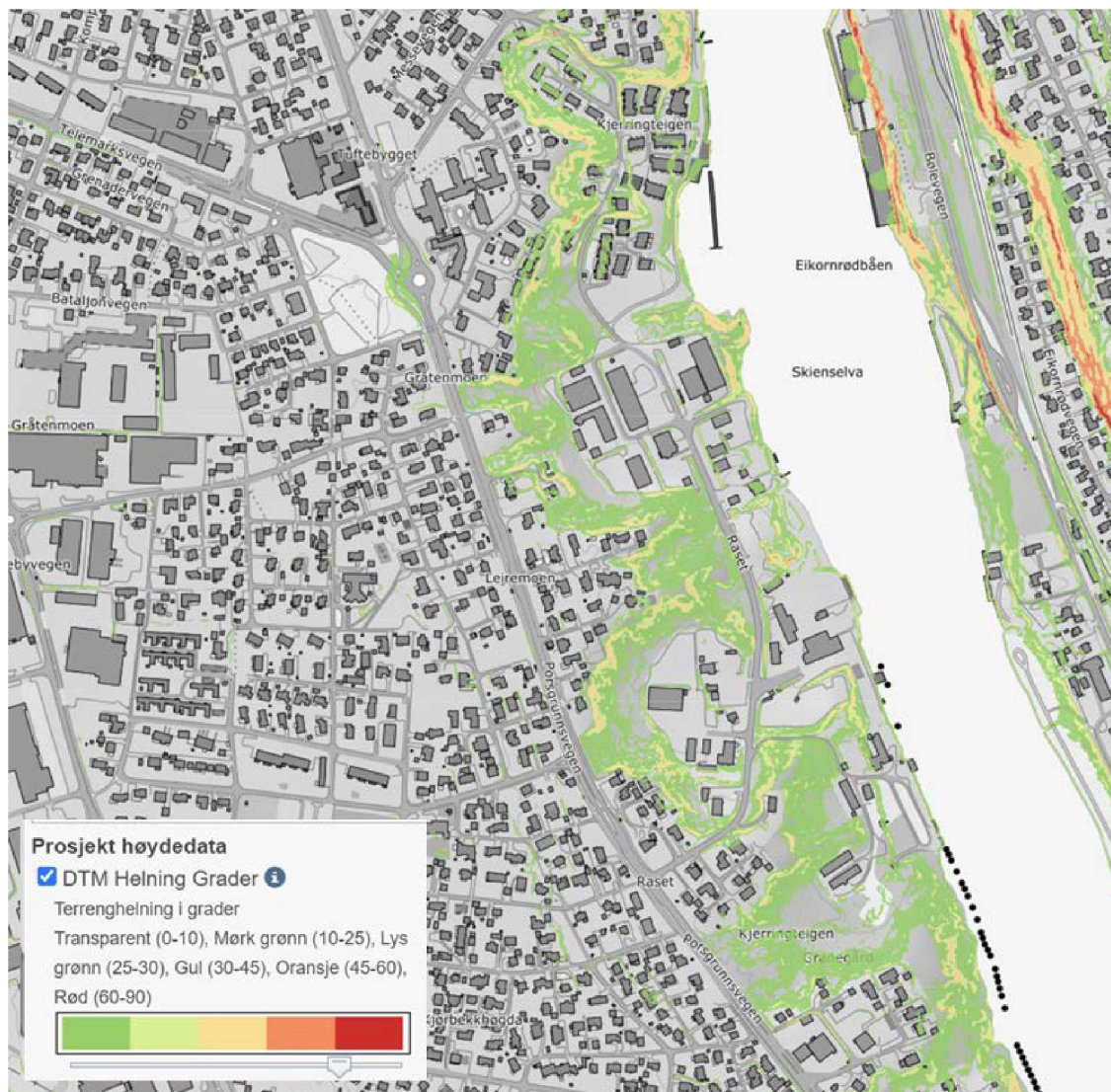
### 4.2 Geometri

Det er valgt en representativ geometri for skråningshøyde og helning som ligger på det generelt bratteste partiet hvor det også er utført CPTU (316CP) og tatt opp prøve (316PR) og det er påvist sprøbruddmateriale. Det er vist i figur 1 med blått avmerket område. Over resten av området er tendensen til sammenhengende lag av sprøbruddmateriale mindre tydelig (se tabell 1, notat 114543n1\_revA)

Kart som høydedata.no og digitalt grunnlagskart er vurdert med hensyn på skrånings geometri for platået både nord og sør.

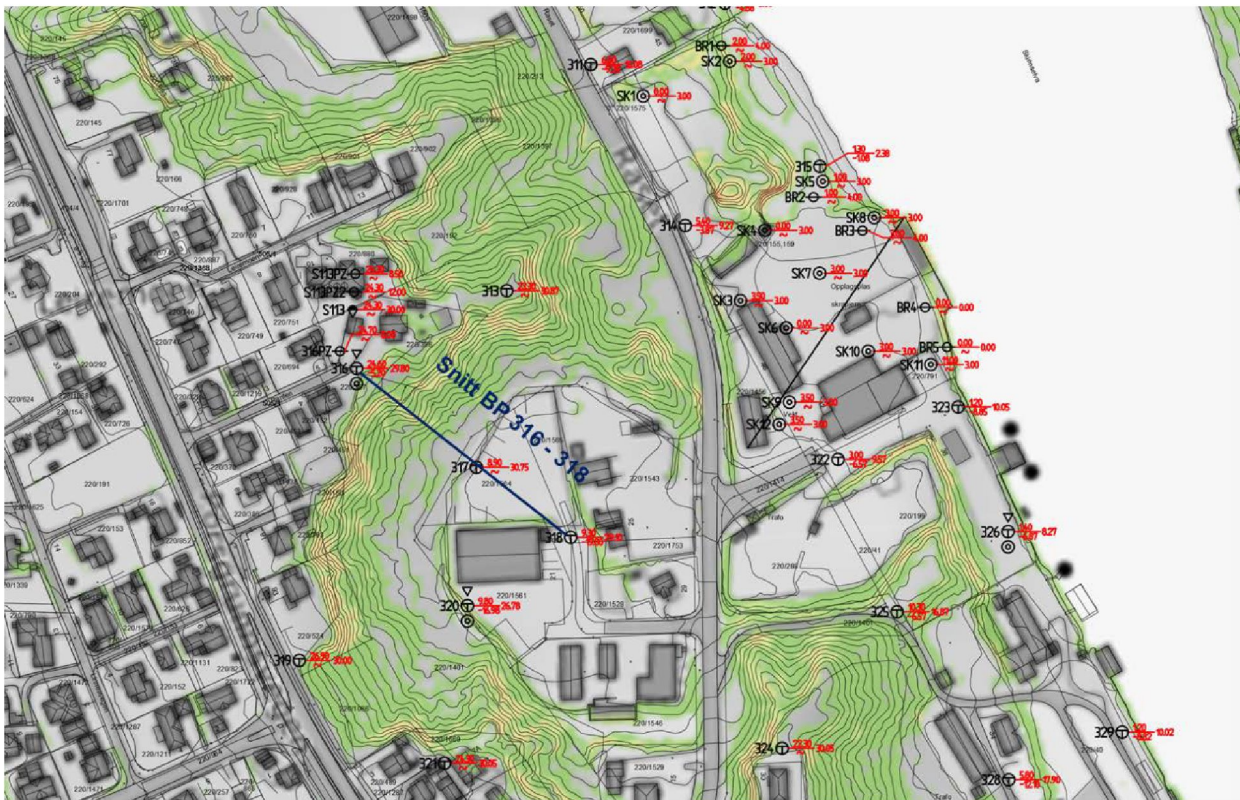


Figur 1 Viser bratthetskart fra NVE med blått avmerket område

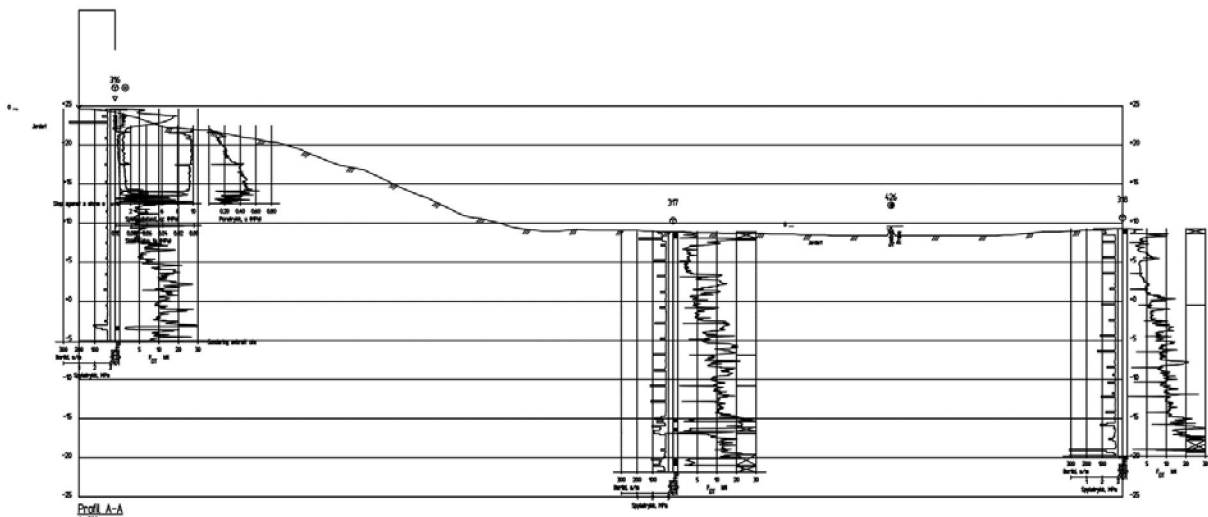


Figur 2. Helningskart fra høydedata.no





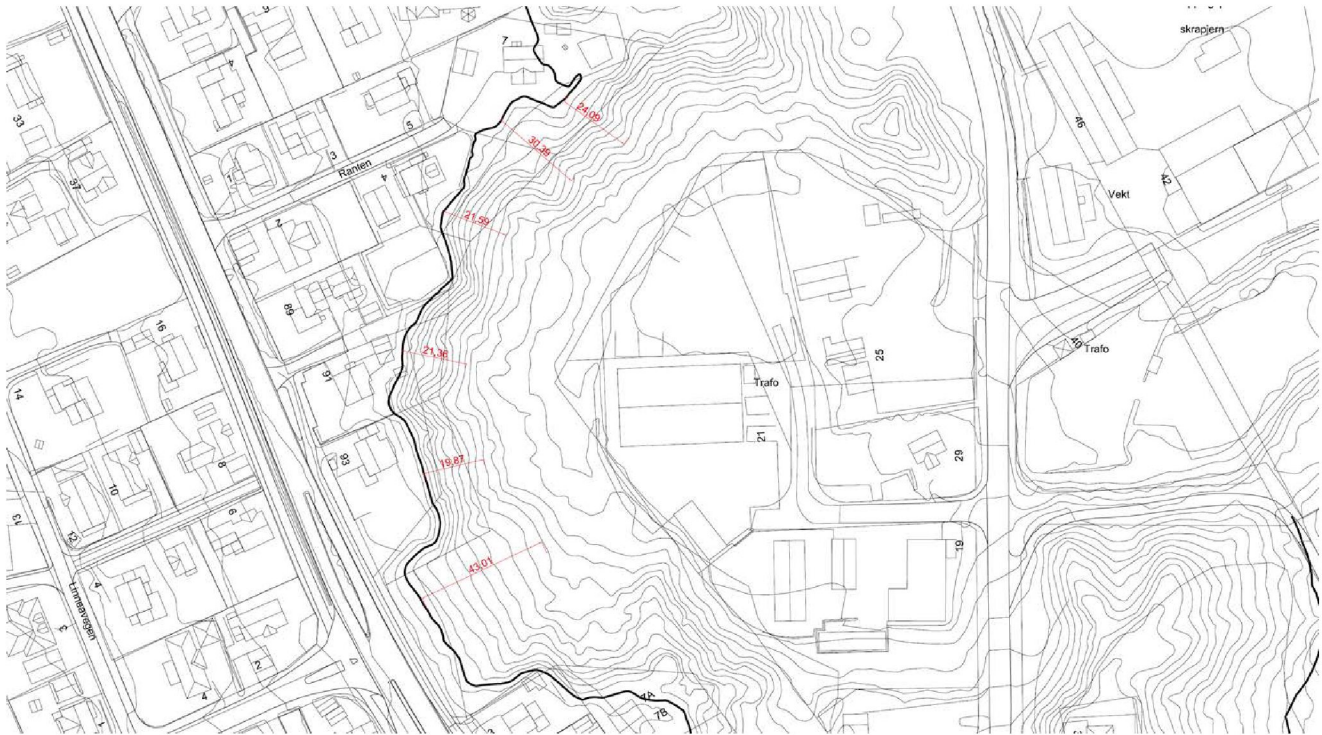
Figur 3. Viser snitt mellom BP 316 (topp) og 318 (bunn)



Figur 4. Tverrprofil viser BP 316 (topp, høyre side) ned mot 317 og 318 (bunn venstre side)

Tverrprofil fra figur 4 har en gjennomsnittlig helning fra topp (ca. kote +25) og ned til kote +15 på ca. 1:4.

Området avmerket i figur 1 som viser bratthetskartet er grunnlaget for en representativ skråningshelning. Fra høydedata.no er helningen fra rundt kote +14 og opp til toppen av skråningen undersøkt. Under kote 14 er massene faste og derfor stabile



Figur 5. Viser plankart med målsatte avstander fra kote +14 og opp til kote +23

Snitthelningen er funnet ved å regne ut snittet av horisontalmålet og dele på høyden. Målene er vist i figur 5 over.

Snitt lengde (utenom søndre mål) =  $(19,9+21,4+21,6+30,4+24,1)/5 = 117/5 = 23,5$  m

Snitt helning mellom kote +14 og +23:  $9/23,5 = 0,38 \rightarrow$  **snitt helning er 1:2,6**

En typisk skråning nedenfor plataet og ned mot elvesletta er omkring 1:2,5 for de øvre 10 m og 1:3 eller slakere for de nedre 5 m av skråningen. Gjennomsnittlig skråningshelning for 15 m høy skråning er ca. 1:3. Lokalt kan de forekomme bratte kanter med helning 1:2, men dette påvirker ikke beregningen av skråningsstabiliteten da lokale bratte områder er begrenset i utstrekning og trolig har lav grunnvannstand.

Følgende helning er valgt for det idealiserte snittet:

0 - 10 m dybde (øvre del av skråning)  $\rightarrow$  1:2,5

10 - 15 m dybde (nedre del av skråning)  $\rightarrow$  1:3

Det er også utført kontrollberegning for virkelig terrenggeometri vist i figur 4.

### 4.3 Lagdeling

Sonderinger og prøver viser en lagdeling over fjell som beskrevet nedenfor. Det er delt inn i 3 stk. hovedlag over bergoverflaten basert på 316CP og 316PR fra plataet. Nedenfor er lag 1 til 3 listet opp.

- Lag 1 Topplag (0 - 2 m)
- Lag 2 Leirlag (2 - 10 m)
- Lag 3 Sand/siltlag (10 - 25 m)

Hvert lag vil ha varierende mektighet og utbredelse i plan. En generell tendens for problemstillingen med stabilitet er at lag 2 er styrende for de fleste brudd og det er derfor viktig å modellere dette laget.

Lag 1, topplag av sandig siltig materiale

Lag 2, er et leirlag med sprøbrudd tendenser mellom 6 – 8 m dybde

Lag 3 er et lag av faste masser trolig grusig sand/silt.

Lagdelingen kommer til syne i tverrsnitt vist i figur 4. som visert CPTU, 316CP med stopp i lag 3.

## 4.4 Hydrologi og poretrykk

Det er montert flere poretrykksmåler 301PZ, 316PZ, og 327PZ på omkring 8 m dybde disse viser hhv. et GV-nivå på 3,8 m, 5,8 m, 4,1 m under terreng ved avlesing den 17.10.2019.

Ut mot østsiden av platået hvor det står igjen mindre rygger er trolig GV-nivået enda lavere da vannet her dreneres ut til flere sider.

Det er valgt et GV-nivå i generell beregningsprofil som ligger mellom 4 og 6 m under terreng.

## 4.5 Materialparametere

### 4.5.1 Generelt

Materialparameterne er i hovedsak hentet og tolket fra resultatene av grunnundersøkelsene rapport 114077r1 og notat 114543n1\_revA. Det er i tillegg benyttet erfaringsverdier hentet fra Statens vegvesens Håndbok V220.

## 4.6 Tolkede styrkeparametere

### 4.6.1 SHANSEP prinsippet

Udrenert skjærfasthet er nært relatert til in situ effektivspenninger og leiras overkonsolideringsgrad OCR. Udrenert skjærfasthet øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av OCR. Udrenert skjærfasthet avhengig av OCR kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet:

For å evaluere aktiv udrenert  $S_{uA}$  bestemt fra de ulike forsøkene, er det anvendt følgende teoretiske uttrykk fra ref. [7],

$$\frac{S_{uA}}{\sigma'_{v0}} = S * OCR^m$$

Hvor S er normalisert  $s_u$  av helt ung leire (OCR = 1), OCR er overkonsolideringsgrad,  $\sigma'_{v0}$  er effektivt overlagringsstrykk og  $m$  er en eksponent som typisk varierer mellom 0,6 og 0,9 for norske leirer.

Iht. ref. [10] anvendes følgende linjer for antatt laveste og høyeste skjærstyrker for norske leirer (aktiv  $s_u$ ):

- Antatt laveste styrker:  $S = 0,25$  og  $m = 0,65$
- Antatt høyeste styrker:  $S = 0,35$  og  $m = 0,75$

Disse nedre og øvre linjene er plottet sammen med karakteriske styrke profiler for udrenert skjærstyrke, presentert i de etterfølgende avsnitt.

## 4.6.2 Udrenert skjærstyrke fra CPTU

For tolkning av udrenert skjærstyrke er resultatene fra aktive treaksialforsøk utført på opptatte blokkprøver av høy kvalitet anvendt til bestemmelse av følgende tolkningsfaktorer for CPTU sonderingene:

*Metode basert på poreovertrykk,  $\Delta u$*

Udrenert skjærstyrke bestemmes ut fra følgende generelle formel,

$$s_{uA} = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}} \quad (1)$$

Hvor  $u_2$  er registrert poreovertrykk bak sonden,  $u_0$  er hydrostatisk poretrykk og  $N_{\Delta u}$  er en tolkningsfaktor for poretrykk.

*Metode basert på spissmotstand,  $q_t$*

Udrenert skjærstyrke bestemmes ut fra følgende generelle formel,

$$s_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} \quad (2)$$

Hvor  $q_t$  er korrigert spissmotstand,  $\sigma_{v0}$  er in situ overlagingstrykk i grunnen og  $N_{kt}$  er en tolkningsfaktor for spissmotstand.

## 4.6.3 Forkonsolideringstrykk fra CPTU

Tolkning av forkonsolideringstrykk (POP) fra CPTU er utført iht. korrelasjoner presentert i ref. [11], som er basert på ødometerforsøk utført på blokkprøver av høy kvalitet. Det er anvendt formel basert på normalisert spissmotstand og poreovertrykk fra CPTU sonderingene. Det er valgt å tolke forkonsolideringstrykket med enkel betraktning som tilsvarer et gitt forkonsolideringstrykk som er konstant i dybden. Der det er forskjell mellom tolking fra spissmotstand og poreovertrykk er det valgt å legge til grunn det mest sannsynlige forkonsolideringstrykket.

Fra CPTU forsøkene er POP i punkt 316CP i leirlaget anslått til 50 kPa.

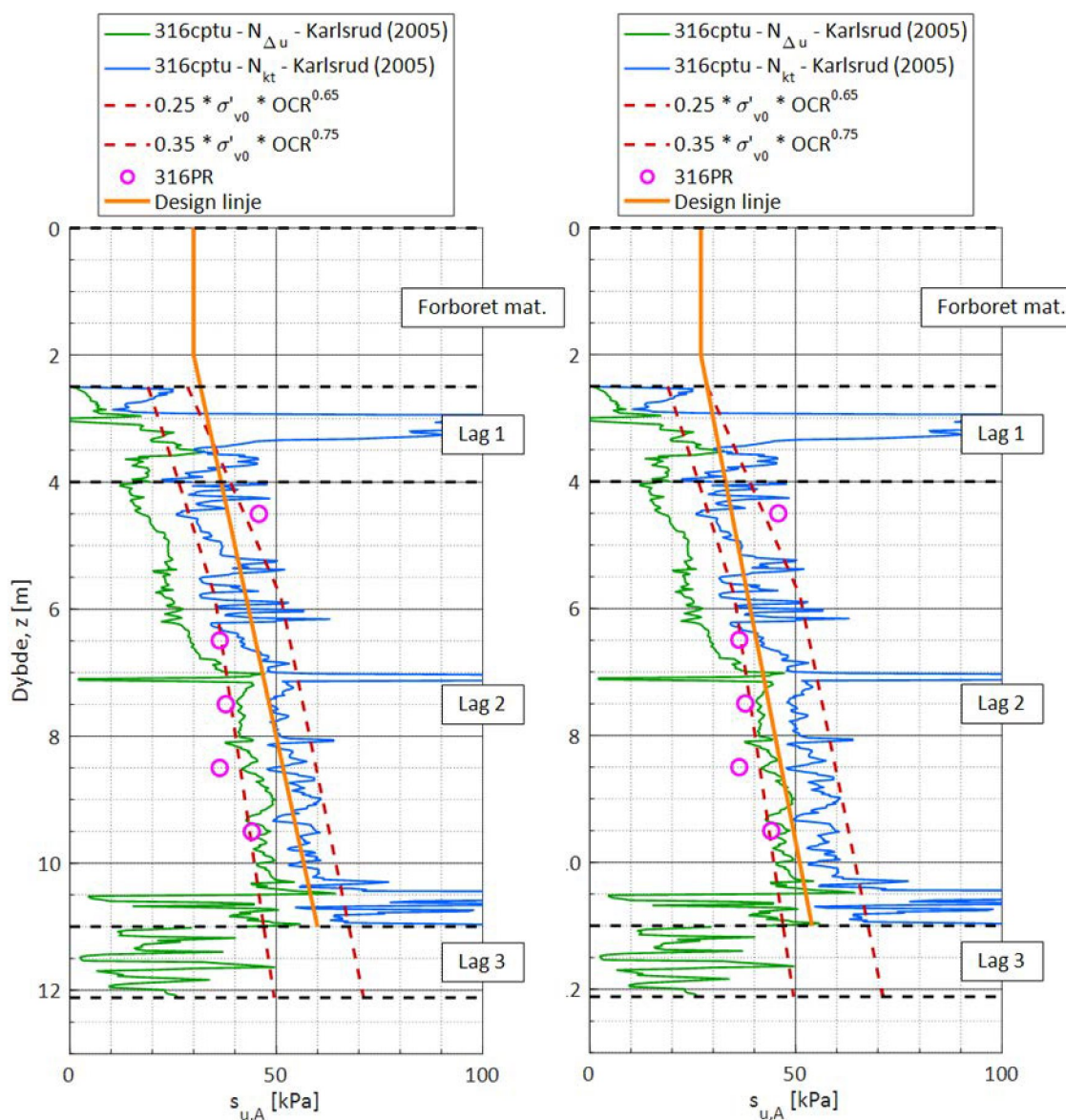
## 4.6.4 Anisotropifaktorer (ADP)

Følgende anisotropifaktorer er valgt for lag 2 leirelag:

- Aktiv sone:  $s_{uA}/s_{uA} = 1,0$
- Direkte sone:  $s_{uD}/s_{uA} = 0,66$
- Passiv sone:  $s_{uP}/s_{uA} = 0,33$

Tabell 2. CPTU tolking av Lag 2 (leirelag)

CPTU tolking Lag 2 Hull nr.	Kote Terr. m	Dybde GV m	POP $\Delta p_c$ kPa	Tolket Skjærstyrke linje (SuA) z – ref. dybde u/terreng (m) kPa	Merknad
316CP	24,6	5,8	50	30 kPa (0 – 2,0 m) 60 kPa (11,0 m)	
316CP	24,6	5,8	50	27 kPa (0 – 2,0 m) 54 kPa (11,0 m)	Styrkeverdier redusert 10%, for sensitivitetsanalyse.



Figur 6. Viser CPTU tolkinger og sammenstilling av punkt 316CP. Lagdeling i CPTU tolking er ikke samme som valgt lagdeling i stabilitetsberegningene. Su profil for valgt designprofil og design profil med 10% reduksjon (sensivitetsanalyse) vist på hhv. venstre og høyre side i figuren.

Su profilen vist i figur 6 over er valgt å følge tolking for spissmotstand som ligger noe over tolkingen med poretrykksrespons. I bløt homogen sensitiv leire med god poretrykksrespons vil ofte en tolking basert på poretrykksrespons gi høyere Su verdier enn tolking på spissmotstand.

Ved 316CP er poretrykksresponsen noe svak og det er derfor valgt å legge tolkingen tettere opp mot spissmotstand. Justert enaksial skjærstyrke ved ca 4,5 m dybde ligger noe høyere enn CPTU, og ved dypere intervaller ligger enaksial noe lavere pga bla. svelling av prøven. Vi har derfor i øvre delen lagt design profilet mellom øvre enaksial og spissmotstand. Spissmotstand og OCR gir best samsvar med normaliserte verdier ( $Su/p_0'$ ) sammenliknet med poretrykksrespons og normaliserte verdier. Det regnet med et litt forsiktig antatt forkonsolideringstrykk (POP) lik 50 kPa med en grunnvannstand som er målt til 5,8 m under terreng i punkt 316PZ

#### 4.6.5 SuA (lag 2)

##### Su profil ved CPTU 316

Det er antatt en lineær økende Su vist i figur 6.

- Lag 1 SuA = 30 (kPa)
- Lag 2 SuA = 24 + 3,3z (hvor z er dybden fra terreng)

##### Su profil ved CPTU 316 (reduisert 10%)

Det er antatt en lineær økende Su vist i figur 6.

- Lag 1 SuA = 27 (kPa)
- Lag 2 SuA = 21,6 + 3,0z (hvor z er dybden fra terreng)

Dimensjonerende SuD (direkte udrenert skjærfasthet) for Janbu stabilitetskontroll er som følger:

- Lag 1 SuD = 0,67SuA = 20
- Lag 2 SuD = 0,67SuA = 16 + 2,2z

#### 4.6.6 Styrke parametere

Nedenfor er det lagvis listet parametere for styrke.

Tabell 3. Styrkeverdier for lag i grunn

STYRKE	Densitet ( $\gamma$ )	Udrenert styrke Sudirekte kPa	Kohes. (C)	Friksjons -vinkel ( $\phi$ ) °	Dilatans vinkel $\omega$ °	Merknad
Lag	kN/m <sup>3</sup>	kPa	kPa	°	°	
Lag 1 Topplag	19	20	1	30	-	Erfaringsverdier
Lag 2 Leire	19	SuD ADP	3	27	-	CPTU, erfaringsverdier (V220)
Lag 3 Faste masser	19	SuD	3	35	-	Erfaringsverdier

For effektivparametere for Janbus direkte metode er gjennomsnittet over glideflaten. Vi forutsetter 1/3 av glideflaten i topplaget. Snitt verdier blir da som følger:

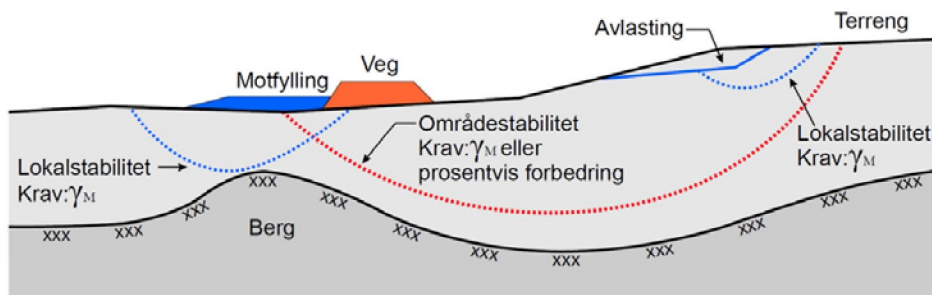
- $c = (1*1 + 3*2)/3 = 2,3$  (justeres noe i Janbu skjema for kurvetilpassing)
- $\phi = (30*1 + 27*2)/3 = 28$  (justeres noe i Janbu skjema for kurvetilpassing)

## 5 Stabilitet

### 5.1 Innledning

Stabilitetsproblemer vil kunne oppstå i bl.a. skjæringer, naturlig skråninger, ved støttemurer og under fyllinger og fundamenter. Beregningene i prosjekteringsfasen har som formål å påvise tilfredsstillende sikkerhet mot aktuelle grensetilstander, for dimensjonerende situasjoner. Det er ofte nok å påvise at bruddgrensetilstand har tilfredsstillende sikkerhetsfaktor (SF).

Det er i vanlig å skille mellom lokal- og områdestabilitet (se fig 4-2 V220) da disse skal tilfredsstillende forskjellige sikkerhetsnivå. Områdestabilitet inntreffer dersom skjærflatene blir svært lange og går vesentlig utenfor vegen. Dagens regelverk og beregningsmetoder skiller ikke klart mellom lokal- og områdestabilitet i alle situasjoner, og dette må derfor vurderes av geoteknikker i hvert enkelt tilfelle.



Figur 4-2 Illustrasjon av lokal- (blå) og områdestabilitet (rød)

Figur 7. Viser figur 4-2 fra hb. V220 med lokal og områdestabilitet prinsipp

### 5.2 Analysemetode

#### Materiale

Generelt deles det inn i totalspenningsanalyse (Su) og effektivspenningsanalyse (cø) basert på jordartens oppførsel. For masser med lav permeabilitet vil en lastendring i de fleste tilfeller føre til poretrykk, eller sug i massene.

#### Stabilitetsberegning direkte metoden

I dette notatet er det benyttet to metoder for stabilitetsberegninger, direkte metoden og Stability.

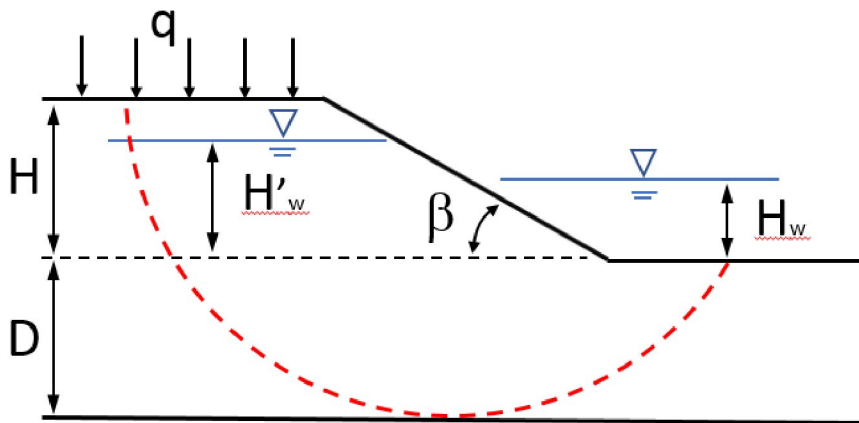
Janbus direkte metode er basert på dimensjonsløse parametere og figurer for raskt å kunne anslå SF for skråningsstabiliteten. Metoden er utledet med bakgrunn i grenselikevekt for en idealisert skråning i homogene masser.

Gjennomsnittlig skjærstyrke hvor glidesirkelen går gjennom lag med forskjellig styrke regnes som gjennomsnittlig andel av den totale lengden på glidesirkelen.

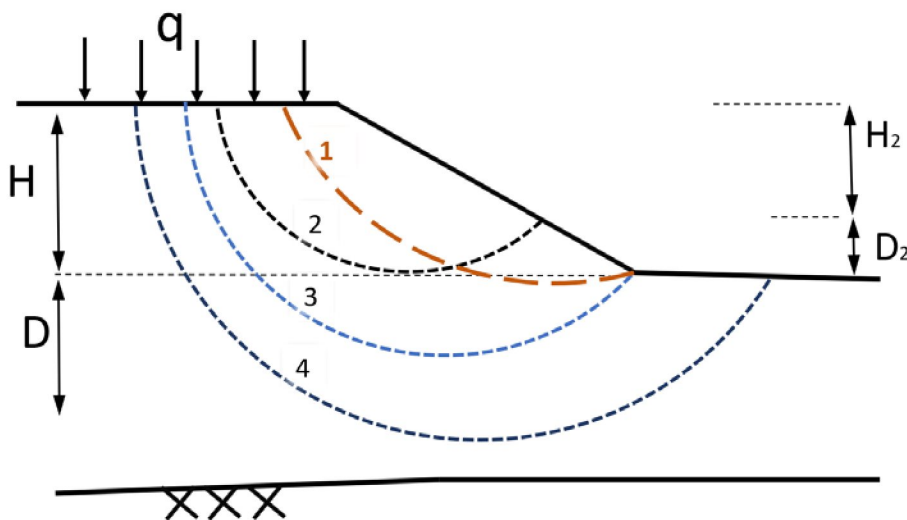
Der hvor tyngdetettheten varierer i lagene er gjennomsnittlig tyngdetetthet regnet som summen hver lagtykkelse multiplisert med tyngdetetthet for laget (innenfor høyden av skråningen, H). Dette produktet er dividert med total tykkelse av skråningen (H) og en får da gjennomsnittlig tyngdetetthet. Lagene i bruddsirkel under terreng i dybde D er ikke med i utregning for tyngdetetthet.

En typisk udrenert skjæringsgeometri vil ha  $D > 0$  der det ikke er fjell i bunn. Mens en typisk skjæring ved drenerte forhold vil ha  $Hw' > 0$ . Vertikal last q (kPa) på toppen av skjæringen vil være i form av trafikklast/anleggslast.

Stabiliteten er avhengig av bl.a. dybden på glidesirkelen ( $D$ ). Det er i dette tilfellet valgt å begrense  $D$  til fjell/fastgrunn. Bæreevnebetraktningen er uavhengig av dybden på bruddflaten  $D$ .



Figur 8. Viser stabilitetsprofil med stiptet bruddlinje og geometriske parametere for Janbus direkte metode.



Figur 9. Viser profil av typisk profil av skråningsgeometri med stiplede grunne og dype glidesirkler for direkte metoden.

### Stabilitetsberegning Geosuite Stability

I dette notatet blir Stability som er et kraft/moment-likeveksprogram, benyttet for å finne kritisk glideflate og sikkerhetsfaktor. Det benyttes drenerte og udrenerte styrke verdier for materialmodellene.

### 3D effekter

2D analyse av stabilitet forutsetter at skjærflaten har uendelig utstrekning inn i planet. Et skred vil normalt ha en konkav skjærflate hvor dybden til skjærflaten avtar mot sidene. Sidefriksjon (skjærkrefter) langs den konkave skjærflaten mot sidene medregnes ikke i 2D-beregninger.



I praksis er det vanlig å regne 3D effekter der bredden i planet for glidefiguren er mulig å bestemme som for grøfteseksjoner og byggegroper. For andre glidninger med er det i praksis ikke vanlig å benytte mer enn 10% økning for å ta hensyn til 3D effekter.

Hvor skredbredden i planet ikke kan bestemmes med sikkerhet, massene består av friksjonsjord, eller sprøbruddmateriale anbefales det å være forsiktig med å benytte 3D effekt V220 kap. 4.

I dette beregningsheftet er det ikke benyttet 3D effekt basert på at skredbredden i planet for glidefiguren ikke kan bestemmes med sikkerhet, og massene inneholder både friksjonsjord og sprøbruddmateriale.

#### Sprøbruddmateriale

Sprøbruddmateriale når styrketaket etter relativ liten tøyning. Deretter reduseres styrken betydelig noe som kan føre til progressiv bruddutvikling. Iht. V220 kap. 4. Skjærfastheten er redusert med 15% i aktiv sone for sprøbruddlag med 2 m mektighet.

#### Tøyningskompatibilitet

Ved valg av parametere er det grunn til å utvise forsiktighet med å utnytte styrke som er betinget av store deformasjoner. Store deformasjoner kan føre til at grensetilstanden inntreffer før styrken er mobilisert. OCR leire, tørrskorpe og topplag og er modellert med noe begrenset (konservativ) skjærstyrke i dette notatet.

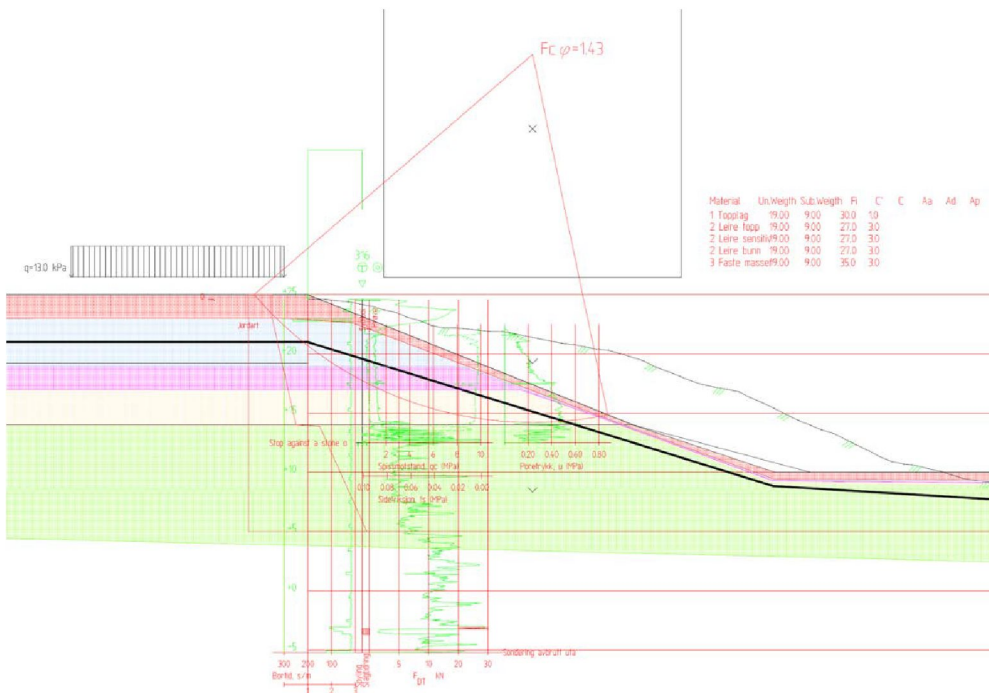
#### Svelling i leire

Avlasting fører til svelling i leire og redusert udrenert skjærstyrke over tid. V220 kap. 4.7.2. Det er i dette beregningsheftet ikke beregnet lavere skjærstyrke verdier med bakgrunn i svelling. Det er ingen utgraving og avlasting, og reduserte  $S_u$  verdier pga. svelling er ikke beregnet i dette notatet.

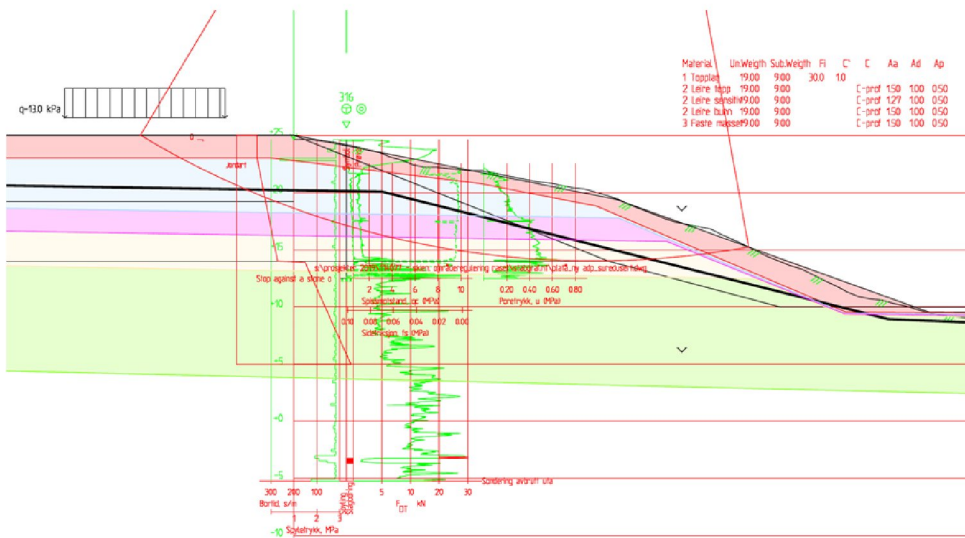
## **5.3 Resultater**

#### Resultater

Her er resultatene fra stabilitetsanalysen samlet i en tabell. Disse representerer en generell (representativ 1:2,5) skråning fra platået innenfor planområdet.



Figur 10. Viser stabilitetsberegning 2D med lagdeling i snitt BP 316 med idealisert skråning (1:2,5) og virkelig skråning i bakgrunn.



Figur 11. Viser udrenert stabilitetsberegning 4A med lagdeling i snitt BP 316. Virkelig skråning mellom BP 316-317-318.

Tabell 4. Resultater fra stabilitetsberegningene for naturlig skråning mellom BP 316 og 317 (1A), og en representativ gjennomsnittlig skråning (1B – 3B)

Stabilitet beregning	Beregning/ materiale	Tid ved brudd (år)	Sikkerhets Faktor SF ( $\gamma_m$ )	Merknad	Brudd sirkel
1A. Nord Hull 316- 317, Janbu	Naturlig skråning (15 grader) SuD	t = 0	1,92	1:4, [H+D=11 m], H=8, D=3, d=0,3 →Nc=9,2	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
1B. Nord 1:2,5 Janbu	Idealisert skråning SuD	t = 0	1,41	1:2,5, [H+D=11 m], H=8, D=3, d=0,4 →Nc=6,9	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
1C. Nord 1:2,5 Janbu	Idealisert skråning SuA (ADP)	t = 0	1,62	1:2,5, [H+D=11 m], H=8, D=3, d=0,4 →Nc=6,9	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
3A. Nord 1:2,5 Janbu	Idealisert skråning effektiv (c-ø)	t = år	1,19	1:2,5, H=11 m, GV=4 m → Hw'=7 m,	Brudd mot skråningsfot
3B. Nord 1:2,5 Janbu	Idealisert skråning effektiv (c-ø)	t = år	1,34	1:2,5, H=11 m, GV=6 m → Hw'=5 m,	Brudd mot skråningsfot
2B. Nord 1:2,5 Stability	Idealisert skråning SuD	t = 0	1,43 (1,34)	1:2,5 (Trafikklast = 13 kPa)	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
2C. Nord 1:2,5 Stability	Idealisert skråning SuA (ADP)	t = 0	1,60 (1,50)	1:2,5 (Trafikklast = 13 kPa)	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
2D. Nord 1:2,5 Stability	Idealisert skråning effektiv (c-ø)	t = år	1,45 (1,43)	1:2,5, GV = 4 m (Trafikklast 13 kPa)	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
2E. Nord 1:2,5 Stability	Idealisert skråning effektiv (c-ø)	t = år	1,54	1:2,5, GV = 6 m	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
2F. Nord 1:2,5 Stability	Idealisert skråning SuD	t = år	2,3	1:2,5	Plan glideflate fra last langs sensitivt lag
2G. Nord 1:2,5 Sensitivitets- analyse	Idealisert skråning SuA (ADP) (10% reduert styrke profil)	t = 0	1,44 (1,35) [1,40]	1:2,5 (Trafikklast = 13 kPa) [Trafikklast 6 m fra skråningstopp]	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot
2H. Nord 1:2,5 Plan glidning	Idealisert skråning SuA (ADP) (10% reduert styrke profil)	t = 0	1,85 [1,57]	1:2,5 Trafikklast = 13 kPa Plan glideflate bunn sensitivt lag. [Plan glideflate bunn leirlag].	Plan glideflate. Brudd langs bunn sensitivt leirlag. Glidning ut litt over fot.
4A. Nord skråning Stability	Virkelig skråningsgeometri SuA (ADP) (10% reduert styrke profil)	t = 0	[1,89]	Skråning [Trafikklast = 13 kPa, 6 m fra topp skråning]	Brudd mot bunn leirlag. Glidning ut litt over fot

4B. Nord skråning Stability	Virkelig skråningsgeometri effektiv (c-ø)	t = år	[1,76]	Skråning GV = 5 m [Trafikklast 13 kPa, 6 m fra skråningstopp]	Brudd i skråning. Glidning nedre del av skråning som er brattest
-----------------------------------	-------------------------------------------------	--------	--------	---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Resultatene fra stabilitetsberegningene (Stability ADP) viser at udrenert Su- og drenert (c-ø) analyse dag sikkerhet som tilfredsstillende kravet iht. NVE SF > 1,4.

Effektivspenningsanalysene (Janbu) som er vist med varierende GV nivå er følsomme for GV nivået i skråningen, og beregninger med høyt GV nivå viser SF < 1,4. Dette er fordi beregningene har en større andel av topplaget som påvirker parameterne.

Sensitivitetsanalysen viser at beregning 2G med redusert styrkeprofil viser tilfredsstillende sikkerhet uten trafikklast (SF = 1,44). Med trafikklast viser skråningen SF = 1,35 – 1,40 avhengig av plassering av trafikklasten (2 – 6 m fra skråningstopp). Ved inspeksjon av dagens kart er det et par små veier i området, men disse ligger ikke direkte langs skråningskanten, og har begrenset bredde på 4 - 5 m. Rv 36 ligger langs en forholdsvis slake skråninger på andre deler av området.

Beregning 4A og 4B er utført i virkelig terrengprofil og viser tilfredsstillende sikkerhetsfaktor og viser større sikkerhet mot brudd enn for den idealiserte skråningen. Disse samsvarer med Janbu beregning 1A.

Vanlig praksis for områdestabilitet er å ikke inkludere terrenglaster/trafikklast for å få en lik vurdering fra område til område.

## 6 Konklusjon

Stabiliteten for dagens tilstand langs platået er tilfredsstillende.


For Stability ADP og effektive beregninger har alle beregninger tilfredsstillende stabilitet for dagens situasjon. Enkelte beregninger med Janbu viser noe lave verdier, men dette er konservative beregninger og overslagskontroll av stabiliteten.

## Kontrollside

Dokument	
Dokumenttittel: 114543 Skien. Raset faresoneutredning, Stabilitet for dokument 114543n1_revB	Dokument nr: 114543tb1_revA
Oppdragsgiver: Asplan Viak AS	Dato: 07.09.2020
Emne/Tema: Stabilitet	

Sted		
Land og fylke: Norge, Vestfold og Telemark	Kommune: Skien	
Sted: Raset		
UTM sone: .	Nord: .	Øst: .

Kvalitetssikring/dokumentkontroll					
Rev	Kontroll	Egenkontroll av		Sidemannskontrav	
		dato	sign	dato	sign
A	Oppsett av dokument/maler	04.09.20	Eskr	07.09.20	OFR
A	Korrekt oppdragsnavn og emne	04.09.20	Eskr	07.09.20	OFR
A	Korrekt oppdragsinformasjon	04.09.20	Eskr	07.09.20	OFR
A	Distribusjon av dokument	04.09.20	Eskr	07.09.20	OFR
A	Laget av, kontrollert av og dato	04.09.20	Eskr	07.09.20	OFR
A	Faglig innhold	04.09.20	Eskr	07.09.20	OFR

Godkjenning for utsendelse	
Dato: 07.09.20	Sign.: 

## GeoSuite Stability Report

---

### Calculation data

Project name: Skien. Områderegulering Raset  
Project number: 114077  
Contractor: Asplan Viak AS  
Comment:

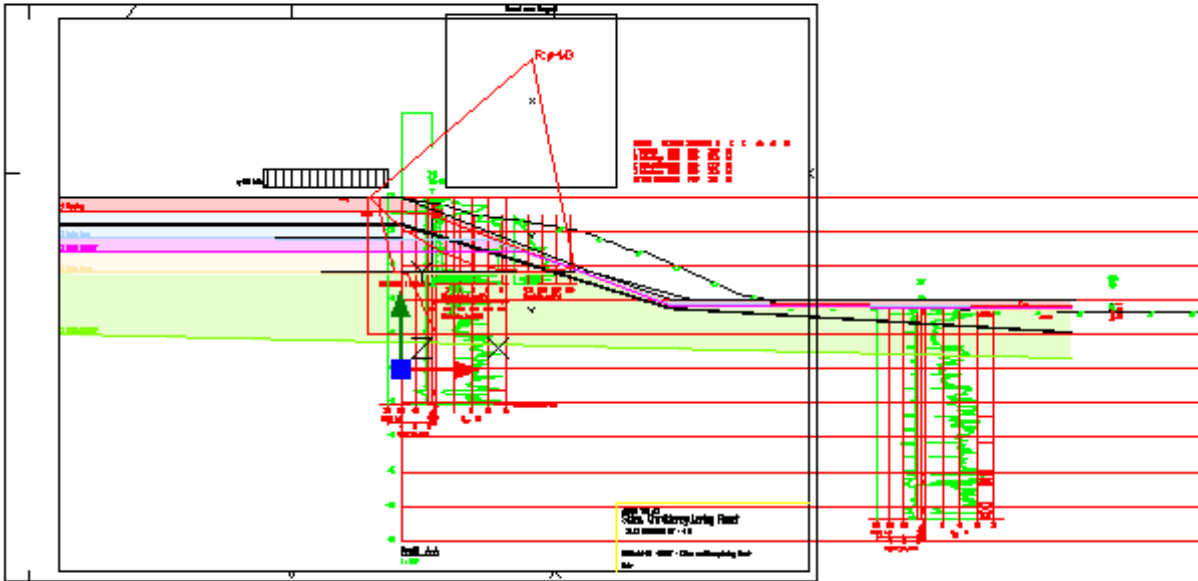
---

Calculation name: PLATÅ\_NY ADP  
Description:  
File name: s:\prosjekter 2019\114077 - skien. områderegulering  
raset\stabgraf.rit\platå\_ny adp.dwg  
Critical Safety Factor: 1,43  
Result Date: 2020-06-29 09:52  
Result Text:

---

Horizontally density spacing: 3  
Vertically density spacing: 15  
Side friction: 0,00  
Number of slices: 30  
Correction of exit angle: Yes

Graphic Model





## Soil

## Materials

Material	$\rho$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	C' [kPa]	C [kPa]	Aa	Ad	Ap
1 Topplag	19,00	30,0	1,0		1,00	1,00	1,00
2 Leire topp	19,00	27,0	3,0		1,50	1,00	0,50
2 Leire sensitiv	19,00	27,0	3,0		1,27	1,00	0,50
2 Leire bunn	19,00	27,0	3,0		1,50	1,00	0,50
3 Faste masser	19,00	35,0	3,0		1,50	1,00	0,50

## C Profiles

C-profile, X = -5,00 m

---

Z [m]	C [kPa]
25,00	20,00
23,00	20,00
14,00	40,00
13,90	60,00
5,00	100,00

## Ground Water Level

Condition: Hydrostatic

X [m]	Z [m]
-50,00	21,00
0,00	21,00
39,34	8,84
98,01	5,32

## Loads

Distributed Loads

---

q1 [kPa]	q2 [kPa]	X1 [m]	X2 [m]
13,00	13,00	-20,00	-2,00

## Model Data

### Tangent Strategy Data

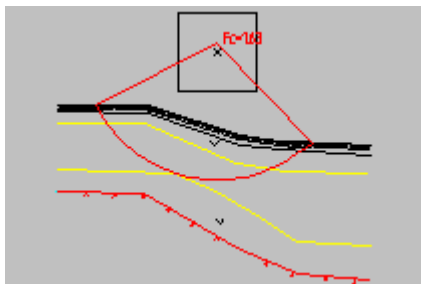
---

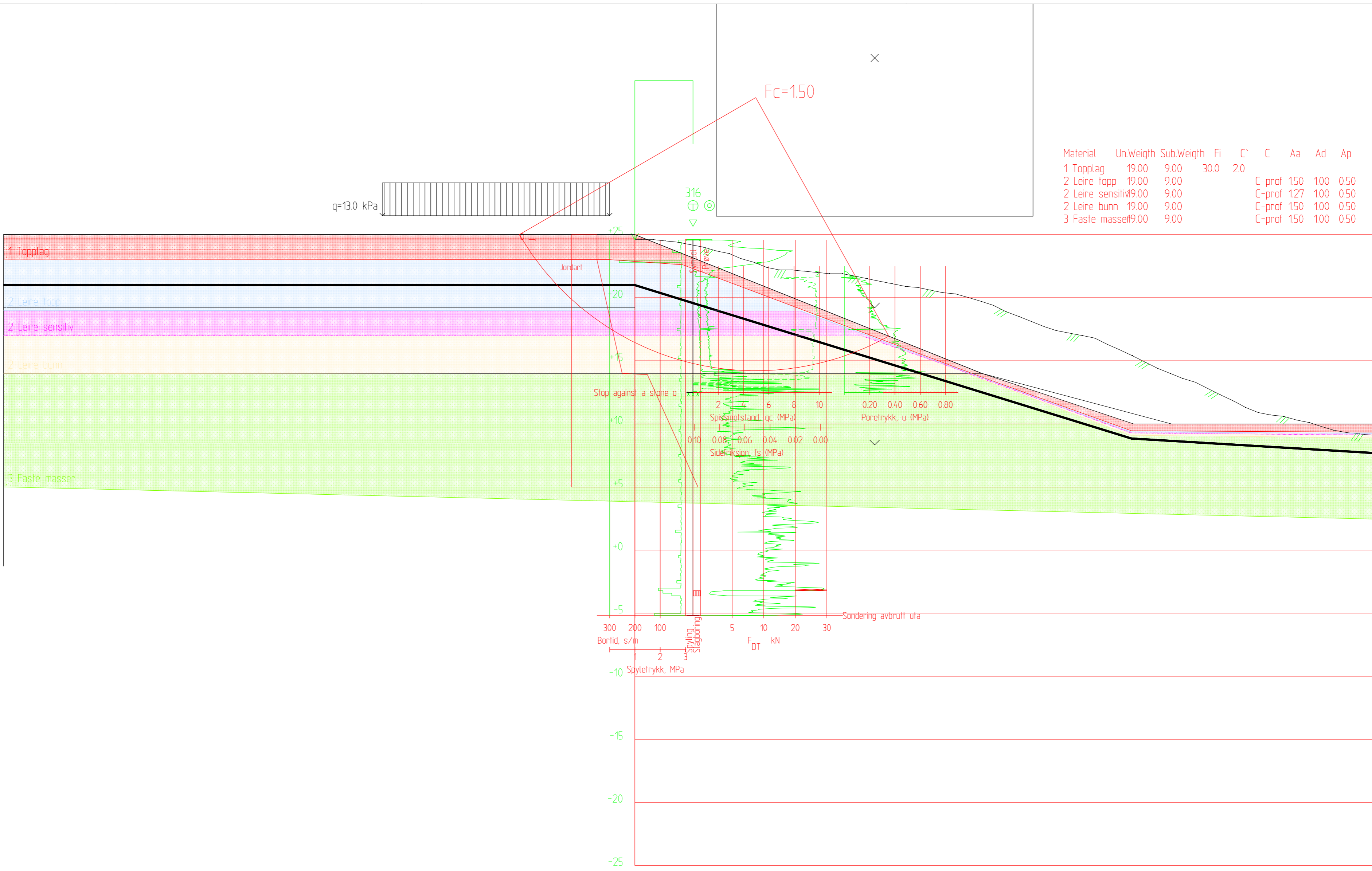
Centre point X: 19,00  
Centre point Z: 39,00  
Search area: 12,55  
Upper Z-level: 19,19  
Lower Z-level: 8,33  
Number of levels: 25

### Search Criteria

---

Calculation method: Beast 2003  
Calculation Strategy: Tangent  
Slope type: Right slope





Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
1 Topplag	19.00	9.00	30.0	2.0				
2 Leire topp	19.00	9.00			C-prof 150	100	0.50	
2 Leire sensitiv	9.00	9.00			C-prof 127	100	0.50	
2 Leire bunn	19.00	9.00			C-prof 150	100	0.50	
3 Faste masser	9.00	9.00			C-prof 150	100	0.50	

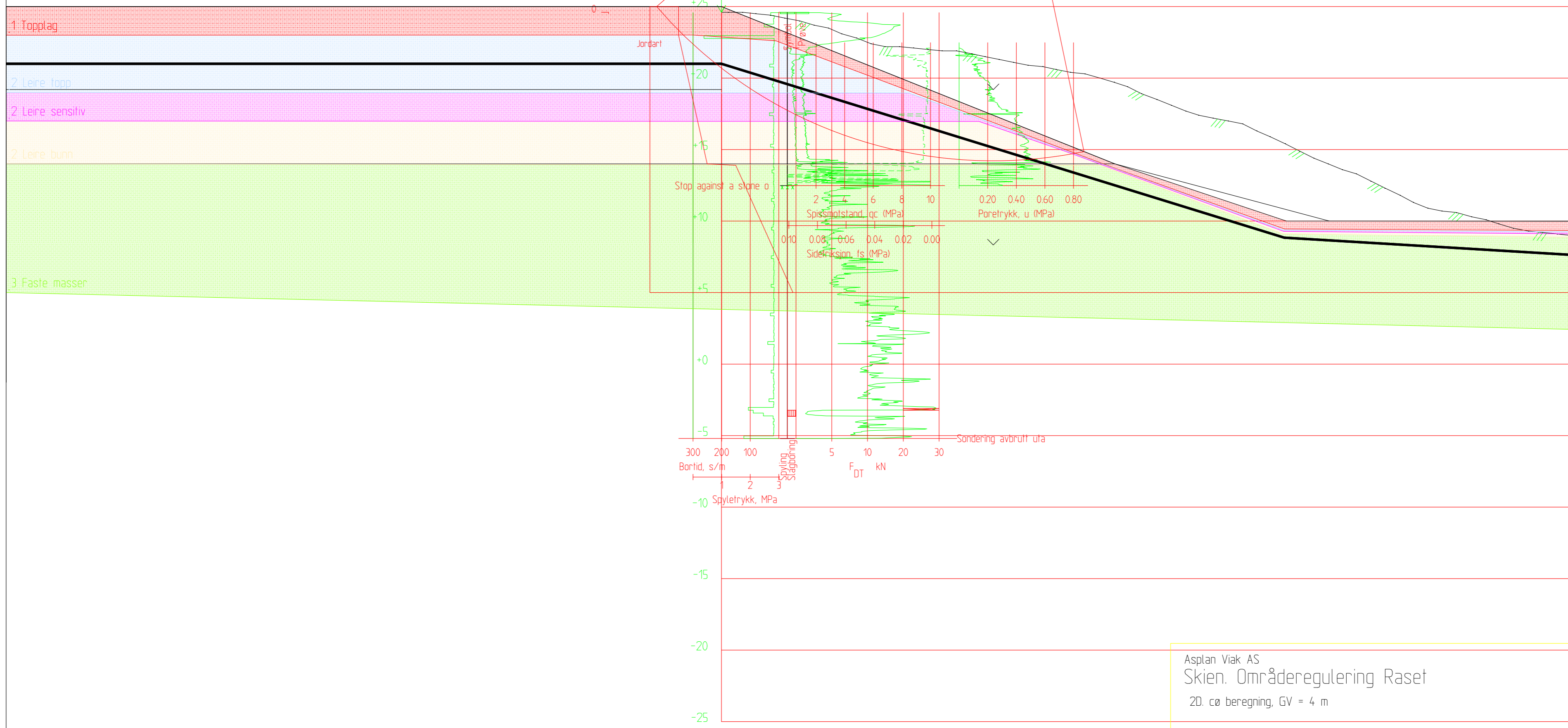
Profil A-A  
1 : 200

Asplan Viak AS  
Skien. Områderegulering Raset  
2C. ADP beregning



$F_c \varphi = 1.43$

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
1 Topplag	19.00	9.00	30.0	10				
2 Leire topp	19.00	9.00	27.0	30				
2 Leire sensitiv	19.00	9.00	27.0	30				
2 Leire bunn	19.00	9.00	27.0	30				
3 Faste masse	19.00	9.00	35.0	30				



Profil A-A  
1 : 200

Asplan Viak AS  
Skien. Områderegulering Raset  
2D. cø beregning, GV = 4 m

2020-06-29 114077 - Skien. områderegulering Raset  
Eskr

# JANBUS DIREKTE METODE

## Su - analyse

### Materiale

$\gamma$	19,00	$kN/m^3$
$S_u$	31,00	$kN/m^2$
$q$	-	$kN/m^2$

Sikkerhetsfaktor

**$F_{Su} = 1,92$**

### Geometri

$H$	8,00	m
$H_t$	-	m
$H_w$	-	m
$D$	3,00	m
$\beta$	15,00	$^\circ$

$\sigma = 152,00$

$X = 14,4$

$Y = 20,0$

### Faktorer

$d$	0,38	$N_c$	9,40
		$X_0$	1,80
		$Y_0$	2,50
$q/\gamma H$	-	$\mu_q$	1,00
$H_w/H$	-	$\mu_w$	1,00
$H_t/H$	-	$\mu_t$	1,00
$L/d$		$f_0$	1,00
$L_A/L_D$	0,26		1,00

fra tabell

anisotropi effekt aktiv sone ( $45^\circ$ )

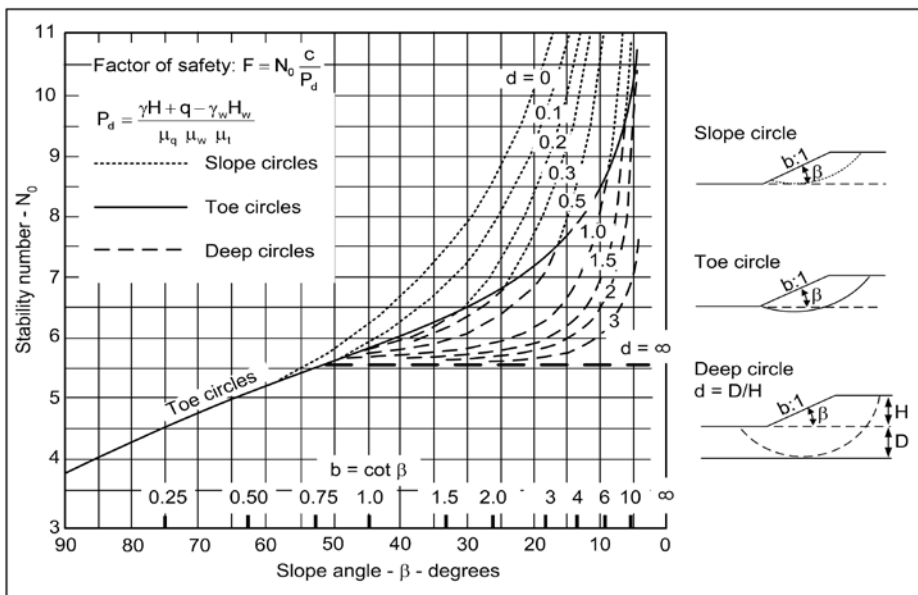
PROSJEKT : 1A: Skien. Raset faresone. Profil hull 316-317(1:4, 15 grad)

Bruddsirkel ned til bunn leirlag (kote+14,5) ( $N_c \rightarrow$  tå,  $H+D = 11$  m)

$SuA = 24 + 3,3z$  ( $SuD = 16 + 2,2z$ ),  $Su$  snitt( $z=[H+D]*2/3=7$ m) = 31 kPa

Høyden på fylling 8 m

Bruddsirkel på dybde 11 m





# JANBUS DIREKTE METODE

## Su - analyse

### Materiale

$\gamma$	19,00	$kN/m^3$
$S_u$	31,00	$kN/m^2$
$q$	-	$kN/m^2$

Sikkerhetsfaktor

**$F_{Su} = 1,41$**

### Geometri

$H$	8,00	m
$H_t$	-	m
$H_w$	-	m
$D$	3,00	m
$\beta$	22,00	$^\circ$

$\sigma = 152,00$

$X = 12,0$

$Y = 17,6$

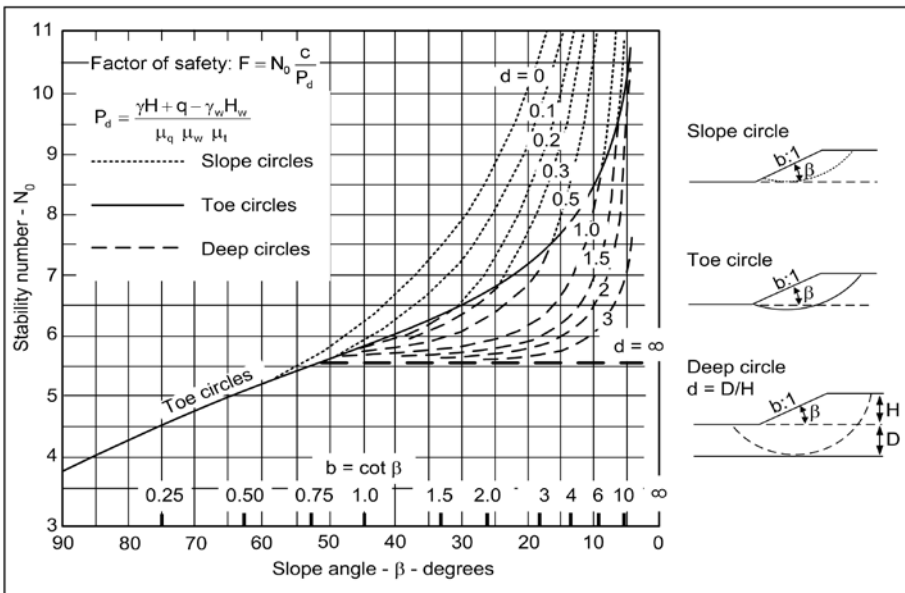
### Faktorer

$d$	0,38	$N_c$	6,90
		$X_0$	1,50
		$Y_0$	2,20
$q/\gamma H$	-	$\mu_q$	1,00
$H_w/H$	-	$\mu_w$	1,00
$H_t/H$	-	$\mu_t$	1,00
$L/d$		$f_0$	1,00
$L_A/L_D$	0,26		1,00

fra tabell

anisotropi effekt aktiv sone ( $45^\circ$ )

PROSJEKT : 1B: Skien. Raset faresone. Platå NORD 1:2.5 (22 grad)  
 Bruddsirkel ned til bunn leirlag (kote+14,5) ( $N_c \rightarrow$  tå,  $H+D = 11$  m)  
 $SuA = 24 + 3,3z$  ( $SuD = 16 + 2,2z$ ),  $Su$  snitt( $z=[H+D]*2/3=7$ m) = 31 kPa  
 Høyden på fylling 8 m  
 Bruddsirkel på dybde 11 m



# JANBUS DIREKTE METODE

## Su - analyse

### Materiale

$\gamma$	19,00	$kN/m^3$
$S_u$	31,00	$kN/m^2$
$q$	-	$kN/m^2$

Sikkerhetsfaktor

**$F_{Su} = 1,62$**

### Geometri

$H$	8,00	m
$H_t$	-	m
$H_w$	-	m
$D$	3,00	m
$\beta$	22,00	$^\circ$

$\sigma = 152,00$

$X = 12,0$

$Y = 17,6$

### Faktorer

$d$	0,38	$N_c$	6,90
		$X_0$	1,50
		$Y_0$	2,20
$q/\gamma H$	-	$\mu_q$	1,00
$H_w/H$	-	$\mu_w$	1,00
$H_t/H$	-	$\mu_t$	1,00
$L/d$		$f_0$	1,00
$L_A/L_D$	0,26		1,15

fra tabell

anisotropi effekt aktiv sone ( $45^\circ$ )

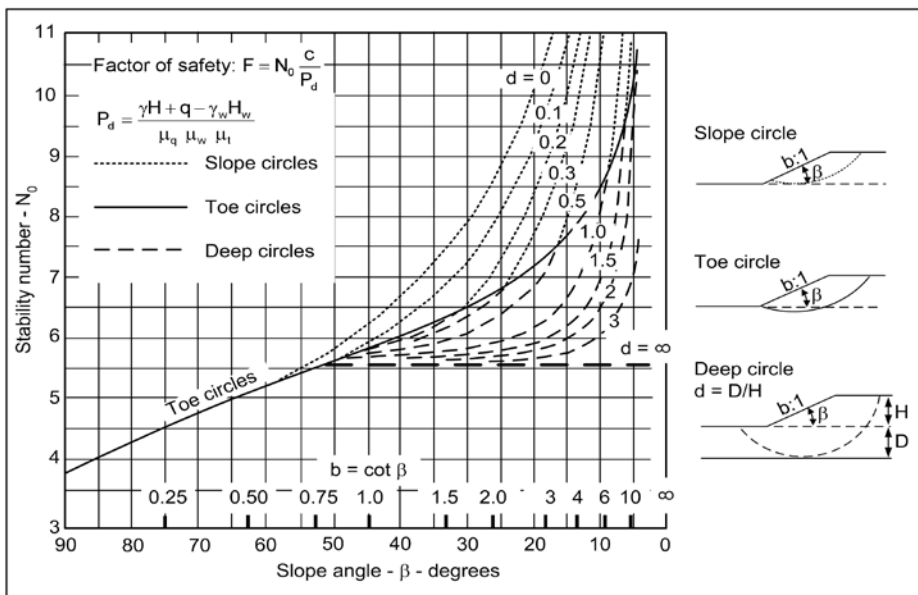
PROSJEKT : 1C: Skien. Raset faresone. Platå NORD 1:2.5 (22 grad)

Bruddsirkel ned til bunn leirlag (kote+14,5) ( $N_c \rightarrow$  tå,  $H+D = 11$  m)

$SuA = 24 + 3,3z$  ( $SuD = 16 + 2,2z$ ),  $Su$  snitt( $z=[H+D]*2/3=7$ m) = 31 kPa

Høyden på fylling 8 m

Bruddsirkel på dybde 11 m



# JANBUS DIREKTE METODE

## Effektiv analyse

### Materiale

$\gamma$	19,00	$kN/m^3$
$c$	2,54	$kN/m^2$
$\phi_I$	28,00	$^\circ$
$q$	-	$kN/m^2$

### Sikkerhetsfaktor

$F_{\phi c} =$	1,19
$F_{\phi c} =$	1,19
$F_{\phi} =$	0,91
$F_{\phi c r_u} =$	1,30

udren. last  
c=0  
 $r_u$

### Geometri

$H$	11,00	m
$\beta$	21,80	$^\circ$
$H_t$	-	m
$H_w$	-	m
bunn GV topp GV $H_w'$	7,00	m
$\gamma_w$	10,00	$kN/m^3$

$P_d =$	209,0
$P_e =$	143,3
$P_{eu} =$	143,3
$P_{dru} =$	209,0
$P_{eu} =$	150,8

udren. last  
 $r_u (\mu_q, \mu_w)$   
 $r_u (\mu_q, \mu_w)$

### Faktorer

$e$	—	$N_e$	6,90
		$X_0$	0,70
		$Y_0$	2,20
$q/\gamma H$	-	$\mu_q$	1,00
$H_w/H$	-	$\mu_w$	1,00
$H_t/H$	-	$\mu_t$	1,00
$H_w'/H$	0,64	$\mu_w'$	0,97

$X = 7,7$   
 $Y = 24,2$

fra tabell

Helning	2,50		
$\lambda_c \phi$	30,00	$N_c \phi$	98,00
$\lambda_c \phi$	30,00	$N_c \phi$	98,00
$\lambda_c \phi r_u$	31,57	$N_c \phi r_u$	107,00
$L/d$		$f_0$	1,00
$u/\gamma z$		$r_u$	0,30

130,6       $N_c \phi r_u$       107,16  
udren last       $r_u$       0,30  
explic.  $N_{cf} r_u$  )  
Juster  $r_u$  til antatt verdi (0..0.9)

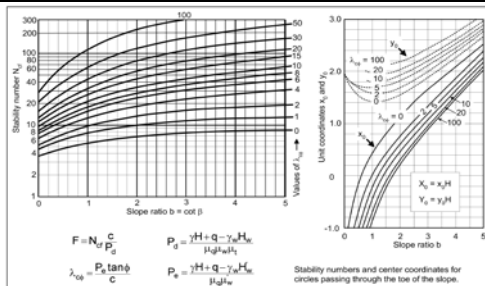
PROSJEKT : 3A: Skien. Raset faresone. Platå NORD 1:2.5 (22 grad)

Bruddsirkel fot, GV = 4 m  $H_w' = 11-4 = 7$ m

Snitt c = 2,3, og  $\phi = 28$

Høyden på fylling      11 m

Bruddsirkel på dybde      11 m



# JANBUS DIREKTE METODE

## Effektiv analyse

### Materiale

$\gamma$	19,00	$kN/m^3$
$c$	2,60	$kN/m^2$
$\phi_1$	28,00	$^\circ$
$q$	-	$kN/m^2$

### Sikkerhetsfaktor

$F_{\phi c} =$	1,34
$F_{\phi c} =$	1,34
$F_{\phi} =$	1,03
$F_{\phi c r_u} =$	1,37

### Geometri

$H$	11,00	$m$
$\beta$	21,80	$^\circ$
$H_t$	-	$m$
$H_w$	-	$m$
$H_w'$	5,00	$m$
$\gamma_w$	10,00	$kN/m^3$

bunn GV  
topp GV

$P_d =$	209,0	
$P_e =$	162,2	
$P_{eu} =$	162,2	uden. last
$P_{dru} =$	209,0	$r_u (\mu_q, \mu_w)$
$P_{eu} =$	164,2	$r_u (\mu_q, \mu_w)$

### Faktorer

$\epsilon$	—	$N_\epsilon$	6,90
		$X_0$	0,70
		$Y_0$	2,20
$q/\gamma H$	-	$\mu_q$	1,00
$H_w/H$	-	$\mu_w$	1,00
$H_t/H$	-	$\mu_t$	1,00
$H_w'/H$	0,45	$\mu_w'$	0,98

$X = 7,7$   
 $Y = 24,2$

fra tabell

Helning	2,50		
$\lambda_{c\phi}$	33,18	$N_{c\phi}$	108,00
$\lambda_{c\phi}$	33,18	$N_{c\phi}$	108,00
$\lambda_{c\phi r_u}$	33,58	$N_{c\phi r_u}$	110,00
$L/d$		$f_0$	1,00
$u/\gamma z$		$r_u$	0,23

127,8  $N_{c\phi r_u}$  110,07  
uden last  $r_u$  0,23  
explic.  $N_{c\phi r_u}$   
Juster  $r_u$  til antatt verdi (0..0.9)

PROSJEKT : 3B: Skien. Raset faresone. Platå NORD 1:2.5 (22 grad)

Bruddsirkel fot, GV = 6 m  $H_w' = 11-6 = 5m$

Snitt  $c = 2,3$ , og  $\phi = 28$

Høyden på fylling 11 m

Bruddsirkel på dybde 11 m

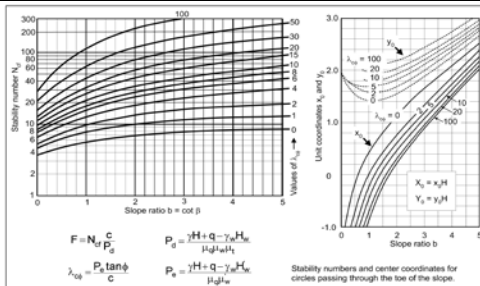


Figure E-5. Slope stability charts for  $\phi > 0$  soils (after Janbu 1968)



## Tolking CPTU

Versjon 3.12 revidert 24.06.2018

## Oppdragsinformasjon og innlesning av CPTU data

Sign. Eskr	Dato 29.05.2020	Oppdrag	Oppdrag nr. 114643
Ktr.	Dato	Skien Raset hull 316	Side 1

<b>Filnavn .cpt fil:</b>	316cpt.cpt	<b>Fargekoder:</b>	Fylles ut av brukeren
			Hentet fra CPT fil/beregnet (sjekkes)
			NB! Må utfylles
<b>Borpunkt nr.:</b>	316	<b>Forsøkstype</b>	<input checked="" type="radio"/> CPTU på land <input type="radio"/> CPTU på sjø - utført fra vannoverflaten <input type="radio"/> CPTU på sjø - utført fra sjøbunnen
<b>Dato for utførelse:</b>	07.10.2019	<b>Evt. korrigering z verdi [m]</b>	
<b>Borleder:</b>	Olav	<b>Format .cpt logfil</b>	GeoTech
<b>Terrengnivå [m]:</b>	24,6	<b>Sjekket/korrigert med sertifikat [ja/nei] :</b>	ja
<b>Forboringsdybde [m]:</b>	2,5	<b>Sjekket/korrigert med sertifikat [ja/nei] :</b>	ja
<b>Grunnvannstand [m]:</b>	5,8		
<b>Stopp dybde [m]:</b>	12,1		
<b>Stoppkode:</b>	93		
<b>Sonde nr.:</b>	4707		
<b>Programvare:</b>	CPTLOG-2.00		
<b>Korreksjonsfaktor, a [-]:</b>	0,817		
<b>Korreksjonsfaktor, b [-]:</b>	0		

<u>Nullpunktsverdier</u>	Før [kPa]	Etter [kPa]	Avvik [kPa]	Avvik [%]	Anv. kl.
<b>Spissmotstand:</b>	7325,7	7332,4	6,7	0,1	1
<b>Friksjon:</b>	137,4	137,7	0,3	0,2	1
<b>Poretrykk:</b>	235,8	235,43	0,37	0,2	1

	Avvik [^o]	Anv. kl.
<b>Maks. helningavvik:</b>	3,0	3

Krav maks. 15 grader iht. NGF melding nr. 5 for å kunne bruke forsøket.

	[m]	[%]	Anv. kl.
<b>Maks. vertikalt avvik målt dybde:</b>	0,00	0,0	1/2

Beregnet ut fra målt helning (z-verdier korrigeres for beregnet avvik).

	[m]
<b>Maks. horisontalt avvik:</b>	0,24

Beregnet ut fra målt helning.

<b>Resulterende anvendelsesklasse:</b>	Klasse 1
----------------------------------------	----------

Iht. NGF melding nr. 5 "Utførelse av trykksondering".

**Evt. kommentarer til forsøket:**

Klasse 1 uten om helningsavvik



# Tolkning CPTU

## Lagdeling og klassifisering - input parametere

Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
			5,8	2

Fargekoder:

Fylles ut av brukeren

Beregnes

Valg av klassifiseringsdiagrammer

- Eslami-Fellenius (1997) f<sub>t</sub> - q<sub>E</sub> diagram
- Robertson( 2010) F<sub>r</sub> - Q<sub>t</sub> diagram
- Schneider et. al. (2008) U\* - Q<sub>t</sub> diagram
- Senneset et. al. (1989) B<sub>q</sub> - q<sub>t</sub> diagram

Innstillinger klassifisering

Angi ekstra forboringsdybde (endres i toppnivå lag 1)

Lengdeintervall for midling av data [m]:

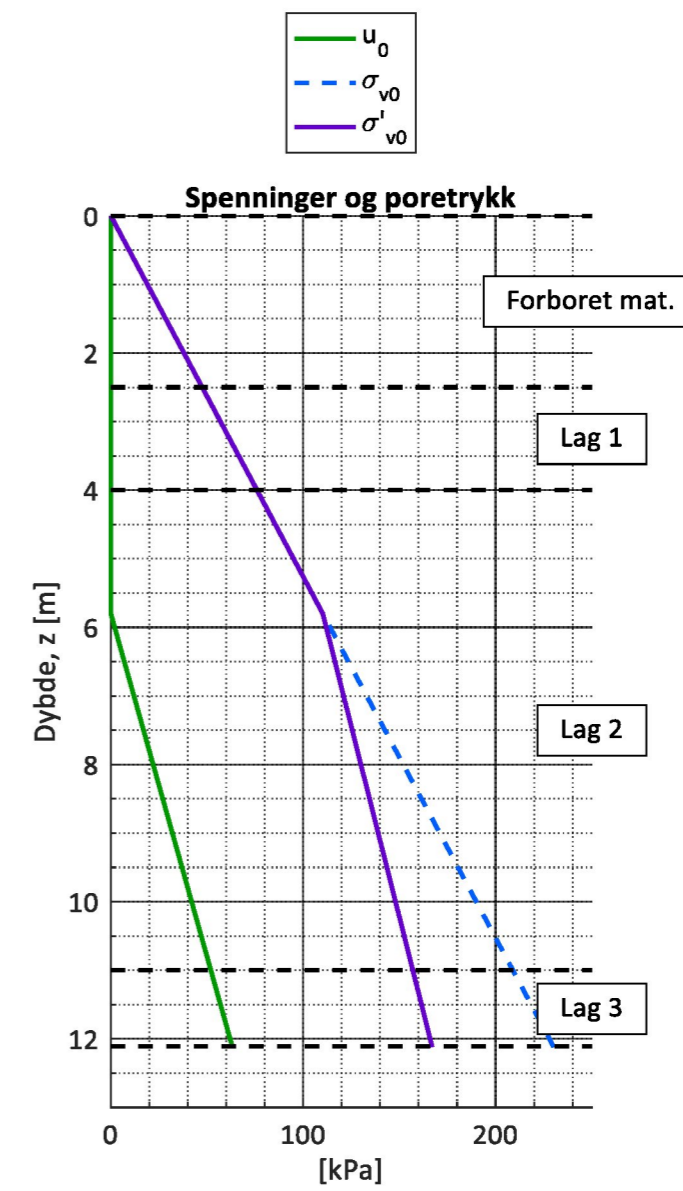
Beregning av hydrostatisk poretrykk

Beregn poretrykksprofil fra angitt GVS

Angi poretrykksprofil manuelt

z [m]	u <sub>0</sub> [kPa]
5,8	0
20	142

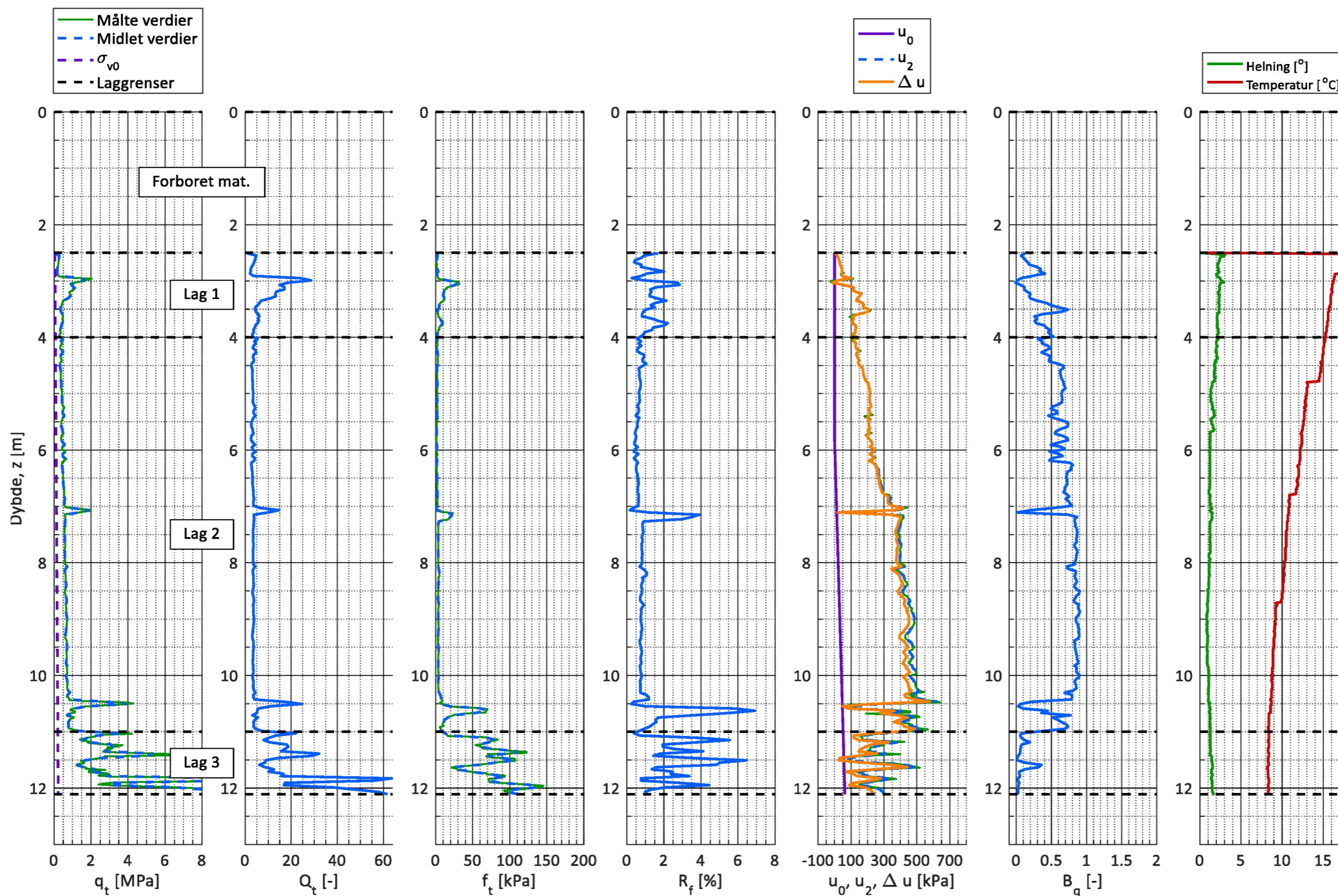
Lagdeling	Toppnivå [m]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Klassifisering
Forboret	0,0	19	
Lag 1	2,5	19	Topplag
Lag 2	4,0	19	Leire
Lag 3	11,0	19	Lagddelt sand silt
Lag 4			
Lag 5			
Lag 6			
Lag 7			
Lag 8			
Lag 9			
Lag 10			
Lag 11			
Lag 12			
Lag 13			
Lag 14			
Lag 15			
Lag 16			
Lag 17			
Lag 18			
Lag 19			
Lag 20			



Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
			5,8	3

Manuelle plotgrenser							
	q <sub>t</sub> [Mpa]	Q <sub>t</sub> [Mpa]	f <sub>t</sub> [kPa]	R <sub>f</sub> [%]	u <sub>0</sub> [kPa]	B <sub>q</sub> [-]	Helning [°]
x_min							
x_max	8		200		8	800	2

Målte parametere (q<sub>t</sub>, f<sub>s</sub> og u<sub>2</sub>) er korrigert iht. SGI (2015)



Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
			5,8	4

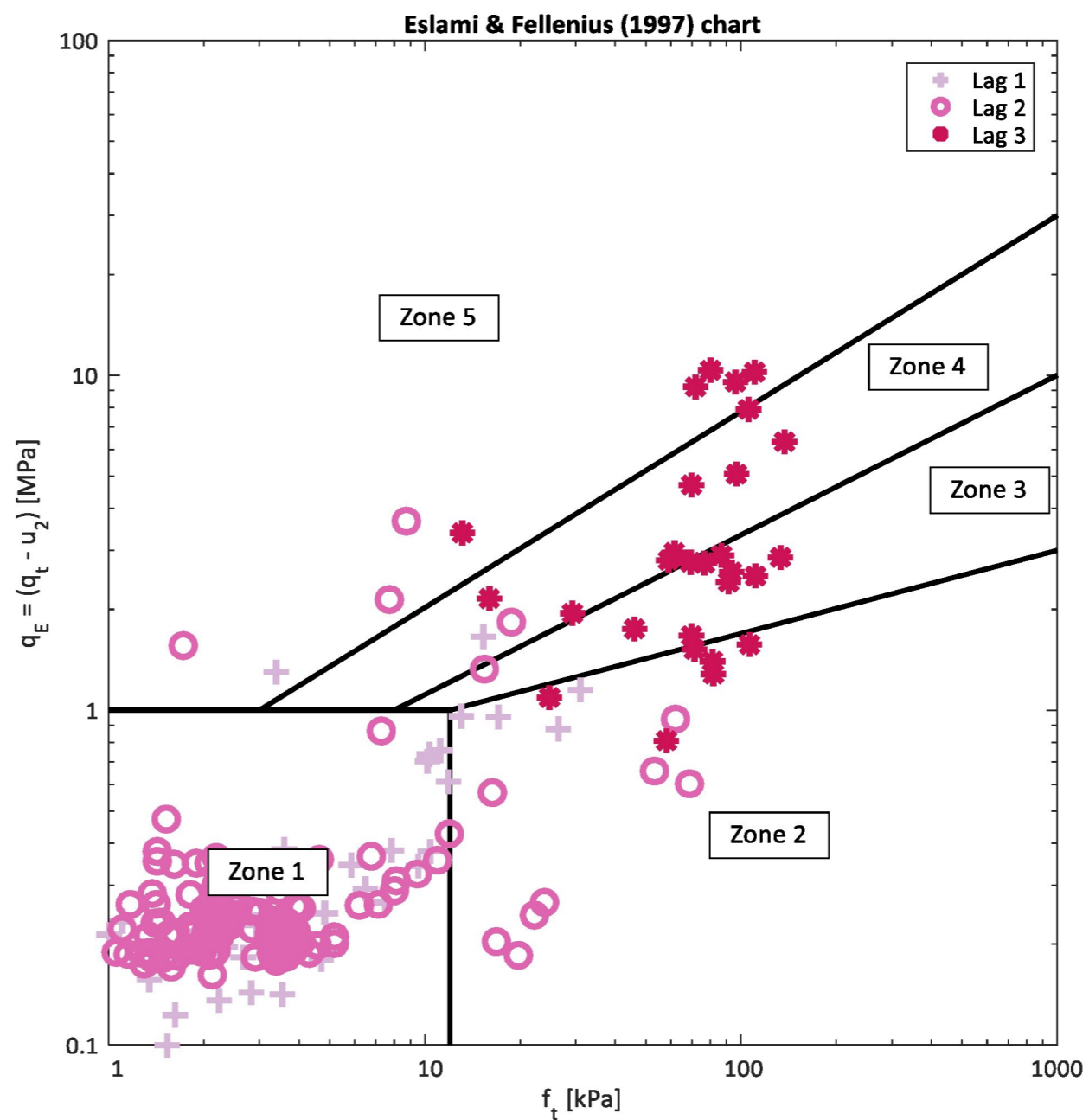
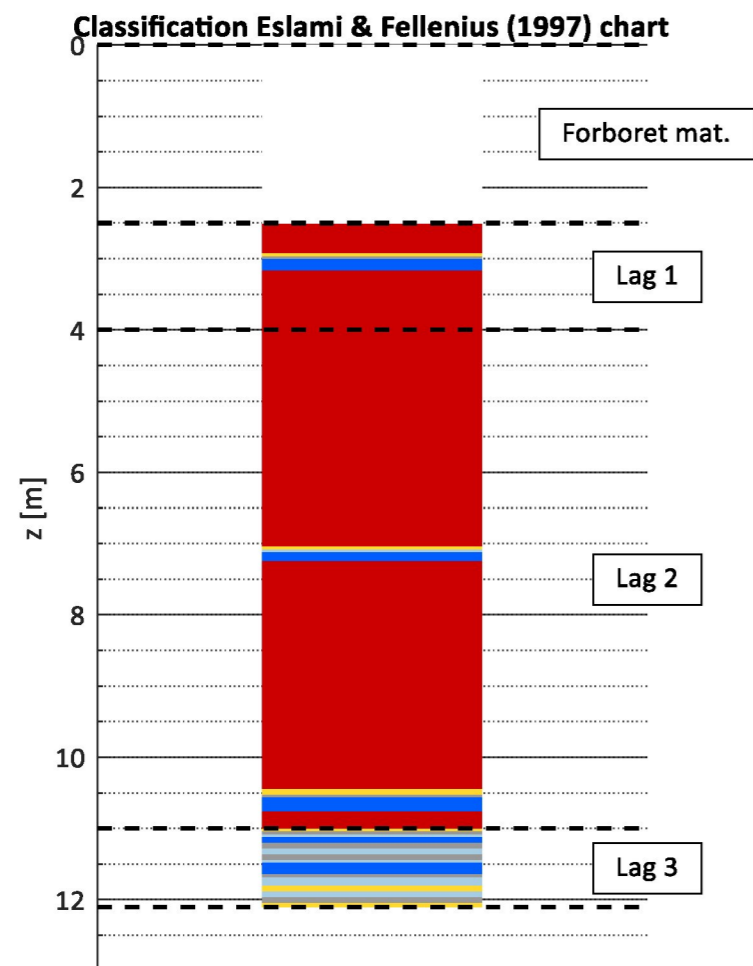
Eslami Fellenius (EF) chart soner:

Zone	Classification
1	Clay and/or silt (possibly sensitive)
2	Clay and/or silt
3	Silty clay and/or clayey silt
4	Sandy silt and/or silty sand
5	Sand and/or sandy gravel

NB! Klassifisering av sensitive materialer med diagrammet er forbundet med stor usikkerhet!

Anvendelse av diagrammet: Innledende klassifisering (krever ikke romvekt eller grunnvannstand)

- EF zone 1 - Clay/silt (possibly sensitive)
- EF zone 2 - Clay/silt
- EF zone 3 - Silty clay/clayey silt
- EF zone 4 - Sandy silt/silty sand
- EF zone 5 - Sand/sandy gravel



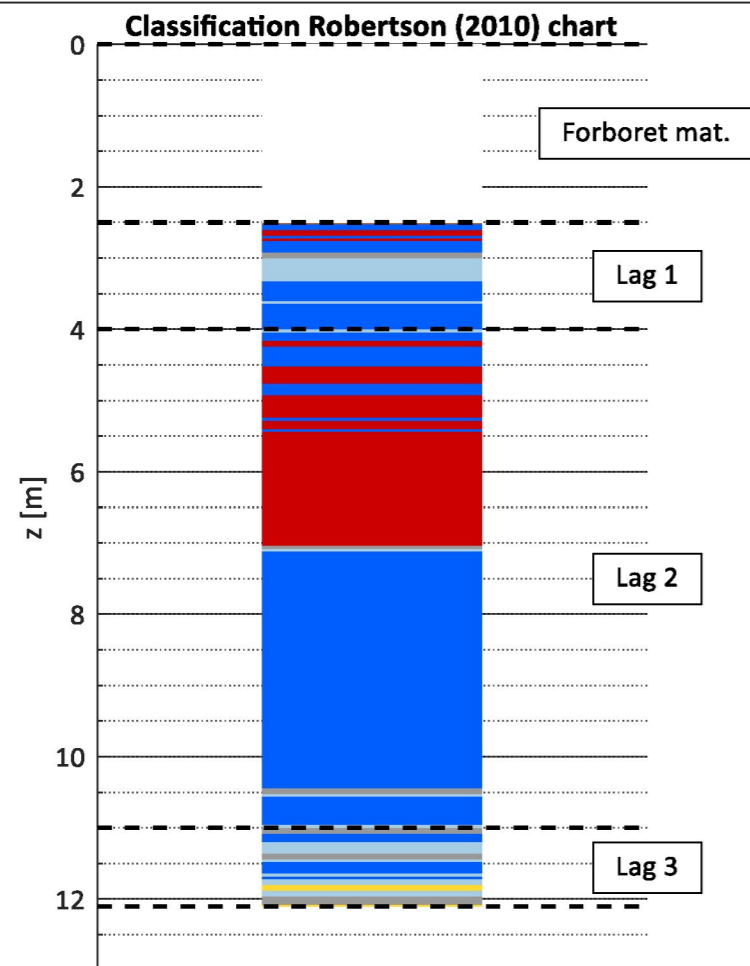


Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020		114643	316
Ktr.	Dato	Skien Raset hull 316	GVS [m]	Side nr.
			5,8	5

NB! Klassifisering av sensitive materialer med diagrammet er forbundet med stor usikkerhet!

Anvendelse av diagrammet: Generell klassifisering

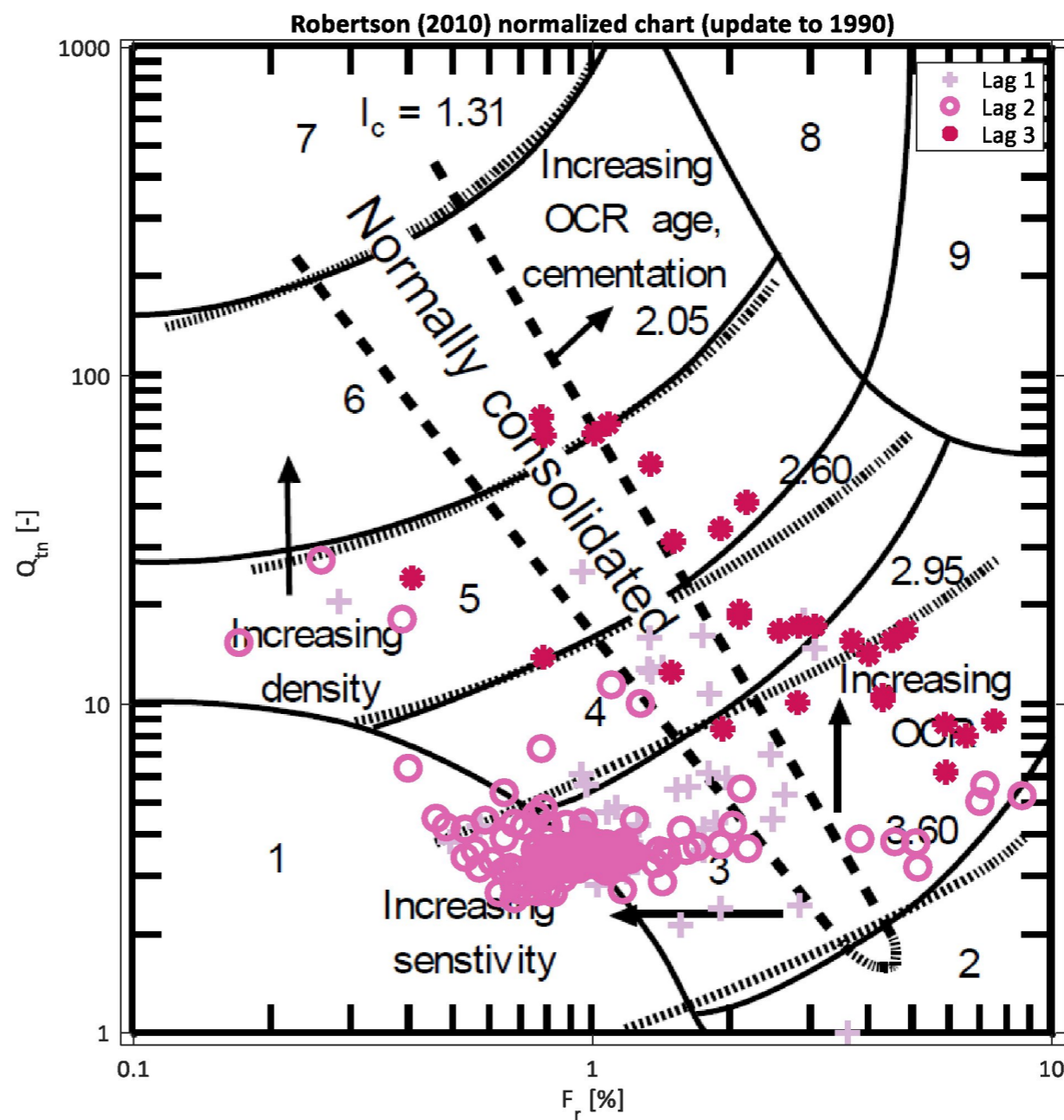
- Rob. 2010 cat. 1 - Fine grained (possibly sensitive)
- Rob. 2010 zone 2 - Organic soil to clay
- Rob. 2010 zone 3 - Clays: Silty clay to clay
- Rob. 2010 zone 4 - Silt mixtures: Clayey silt to silty clay
- Rob. 2010 zone 5 - Sand mixtures: Silty sand to sandy silt
- Rob. 2010 zone 6 - Sands: Clean sand to silty sand
- Rob. 2010 zone 7 - Gravely sand to dense sand
- Rob. 2010 zone 8 - Very stiff sand to clayey sand
- Rob. 2010 zone 9 - Very stiff, fine grained



Robertson 2010 chart soner:

Zone	Soil behaviour type	$I_c$	Coefficient of permeability Guidelines, k
1	Fine grained (possibly sensitive)	N/A	$3 \cdot 10^{-10}$ til $3 \cdot 10^{-3}$
2	Organic soils - clay	$>3.6$	$1 \cdot 10^{-10}$ til $1 \cdot 10^{-8}$
3	Clays - silty clay to clay	2.95 - 3.6	$1 \cdot 10^{-10}$ til $1 \cdot 10^{-9}$
4	Silt mixtures - clayey silt to silty clay	2.6 - 2.95	$3 \cdot 10^{-9}$ til $1 \cdot 10^{-1}$
5	Sand mixtures - silty sand to sandy silt	2.05 - 2.6	$1 \cdot 10^{-7}$ til $1 \cdot 10^{-5}$
6	Sands - clean sand to silt sand	1.31 - 2.05	$1 \cdot 10^{-5}$ til $1 \cdot 10^{-3}$
7	Gravelly sandy to dense sand	$<1.31$	$1 \cdot 10^{-3}$ til 1
8	Very stiff sand to clayey sand	N/A	$1 \cdot 10^{-8}$ til $1 \cdot 10^{-3}$
9	Very stiff, fine grained (heavily OC or cemented)	N/A	$1 \cdot 10^{-9}$ til $1 \cdot 10^{-7}$

Robertson (2009) foreslår videre: Drenert respons dominerer hovedsakelig for  $I_c < 2.5$  og drenert respons hovedsakelig for  $I_c > 2.7$



Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
			5,8	6

Schneider et. al. (2008) chart soner:

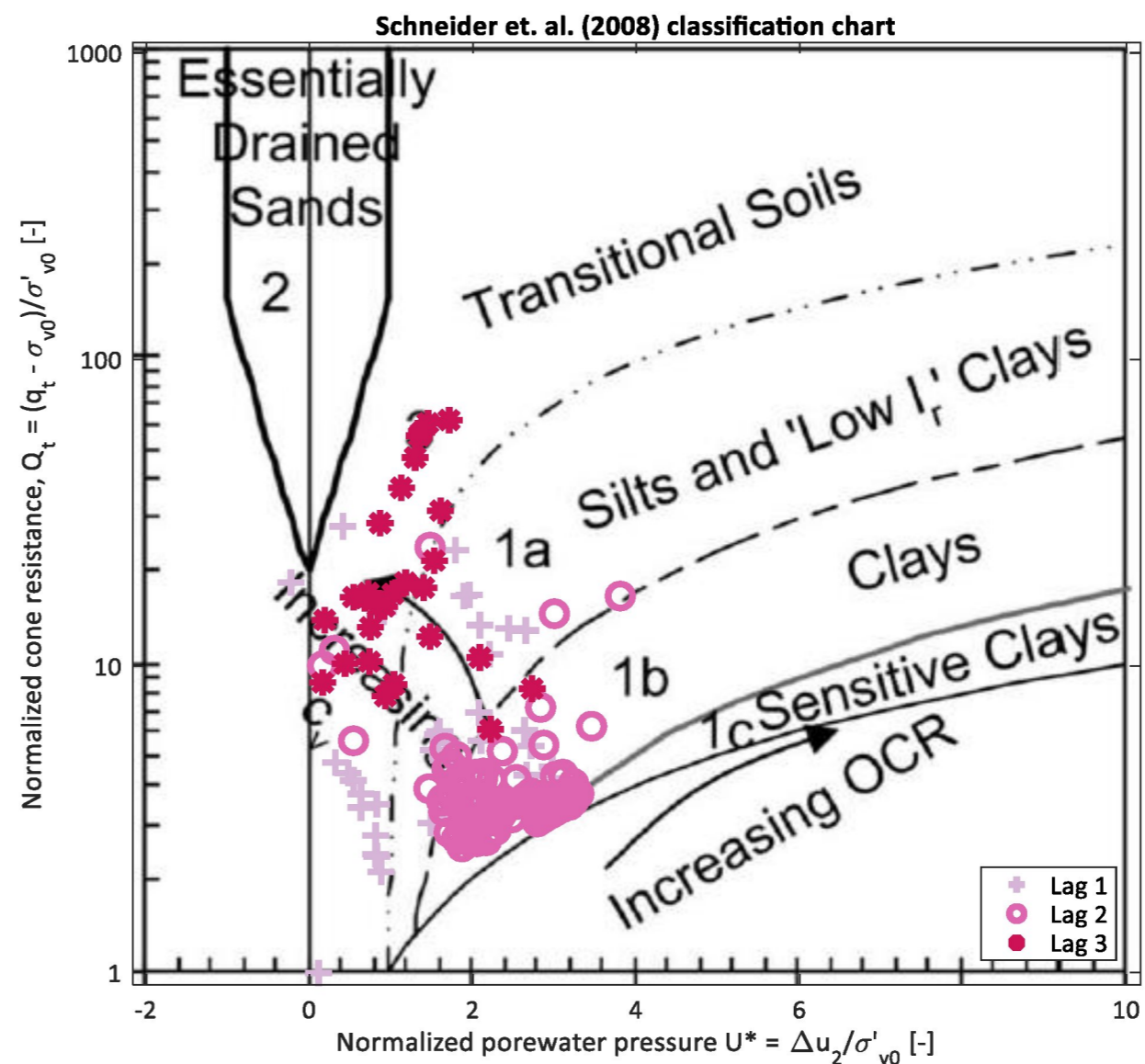
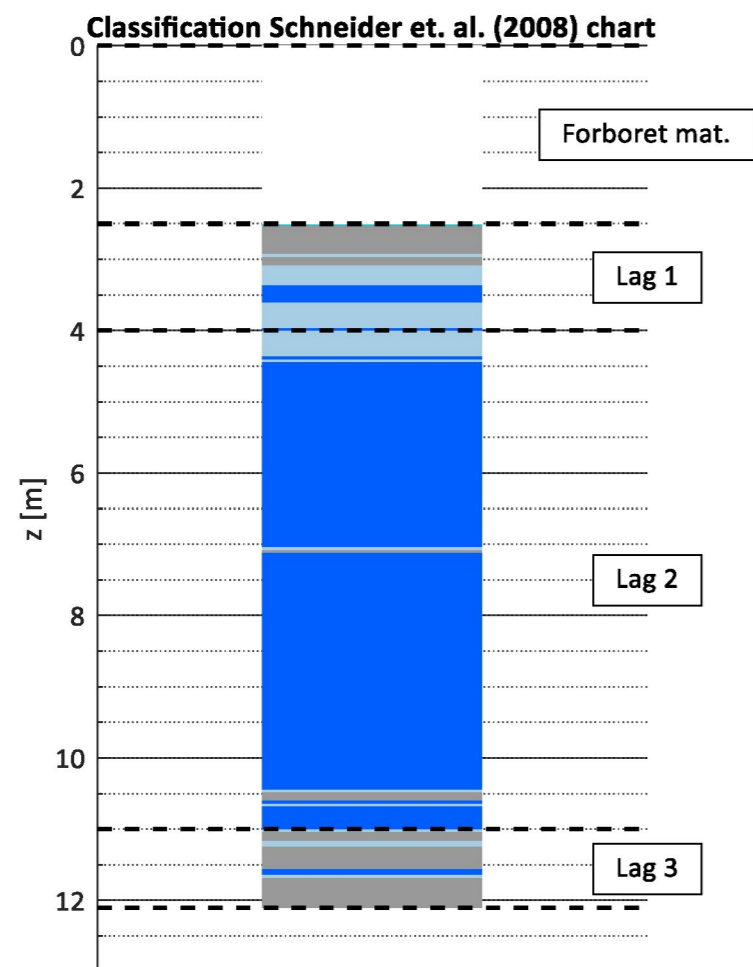
Zone	Soil type
1a	Silts and "low I <sub>r</sub> " clays
1b	Clays
1c	Clays (possibly sensitive)
2	Essentially drained sands
3	Transitional soils

Diagram type  
 ○ Loglog diagram - U\* = [0,1;100]  
 ● Semilog diagram - U\* = [-2;10]

NB! Klassifisering av sensitive materialer med diagrammet er forbundet med stor usikkerhet!

Anvendelse av diagrammet: Klassifisering av materialer ut fra udrenert/delvis drenerert/drenert oppførsel  
 Bemerk! Diagrammet forutsetter god poretrykksrespons

- Zone 2 - Essentially drained sands
- Zone 3 - Transitional soils
- Zone 1a - Silts and "low I<sub>r</sub>" clays
- Zone 1b - Clays
- Zone 1c - Clays (possibly sensitive)
- Out of model





# Tolkning CPTU

Udrenert skjærstyrke og OCR - input paramtere

Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020		114643	316
Ktr.	Dato	Skien Raset hull 316	GVS [m]	Side nr.
			5,8	7

Tolkningsmetode

Innledende tolkning

Detaljert tolkning

Lagdeling	Toppnivå	Plot [1/0]	S <sub>t</sub> [-]	I <sub>p</sub> [%]	W <sub>I</sub> [%]	Plot ID [-]
Forboret	0,0	-	-	-	-	-
Lag 1	2,5	1	10,0	11,0	25,0	
Lag 2	4,0	1	20,0	11,0	35,0	
Lag 3	11,0	1	20,0	8,0	30,0	
Lag 4						
Lag 5						
Lag 6						
Lag 7						
Lag 8						
Lag 9						
Lag 10						
Lag 11						
Lag 12						
Lag 13						
Lag 14						
Lag 15						
Lag 16						
Lag 17						
Lag 18						
Lag 19						
Lag 20						

### Fargekoder:

Fylles ut av brukeren

Beregnes

Anvendes ikke

Antatt  $\Delta\sigma'_{pc}$  [kPa]

50

OCR trendlinje (for beregning av  $s_u$ )

Antatt opprinnelig OCR linje

z [m]	OCR [-]

Plot innstillinger

I<sub>P</sub> [%] (for beregning av ADP faktor): 11,0

Plot aktiv  $s_u$

Plot direkte  $s_u$

su,D/su,A [-]

0,63

$s_u$  designlinje

z [m]	$s_u$ [kPa]

Brukerdefinerte N-faktorer

Type N-faktor	Verdi/formel N-faktor [-]	Legend	Plot ID
N <sub>Du</sub> (aktiv $s_u$ )			
N <sub>Du</sub> (aktiv $s_u$ )			
N <sub>kt</sub> (aktiv $s_u$ )			
N <sub>kt</sub> (aktiv $s_u$ )			
N <sub>ke</sub> (aktiv $s_u$ )			
N <sub>ke</sub> (aktiv $s_u$ )			

Lagre plot for design linje (ark 4)

Filnavn:

316cptu

OCR - Brukerdefinert

$$OCR = A / \sigma'_{v0} * (q_t - \sigma'_{v0})^B$$

A

B

Teoretisk SHANSEP linje - Brukerdefinert

$$s_u = A + \sigma'_{v0} * S * OCR^m$$

A

S

m

OCR plots

- OCR(Q<sub>t</sub>) - Karlsrud et. al. (2005)
- OCR(D<sub>u</sub>) - Karlsrud et. al. (2005)
- OCR(B<sub>q</sub>) - Karlsrud et. al. (2005)
- OCR(Q<sub>t</sub>) - Mayne (2017)
- OCR(Q<sub>t</sub>) - SGI (2015)
- OCR - Brukerdefinert
- Antatt opprinnelig OCR linje

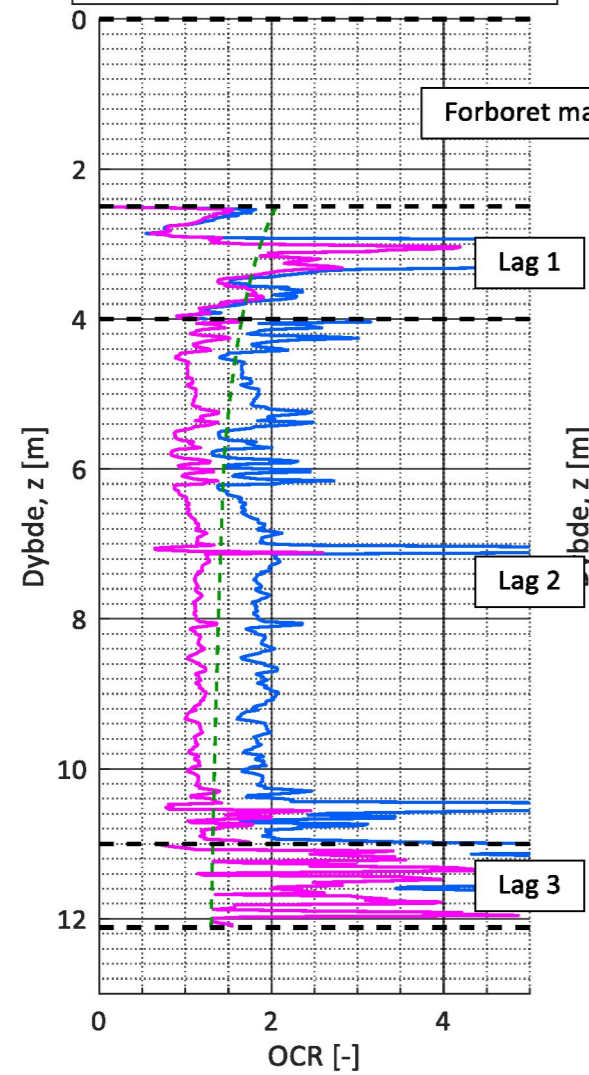
$s_u$  plots

- $s_u$  - N<sub>Du</sub> - Karlsrud et. al. (2005)
- $s_u$  - N<sub>kt</sub> - Karlsrud et. al. (2005)
- $s_u$  - N<sub>ke</sub> - Karlsrud et. al. (2005)
- $s_u$  - N<sub>kt</sub> - SGI (2010)
- SHANSEP nedre verdi - Karlsrud (2013)
- SHANSEP øvre verdi - Karlsrud (2013)

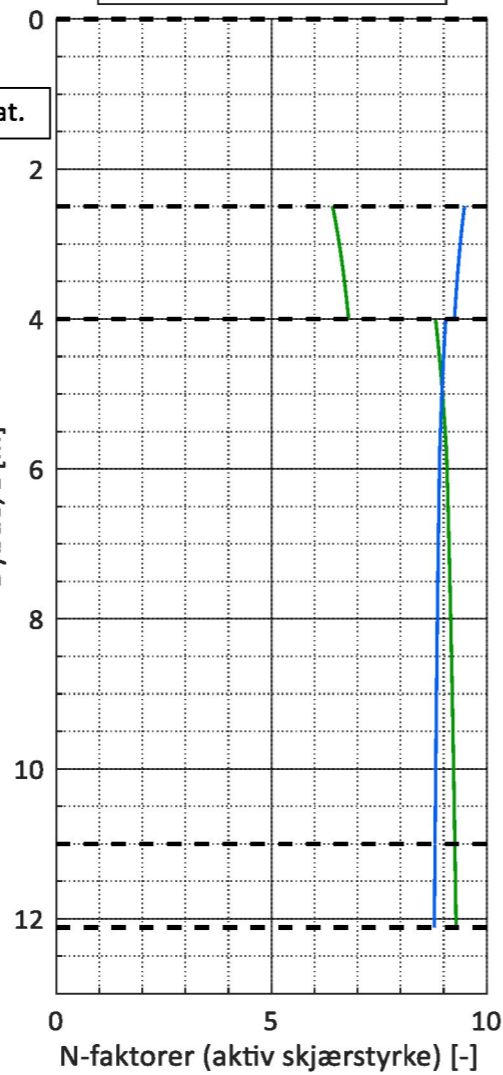
Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
			5,8	8

Manuelle plotgrenser					Relativ figurhøyde [-]
	OCR [-]	N [-]	$s_u$ [kPa]	$s_u/s'_{v0}$ [-]	0,65
x_min					
x_max	5		100		

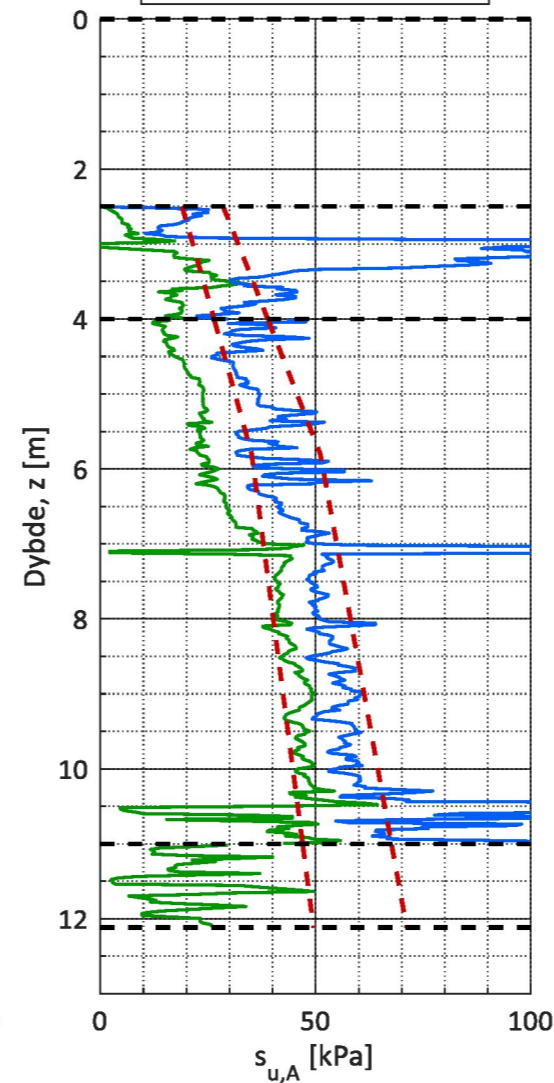
- OCR (Qt) - Karlsrud (2005)
- OCR =  $0.33 * Q_t^m$  - Mayne (2017)
- OCR linje for  $\Delta\sigma'_{pc} = 50$  kPa



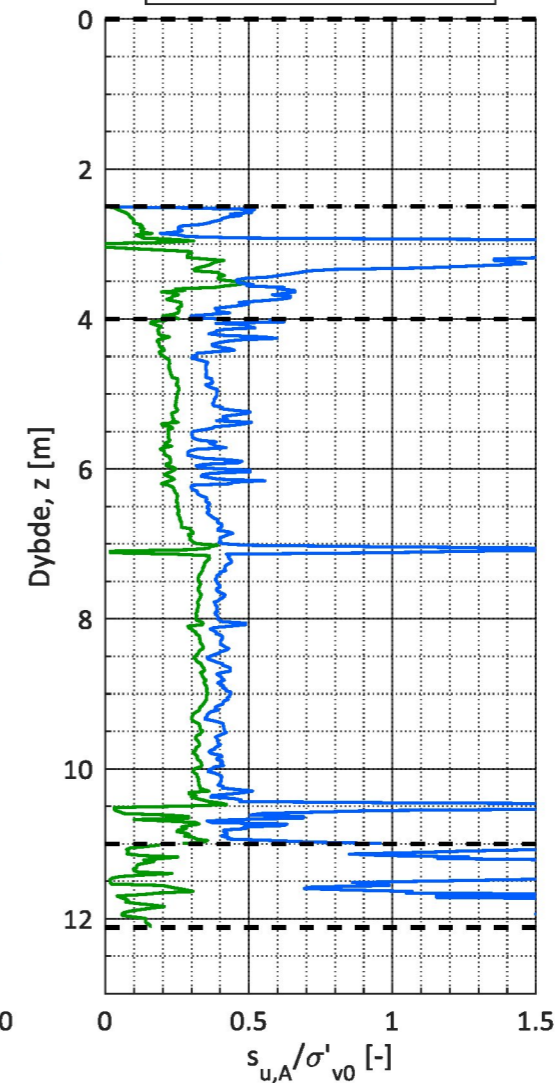
- $N_{\Delta u}$  - Karlsrud (2005)
- $N_{kt}$  - Karlsrud (2005)



- $N_{\Delta u}$  - Karlsrud (2005)
- $N_{kt}$  - Karlsrud (2005)
- $-0.25 * \sigma'_{v0} * OCR^{0.65}$
- $-0.35 * \sigma'_{v0} * OCR^{0.75}$



- $N_{\Delta u}$  - Karlsrud (2005)
- $N_{kt}$  - Karlsrud (2005)



Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
			5,8	9

Velg su formler for plot

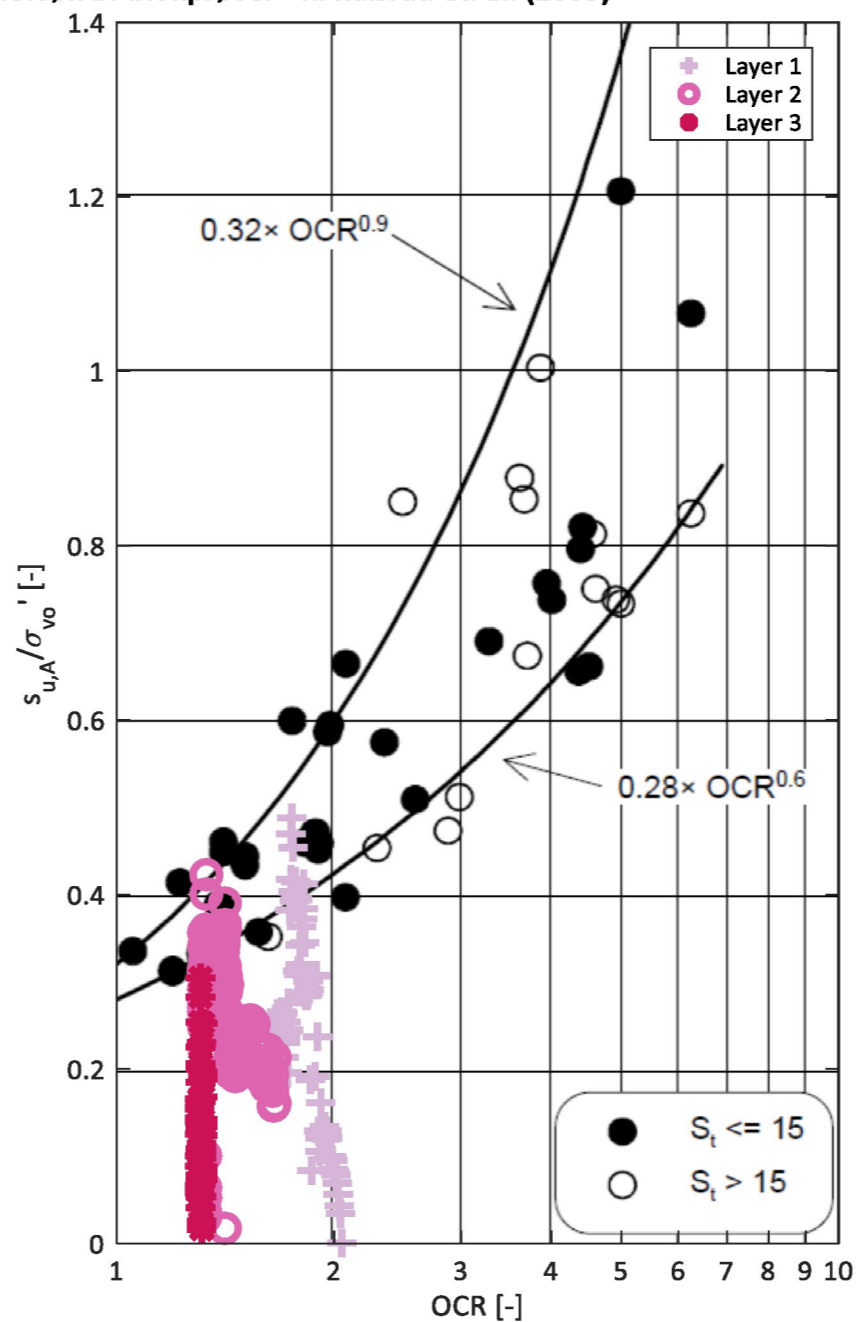
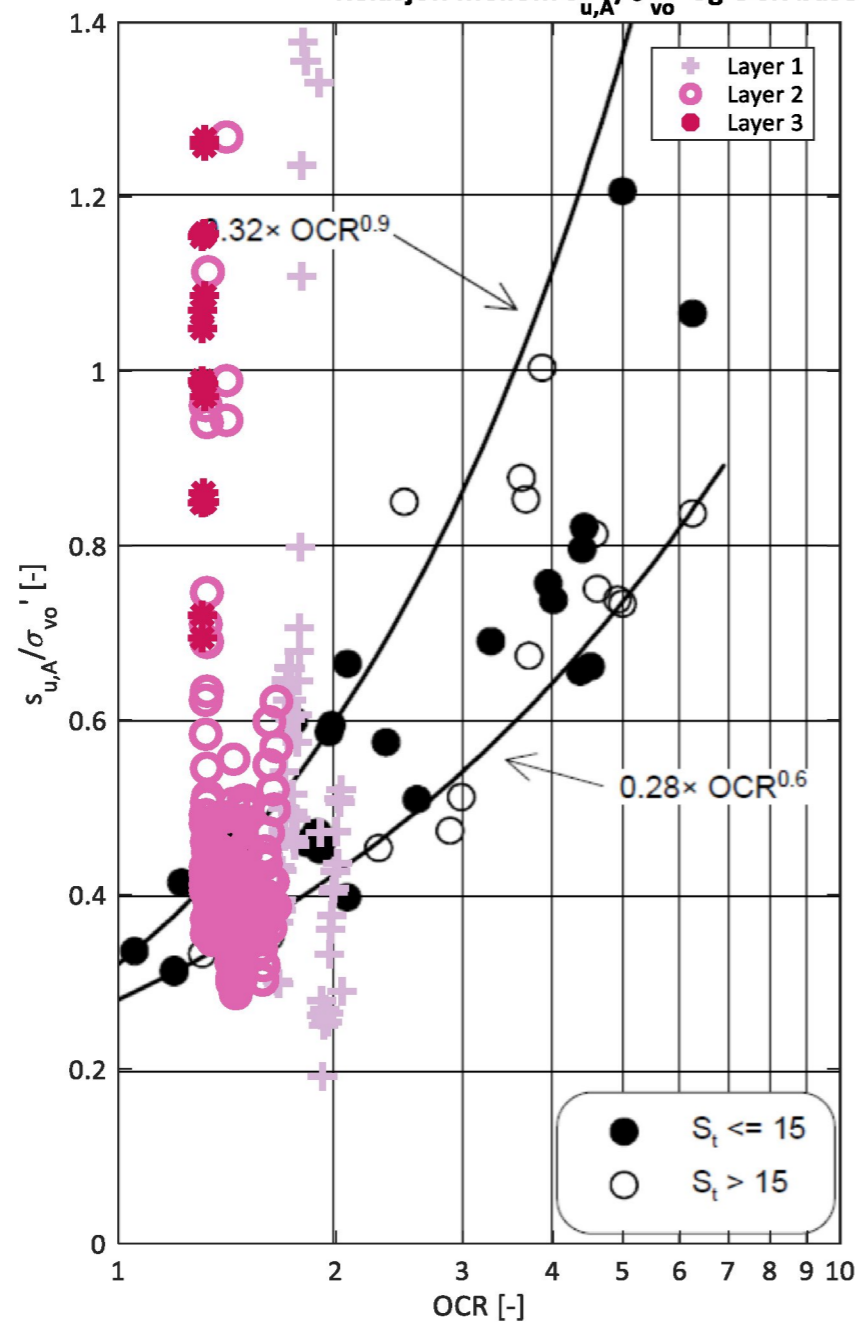
Figur til venstre

Figur til høyre

s<sub>u</sub> - N<sub>kt</sub> - Karlsrud (2005)

s<sub>u</sub> - N<sub>Du</sub> - Karlsrud (2005)

Relasjon mellom  $s_{u,A}/\sigma'_{vo}$  og OCR basert på treksforsøk av blokprøver - K. Karlsrud et. al. (2005)





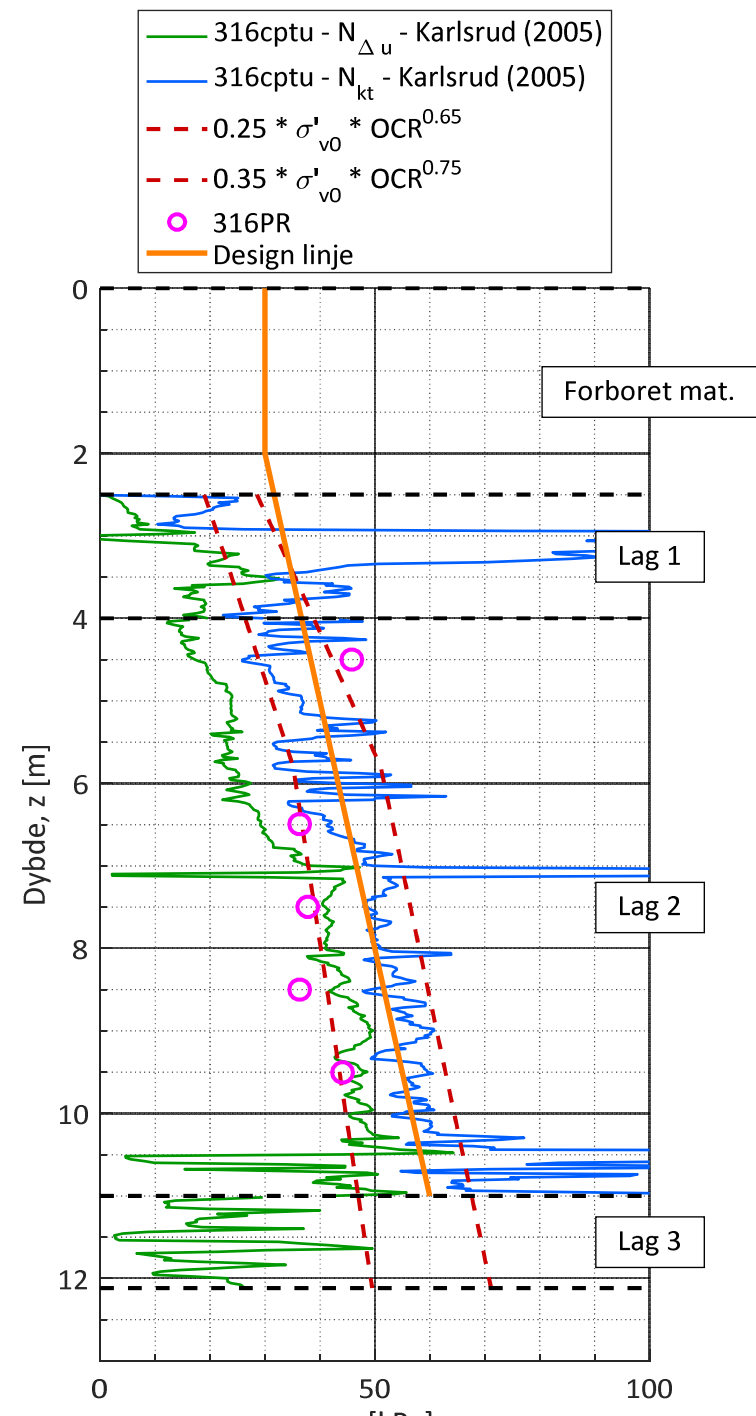


# Tolkning CPTU

Designprofil udrenert skjærstyrke

Sign.	Dato	Oppdrag	Oppdrag nr.	Borpunkt nr.
Eskr	29.05.2020	Skien Raset hull 316	114643	316
Ktr.	Dato		GVS [m]	Side nr.
		5,8	11	

Manuelle plotgrenser	
s <sub>u</sub> [kPa]	
x_min	
x_max	100
Relativ figurhøyde [-]	
	0,65



$s_{u,A}$  [kPa]