

Isolde Lousie Grønlund Syversen
Linn Therese Håkonsen Haug

Områdestabilitet i sprøbruddmateriale

En områdestabilitetsvurdering for å etterprøve
områdestabilitetsrapporten for trasé 6a på
Haug – Seut prosjektet

Bacheloroppgave i Ingeniørfag - bygg

Veileder: Astrid Stadheim

Mai 2019

Isolde Lousie Grønlund Syversen
Linn Therese Håkonsen Haug

Områdestabilitet i sprøbruddmateriale

En områdestabilitetsvurdering for å etterprøve
områdestabilitetsrapporten for trasé 6a på Haug –
Seut prosjektet

Bacheloroppgave i Ingeniørfag - bygg
Veileder: Astrid Stadheim
Mai 2019

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Oppgavens tittel:	Dato:	[16.05.2019]		
Områdestabilitet i sprøbruddmateriale	Antall sider:	[77]		
<i>En områdestabilitetsvurdering for å etterprøve områdestabilitetsrapporten for trasé 6a på Haug – Seut prosjektet</i>	Sider vedlegg:	[59]		
	Masteroppgave:		Bacheloroppgave	X
Navn:				
Isolde Louise Grønlund Syversen og Linn Therese Håkonsen Haug				
Veileder:				
Astrid Stadheim				
Eksterne faglige veiledere:				
Anders Aamodt og Helene Kristiansen Andersen, Bane NOR				
<p>I forbindelse med Haug - Seut prosjektet har det blitt utarbeidet en områdestabilitetsrapport for Bane NOR som denne bacheloroppgaven har til hensikt å etterprøve. Bacheloroppgaven har utført en områdestabilitetsvurdering på strekningen mellom Haug og Råde jernbanestasjon. Vurderingen er strukturert i henhold til «NVEs Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred», der resultatene er basert på en vurdering av kartgrunnlag, grunnundersøkelser og befarings.</p> <p>Resultatene som har blitt utarbeidet viser at det er tre faresoner med middels faregrad og et aktsomhetsområde på strekningen. Den eksisterende områdestabilitetsrapporten har på samme område markert fire faresoner med middels faregrad. Bacheloroppgaven viser vurderte områder i motsetning til områdestabilitetsrapporten som kun viser faresonene.</p> <p>Vi har konkludert med at det i stor grad er samsvar med gjennomføringen av vår vurdering og områdestabilitetsrapporten. Ulikhetene som fremkommer av resultatene er antall faresoner og grundigere dokumentasjon for valg av område. Dette kan skyldes ulik tilgang på datamateriale og noe forskjell i tolkning av sprøbruddmateriale.</p>				

Stikkord:

Områdestabilitet
Sprøbruddmateriale
Kvikkleire
Faregradsklassifisering

Title: Area stability in brittle clay <i>An evaluation of stability to examine the area stability report for route 6a on the Haug – Seut project</i>	Date: [16.05.2019] Pages: [77] Appendices pages: [59]
	Master thesis: <input type="checkbox"/> Bachelor thesis: <input checked="" type="checkbox"/> X
Participants: Isolde Louise Grønlund Syversen and Linn Therese Håkonsen Haug	
Supervisor: Astrid Stadheim	
External supervisors: Anders Aamodt and Helene Kristiansen Andersen, Bane NOR	
<p>In conjunction with the Haug – Seut project there has been compiled an area stability report for The Norwegian Railroad Company. The aim of this bachelor thesis is to examine and evaluate this report. The bachelor thesis has completed an evaluation of stability in an area between Haug and the train station of Råde. The evaluation is structured according to «NVEs supervisor nr. 7-2014: Security against landslides in quick clay». The results are based on an estimation of mapped data, ground conditions and field inspections.</p> <p>The presented results reveal three danger zones within the classification level of medium danger. In addition, one zone classifies as a caution zone. The area stability report examined has marked four danger zones with a classification level of medium danger in the same area. This bachelor thesis presents all areas investigated, whilst the area stability report includes the danger zones exclusively.</p> <p>The thesis concludes that the results from the area stability report complies with the analysis performed in this thesis. The analysis included in the thesis is performed in a more detailed manner, thus discrepancies appear in the number of danger zones. The suggested reasons behind these discrepancies are different data access and separate interpretations of brittle clay.</p>	

Keywords:

Area stability
Brittle clay
Quick clay
Classification of danger level

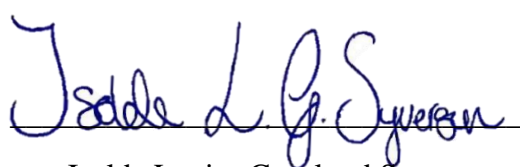
FORORD

Denne bacheloroppgaven utgjør den avsluttende oppgaven ved studieretningen ingeniør bygg, retning anleggsteknikk ved NTNU i Gjøvik, våren 2019.

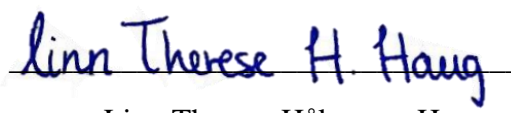
Vi ønsker å takke vår veileder Astrid Stadheim ved NTNU i Gjøvik for tett oppfølging og veiledning gjennom hele bacheloroppgaven. Vi vil også rette en stor takk til våre faglige veiledere fra Bane NOR, Anders Aamodt og Helene Kristiansen Andersen, som har fulgt oss tett under hele prosessen og gitt oss gode faglige tilbakemeldinger. De har vist stort faglig engasjement og strebet etter å gi oss nødvendig informasjon som bacheloroppgaven har krevd.

Temaet til bacheloroppgaven er valgt etter forslag fra våre faglige veiledere, av den grunn at det virket interessant og fremtidsrettet. Vi har kun hatt ett innførende fag i geoteknikk før oppstart av bacheloroppgaven. All kunnskap rundt områdestabilitet og sprøbruddmateriale har vi derfor selv opparbeidet oss, med god hjelp fra våre veiledere. Arbeidet har vært lærerikt og motiverende og vi er fornøyd med valg av tema, selv om det har krevd mye arbeid å sette seg inn i all tildelt informasjon.

Gjøvik 16. mai 2019



Isolde Louise Grønlund Syveren



Linn Therese Håkonsen Haug

FIGURLISTE

Figur 1-1 Aktuelle traséalternativer (<u>Bane NOR, 2018a</u>)	6
Figur 2-1 InterCity-nettet (Bane NOR, 2019).....	9
Figur 2-2 Friluftsområder og arter av nasjonal forvaltningsinteresse (modifisert) (Miljødirektoratet, 2019)	12
Figur 4-1 Kvikkleire som kollapser (Reite, Sveian og Erichsen, 1999)	24
Figur 4-2 Løsmassekart, Østfold (modifisert) (NGU, 2015).....	25
Figur 4-3 Marin grense, Østfold (modifisert) (NGU, 2015).....	25
Figur 4-4 Mulighet for marin leire, Råde og Fredrikstad (modifisert) (NGU, 2015)	26
Figur 4-5 Løsmassekart, Råde og Fredrikstad (modifisert) (NGU, 2015).....	26
Figur 4-6 Progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale (Schanche og Haugen, 2014b).....	27
Figur 4-7 Snitt som viser initialskredet med typisk helning på skredgropa (Schanche og Haugen, 2014a).....	28
Figur 4-8 Initialskred og bakoverrettet skalkskred (Schanche og Haugen, 2014a)	28
Figur 4-9 Totalsondering i friksjonsmasser (COWI AS, 2018b)	31
Figur 4-10 Totalsondering i lite sensitiv leire (COWI AS, 2017a)	31
Figur 4-11 Modifisert prinsippsskisse av forskjellige leirers sensitivitet (modifisert) (Norges Geotekniske Forening, 2018) ..	31
Figur 4-12 Totalsondering i kvikkleire (COWI AS, 2018b)	31
Figur 5-2 Områdeoversikt med inntegnet korridor(modifisert) (Kartverket, 2019)	33
Figur 5-1 Rødt rektangel angir beliggenheten av området angitt på figur 5-2 (Kartverket, 2019).....	33
Figur 5-3 Sannsynligheten for marin leire (NGU, 2015)	34
Figur 5-4 Kart med terreng høyde i farger, område 1 (modifisert) (Kartverket, 2019)	35
Figur 5-5 Kart med terreng høyde og totalsonderinger, område 1 (modifisert) (Kartverket, 2019).....	35
Figur 5-6 Løsmassekart, område 1 (NGU, 2015).....	35
Figur 5-7 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 1 i figur 5-4 (modifisert) (Kartverket, 2019)	36
Figur 5-8 Kart med terreng høyde i farger, område 2 (modifisert) (Kartverket, 2019)	37
Figur 5-9 Kart med terreng høyde og totalsonderinger, område 2 (modifisert) (Kartverket, 2019).....	37
Figur 5-10 Løsmassekart, område 2 (NGU, 2015).....	37
Figur 5-11 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 2 i figur 5-8 (modifisert) (Kartverket, 2019)	38
Figur 5-12 Kart med terreng høyde i farger, område 3 (modifisert) (Kartverket, 2019)	40
Figur 5-13 Kart med terreng høyde og totalsonderinger, område 3 (modifisert) (Kartverket, 2019).....	40

Figur 5-14 Løsmassekart, område 3 (NGU, 2015).....	41
Figur 5-15 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 3 i figur 5-12 (modifisert) (Kartverket, 2019)	42
Figur 5-16 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 4 i figur 5-12 (modifisert) (Kartverket, 2019)	42
Figur 5-17 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 5 i figur 5-12 (modifisert) (Kartverket, 2019)	42
Figur 5-18 Bilde fra befaring vest i sone 3 (modifisert) (Haug, 2019).....	43
Figur 5-19 Bilde fra befaring vest i sone 3, pilen til venstre er den samme som pilen til høyre i bilde 5-19 (modifisert) (Haug, 2019).....	43
Figur 5-20 Bilde fra befaring som viser aktsomhetsområde 4, bildet tatt sørvest i sone 3 (modifisert) (Haug, 2019)	44
Figur 5-21 Bilde fra befaring som viser mulig erosjon i nærheten av sonen (modifisert) (Haug, 2019).....	45
Figur 5-22 Bilde fra befaring tatt nordøst for sonen (modifisert) (Haug, 2019).....	45
Figur 5-23 Skredmassens bevegelse (modifisert) (Kartverket, 2019)	47
Figur 5-24 Kart med terrenghøyde i farger, område 4 (modifisert) (Kartverket, 2019).....	52
Figur 5-25 Kart med terrenghøyde og totalsonderinger og vingeboringer, område 4 (modifisert) (Kartverket, 2019)	52
Figur 5-26 Løsmassekart, område 4 (NGU, 2015).....	53
Figur 5-27 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 6 i figur 5-24 (modifisert) (Kartverket, 2019)	54
Figur 5-28 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 7 i figur 5-24 (Kartverket, 2019).....	54
Figur 5-29 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 8 i figur 5-24 (modifisert) (Kartverket, 2019)	54
Figur 5-31 Bilde fra befaring som viser berg i dagen (Haug, 2019)	55
Figur 5-30 Bilde fra befaring som viser blokker i sone 6 (Haug, 2019).....	55
Figur 5-33 Bilde fra befaring som viser skjeve fundamenter i fyllingen til riksveg 110 (Haug, 2019).....	57
Figur 5-32 Bilde fra befaring som viser sone 8 (modifisert) (Haug, 2019).....	57
Figur 5-34 Skredmassens bevegelse (modifisert) (Kartverket, 2019)	58
Figur 5-35 Oversiktsbilde over bacheloroppgavens resultat (modifisert) (Kartverket, 2019).....	61
Figur 0-1 Modifisert prinsippskisse av forskjellige leirers sensitivitet (modifisert) (Norges Geotekniske Forening, 2018) . - 6 -	
Figur 0-2 Totalsondring 1110, sone 1 (COWI AS, 2017a)	- 6 -
Figur 0-3 Totalsondring 1105, sone 1 (COWI AS, 2017a)	- 6 -
Figur 0-4 Totalsondring 1106, sone 2 (COWI AS, 2017a)	- 7 -
Figur 0-5 Totalsondring 1117, sone 2 (COWI AS, 2017a)	- 8 -
Figur 0-6 Totalsondring 1118, sone 2 (COWI AS, 2017a)	- 8 -
Figur 0-7 Totalsondring 1120, sone 2 (COWI AS, 2017a)	- 9 -
Figur 0-8 Borprofil 1120, sone 2 (COWI AS, 2017a).....	- 9 -

Figur 0-9 Totalsondering 1119, sone 2 (COWI AS, 2017a)	- 10 -
Figur 0-10 Totalsondering 1122, sone 3 (COWI AS, 2017a)	- 11 -
Figur 0-11 Totalsondering 1121, sone 3 (COWI AS, 2017a)	- 12 -
Figur 0-12 Borprofil 1145, sone 3 (COWI AS, 2018)	- 13 -
Figur 0-13 Totalsondering 1145, sone 3 (COWI AS, 2018)	- 13 -
Figur 0-14 Poretrykspotensial 1145, sone 3 (COWI AS, 2018).....	- 14 -
Figur 0-15 Totalsondering 1126, sone 3 (COWI AS, 2018)	- 15 -
Figur 0-16 Totalsondering 1148, sone 3 (COWI AS, 2018)	- 16 -
Figur 0-17 Totalsondering 1129, sone 4 (COWI AS, 2018)	- 17 -
Figur 0-18 Totalsondering 1130, sone 4 (COWI AS, 2018)	- 17 -
Figur 0-19 Borprofil 1130, sone 4 (COWI AS, 2018)	- 18 -
Figur 0-20 Poretrykspotensial 1130, sone 4 (COWI AS, 2018).....	- 18 -
Figur 0-21 Borprofil 1131, sone 4 (COWI AS, 2018)	- 19 -
Figur 0-22 Totalsondering 1131, sone 4 (COWI AS, 2018)	- 19 -
Figur 0-23 Totalsondering 2005, sone 5 (COWI AS, 2017b)	- 20 -
Figur 0-24 Totalsondering 2006, sone 6 (COWI AS, 2017b)	- 21 -
Figur 0-25 Totalsondering 2007, sone 6 (COWI AS, 2017b)	- 21 -
Figur 0-26 Totalsondering 2003, sone 6 (COWI AS, 2017b)	- 22 -
Figur 0-27 Totalsondering 206, sone 8 (SWECO, 2012).....	- 23 -
Figur 0-28 Vingeoring 206, sone 8 (SWECO, 2012).....	- 23 -
Figur 0-29 Vingeoring 316, sone 8 (SWECO, 2012).....	- 24 -
Figur 0-30 Totalsondering 316, sone 8 (SWECO, 2012).....	- 24 -
Figur 0-31 Vingeoring 317, sone 8 (SWECO, 2012).....	- 25 -
Figur 0-32 Totalsondering 317, sone 8 (SWECO, 2012).....	- 25 -

Innholdsfortegnelse

Forord.....	III
Figurliste	IV
Terminologi.....	1
Begreper	1
Forkortelser	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Oppdragsgiver	6
1.3 Problemstilling og begrensninger.....	7
1.3.1 Begrensinger	7
1.3.2 Problemstilling	8
1.3.3 Delspørsmål	8
2 Samfunnsperspektiv	9
2.1 InterCity	9
2.2 FNs bærekraftmål.....	9
2.3 Nasjonal transportplan.....	10
2.4 Miljø- og samfunnsmessige konsekvenser.....	11
3 Metode	14
3.1 Litteratursøk	15
3.2 Litteratur.....	16

3.2.1	«NVEs Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred».....	17
3.2.2	«Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred»	17
3.2.3	Datarapport grunnundersøkelser.....	18
3.2.4	NGF meldinger	19
3.2.5	Intercity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport	20
3.2.6	Planprogram for kommunedelplan til fastsettelse, Haug – Seut.....	20
3.3	Kartgrunnlag.....	20
3.4	Befaringer.....	21
3.5	Figurer	21
3.6	Feilkilder	22
4	Sprøbruddmateriale.....	24
4.1	Dannelse av sprøbruddmateriale og kvikkleire.....	24
4.2	Skred i sprøbruddmateriale og kvikkleire	27
4.3	Stabilitet	29
4.4	Grunnundersøkelser	30
4.4.1	Totalsondering	30
4.4.2	Prøveserie.....	32
4.4.3	Poretrykksmåling	32
4.4.4	Vinge boring	32
5	Resultat	33
5.1	Område 1	35

5.2	Område 2.....	37
5.3	Område 3.....	40
5.4	Område 4.....	52
5.5	Sammenligningsgrunnlag – Faregradsklassifisering.....	61
6	Drøfting.....	62
6.1	Gjennomføring av områdestabilitetsvurderingen.....	63
6.2	Resultater.....	65
6.2.1	Sone 1, sone 2, sone 4 og sone 7.....	65
6.2.2	Faresone 3 (Faresone 1-1).....	65
6.2.3	Faresone 5 (Faresone 2-1).....	67
6.2.4	Sone 6 (Faresone 2-2).....	68
6.2.5	Faresone 8 (Faresone 2-3).....	69
7	Konklusjon.....	70
7.1	Anbefalinger videre.....	72
	Referanseliste.....	73
	Vedlegg.....	77
	Vedlegg 1: Gjennomføring av områdestabilitetsvurdering.....	- 1 -
	Vedlegg 2: Grunnundersøkelser	- 6 -
	Område 1.....	- 6 -
	Område 2.....	- 8 -
	Område 3.....	- 11 -

Område 4.....	- 21 -
Vedlegg 3: InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport...	- 26 -
Vedlegg 4: InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport, vedlegg.....	- 54 -

TERMINOLOGI

BEGREPER

2G Bane NOR sin rådgiver på Haug – Seut prosjektet, et samarbeid mellom COWI AS og Multiconsult Norge AS.

Avrop Her ment som bestilling på grunnundersøkelser.

Erosjon Naturlige prosesser som sliter ned landoverflaten. Erosjon omfatter alle geologiske prosesser der jordoverflaten løsnes, oppløses og forflyttes (Bryhni, 2018). I denne bacheloroppgaven skjer erosjon hovedsakelig i forbindelse med vassdrag.

Faresone I en komplett kartlegging skal faresoner omfatte maksimalt løsneområde og utløpsområder der skredmasser kan medføre skader på byggverk og/eller utgjøre en fare for mennesker (Schanche og Haugen, 2014b).

Grunnvann Den delen av grunnen der alle sprekker og porer er fylt med vann.

Kvikkleire En leire med sprøbruddegenskaper, som vil si at den i omrørt tilstand har en skjærfasthet $c_{u,r} \leq 0,5$ kPa (Schanche og Haugen, 2014b).

Kvikkleiremektighet Hvor stor del av dybden til løsmasselaget ned til berg som består av kvikkleire.

<i>Løснеområde</i>	Området som glir ut når et skred inntreffer (Schanche og Haugen, 2014b).
<i>Marine avsetninger</i>	Finkornede sedimenter avsatt i saltvann under den marine grense, også kalt marin leire.
<i>OCR/forkonsolideringsforholdet</i>	En terrengsenkning, forårsaket av skred eller erosjon, kan føre til at leira får en høyere skjærfasthet enn nåværende terrengnivå skulle tilsi. Forholdstallet mellom tidligere og nåværende skjærfasthet kalles OCR (Gregersen, 2008).
<i>Planområdet</i>	Er et område som er satt av til planlegging. I denne bacheloroppgaven vil det gjelde området som er satt av til planlegging av jernbane i kommunedelplan.
<i>Poreovertrykk</i>	En differanse på poretrykket som opptrer hvis det overstiger et referansetrykk (Norsk Geotekniske Forening, 2017).
<i>Poretrykk</i>	Her ment som trykket i porevannet, der atmosfæretrykket er nullpunkt (Norsk Geotekniske Forening, 2017).
<i>Poreundertrykk</i>	En differanse på poretrykket som opptrer hvis det er under et referansetrykk (Norsk Geotekniske Forening, 2017).
<i>Sensitivitet</i>	Sensitivitet er et forholdstall mellom et materiale sin uforstyrrede og forstyrrede skjærfasthet. $S_t = c_u / c_{u,r}$ (Schanche og Haugen, 2014b). Denne verdien har vi hentet ut fra prøveseriene vi har fått tilgang til.
<i>Skjærspenning</i>	Spenningen som oppstår når en tverrbelaster et legeme.

Skjærfasthet Evnen til å motstå brudd.

Sprøbruddmateriale Løsmasser, oftest leire og silt, som har sprøbruddoppførsel. Det betyr at de ved overbelastning mister mye av sin fasthet og kan bli flytende. Sprøbruddmaterialer har i omrørt tilstand en skjærfasthet $c_{u,r} < 2$ kPa og sensitivitet $St > 15$ (Schanche og Haugen, 2014b).

Trasé En linje i terrenget for jernbane.

Utløpsdistanse Lengden fra løsneområdets nedre grense til skredmassens endepunkt (Schanche og Haugen, 2014b).

Utløpsområde Området der skredmassene avsettes nedenfor skredgropa (Schanche og Haugen, 2014b).

FORKORTELSER

<i>HS</i>	Haug – Seut
<i>KDP</i>	Kommunedelplan
<i>KVU</i>	Konsekvensutredning
<i>NGF</i>	Norsk Geotekniske Forening
<i>NGI</i>	Norges Geotekniske Institutt
<i>NGU</i>	Norges Geologiske Undersøkelser
<i>NTP</i>	Nasjonal Transportplan
<i>NVE</i>	Norges vassdrags- og energidirektorat
<i>NIFS</i>	Naturfare-Infrastruktur-Flom-Skred. NIFS-prosjektet er et samarbeid mellom Bane NOR, NVE og Statens Vegvesen.

1 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

Bane NOR har i forbindelse med InterCity satsningen på Østlandet besluttet at det skal bygges et nesten 17 kilometer nytt dobbeltspor fra Haug i Råde kommune til Seut i Fredrikstad kommune (Bane NOR, 2019a). Det ble i 1996 og 1997 vedtatt kommunedelplaner av Råde og Fredrikstad kommune for jernbanetrasé 6a2a mellom Haug og Seut.

Jernbaneverket, nå Bane NOR, gjennomførte en forstudie i 2015 og 2016, der muligheter for korridorer ble analysert. Denne vurderingen viste imidlertid at korridoren som ble valgt i 1996/1997 er meget krevende, men kan gjennomføres (Bane NOR, 2019b).

Senere i 2017 og 2018 ble det gjennomført flere grunnundersøkelser, dette avdekket at grunnforholdene på korridor 6a var verre enn først antatt. De dårlige grunnforholdene skyldes i hovedsak sprøbruddmateriale og kvikkleire. Dette førte til usikkerhet knyttet til kostnader, gjennomføring og framdrift. Resultatet som følger av de nye kunnskapene er et nytt økt kostnadsestimat for den opprinnelige korridoren. Hovedårsaken til denne økningen skyldes et større behov for geotekniske stabiliserings- og sikringstiltak enn først antatt (Bane NOR, 2019b).

Kostnadsøkningen førte til at Bane NOR sommeren 2018 besluttet å undersøke om det var muligheter for andre traséer, slik at usikkerheten og kostnaden til prosjektet kunne reduseres. Høsten 2018 ble det startet flere grunnundersøkelser langs de foreslåtte traséalternativene 5a, 5b variant c og d, vist på figur 1-1 (Bane NOR, 2018a). Der alternativ 2a, det siste stykket av traséen, er fastlagt.

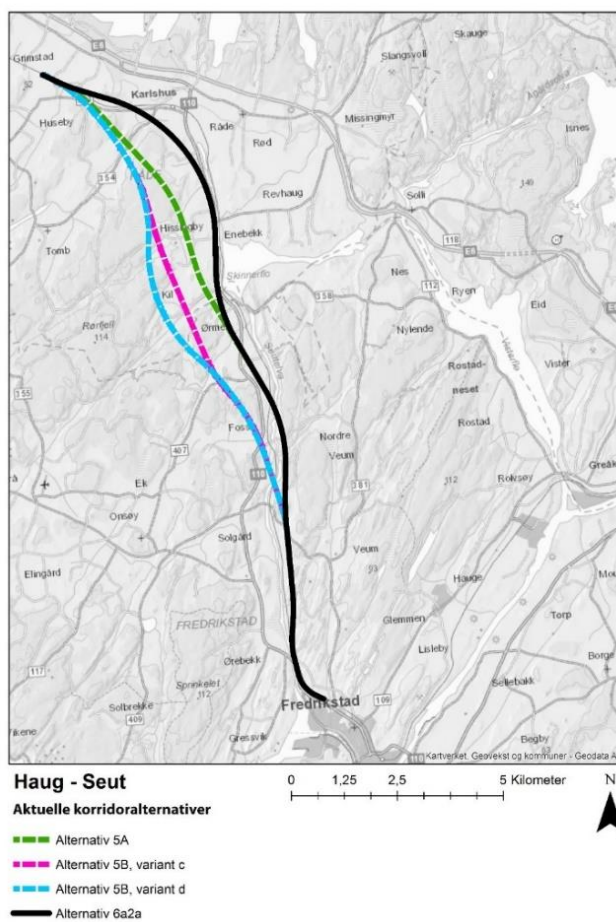
Utfallet av at de nye potensielle traséene undersøkes, er at det pågående planarbeidet for reguleringsplan med konsekvensutredning for strekningen avsluttes. Samtidig med oppstarten av flere grunnundersøkelser startet planarbeid for en ny kommunedelplan og teknisk hovedplan på strekningen.

Ifølge handlingsprogrammet for jernbanesektoren 2018-2029, skal strekningen mellom Oslo og Sarpsborg være klar innen 2029 (Bane NOR, 2019b).

I forbindelse med de krevende grunnforholdene på Haug – Seut prosjektet, var det et forslag fra Bane NOR at bacheloroppgaven skulle ta for seg områdestabiliteten på strekningen. Det ble derfor relevant å undersøke områdestabiliteten på et mindre område på trasé 6a og sammenligne med den tidligere utførte områdestabilitetsrapporten.

1.2 OPPDRAGSGIVER

Oppdragsgiveren for denne bacheloroppgaven er Bane NOR, et statlig foretak, som har ansvar for den nasjonale jernbaneinfrastrukturen. Formålet med Bane NOR er at de skal sørge for tilgjengelig jernbaneinfrastruktur i tillegg til effektive og brukervennlige tjenester, inkludert knutepunkts- og godsterminalutvikling (Bane NOR, 2018b).



Figur 1-1 Aktuelle traséalternativer (Bane NOR, 2018a)

1.3 PROBLEMSTILLING OG BEGRENSNINGER

1.3.1 Begrensinger

Haug – Seut prosjektet strekker seg over en strekning på 17 kilometer. Vår bacheloroppgave vil begrenses til å omfatte områdestabiliteten på en 3 kilometer strekning nord på trasé 6a. Av hensyn til tid og omfang for en bacheloroppgave, har det vært nødvendig å ta forutsetninger i enkelte deler av bacheloroppgaven. Der slike forutsetninger er tatt, fremkommer dette av teksten.

Det å gjennomføre en fullverdig områdestabilitetsvurdering er tidkrevende. Strekningen langs trasé 6a er derfor strukturert i fire områder innenfor de tre kilometerne vi har tatt for oss. Det gjøres oppmerksom på at en slik inndeling vil kunne ha en innvirkning på den totale områdestabilitetsvurderingen, og at vurderingen således ikke utgjør en fullstendig områdestabilitetsvurdering for trasé 6a.

Ved oppstart av denne bacheloroppgaven var det kun utarbeidet en områdestabilitetsvurdering for trasé 6a2a. Vi har derfor opparbeidet oss en formening om områdestabiliteten på en del av strekningen, og sammenlignet med rådgiver sin områdestabilitetsrapport på traséen. Det har ikke blitt tatt stilling til hvilket av traséalternativene som har de mest gunstige forholdene.

Bane NORs områdestabilitetsvurdering er strukturert i henhold til «NVEs Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred». Denne bacheloroppgaven har av den grunn basert seg på den samme strukturen gitt i punkt 1 til 9 i kapittel 4.5 (Schanche og Haugen, 2014a). «NVEs Veileder nr. 7-2014» har i tillegg gitt et punkt 10 som omhandler videre tiltak for å forbedre stabiliteten, dette punktet har ikke blitt gjennomgått grunnet bacheloroppgavens omfang.

Bacheloroppgaven har som hensikt å vurdere områdestabiliteten og parametere som tas hensyn til med den. Det er ikke tatt stilling til det økonomiske aspekter ved prosjektet, kulturminner, dyreliv, økologi, friluftsliv og naturverdier.

1.3.2 Problemstilling

Vår problemstilling for denne bacheloroppgaven er:

Områdestabilitetsvurdering på trasé 6a og en sammenligning med Bane NORs resultater.

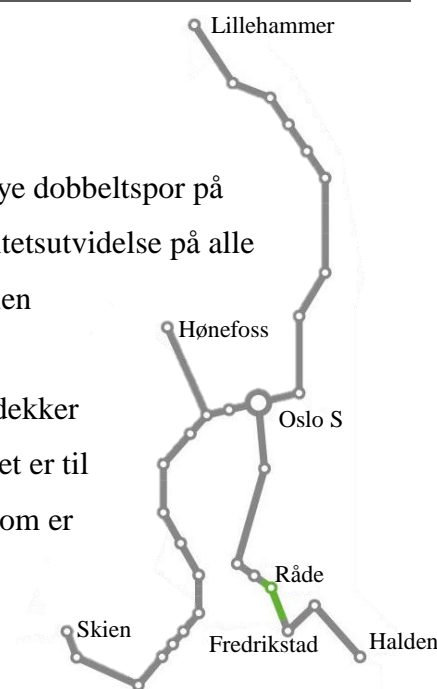
1.3.3 Delspørsmål

- Hvilke faktorer spiller inn for områdestabiliteten?
- I hvor stor grad samsvarer vår metode for gjennomføring av områdestabilitetsvurdering med Bane NORs utførte områdestabilitetsrapport?
- Hvilke ulikheter i resultatene kommer frem etter endt områdestabilitetsvurdering og sammenligning med områdestabilitetsrapporten?

2 SAMFUNNSPERSPEKTIV

2.1 INTERCITY

InterCity er navnet på Bane NOR sitt utbyggingsprosjekt for nye dobbeltspor på Østlandet. InterCity – prosjektet innebærer fornyelse og kapasitetsutvidelse på alle strekningene mellom Oslo S – Lillehammer, – Hønefoss, – Skien og – Halden (figur 2-1). Hensikten med prosjektet er å tilby miljøvennlige, raske og arealeffektive kollektivløsninger som dekker fremtidens befolkningsvekst. Dagens kollektivtransportkapasitet er til tider sprengt, og er ikke dimensjonert for befolkningsveksten som er beregnet på Østlandet i tiden fremover (Meld. St. 69 (2017), 2017).



Figur 2-1 InterCity-nettet (Bane NOR, 2019)

Det er en sterk økning i antall passasjerer som velger å benytte seg av togtilbudet. I løpet av de første åtte månedene i 2018 var det i underkant 36 millioner togpassasjerer på Østlandet, og NSB hadde en økning på 8,1 prosent på landsbasis fra året før. Passasjertallet på InterCity-nettet utgjør 81 prosent av alle togpassasjerene i landet (NSB, 2018).

InterCity – satsningen skal føre til at det blir lettere å pendle mellom byer, og forhåpentligvis fjerne noe av presset på Oslo – området. Stasjonene som bygges skal derfor plasseres slik at de er lett tilgjengelig for brukerne, uavhengig om de kjører eller ikke. Stasjonene skal bidra til å danne gode lokale knutepunkt- og byutvikling.

2.2 FNS BÆREKRAFTMÅL

FNs bærekraftsmål er en arbeidsplan for en felles verden og består av 17 mål. Disse målene skal i hovedsak utrydde fattigdom, bekjempe ulikheter og stoppe klimaendringene innen 2030. Mål 9: Innovasjon og infrastruktur, er det målet som omhandler bacheloroppgavens innhold og det valgte prosjektets mål om InterCity. En del av mål 9 er beskrevet slik: «Investeringen i transport, vanningsystemer, energi og informasjonsteknologi er helt avgjørende for å skape en bærekraftig utvikling». Her vises det til at det er ønskelig med

investering og utvikling innen transport for å oppnå en bærekraftig utvikling av samfunnet. Delmål 9.1 er beskrevet slik: «Utvikle pålitelig, bærekraftig og solid infrastruktur av høy kvalitet, herunder regional og grensekryssende infrastruktur, for å støtte økonomisk utvikling og livskvalitet med vekt på overkommelig pris og likeverdig tilgang for alle» (FN-Sambandet, 2019). Dette delmålet er mer beskrivende enn selve målet, og her kommer det tydelig frem at utvikling av infrastrukturen vil ha positiv innvirkning på samfunnet.

2.3 NASJONAL TRANSPORTPLAN

Under FNs bærekraftsmål kommer den nasjonale utformingen for samfunnet, altså Nasjonal Transportplan (NTP). Dette er den transportpolitikken regjeringen står for, og det er denne som danner grunnlaget for helhetlige politiske vurderinger, bruken av virkemidler på en effektiv måte og styrket samspill for transportformene. NTP utarbeides ved utredninger gjennomført av transportvirksomhetene, der regjeringen bruker disse som grunnlag. Her er transportvirksomhetene satt sammen av Avinor AS, Bane NOR, Kystverket, Nye Veier AS og Statens Vegvesen. NTP 2018 – 2029 satser i større grad på jernbanen, at den skal utbedres og utvikles for å bedre infrastrukturen, herunder satsing på InterCity-prosjektet. Gjennom utvikling av jernbanen vil gods- og passasjertilbudet økes betraktelig, og en ønsker at mer av godstransport skal gjøres via jernbanen for redusere utslippet betraktelig (Meld. St. 33(2016-2017), 2017).

Bane NOR planlegger og bygger på bestilling fra Stortinget. InterCity – prosjektet er vedtatt som en del av Nasjonal Transportplan 2018-2029 (Meld. St. 69 (2017), 2017) . Nasjonal transportplan beskriver at InterCity – satsningen skal bidra til:

- Kollektivtransport, sykkel og gange skal dekke veksten av persontransport i byområdene.
- Nullvekst i persontransport, dette for å legge til rette for:
 - o god fremkommelighet og effektiv utnyttelse av transportkapasiteten.
 - o å redusere klimagassutslipp, NO_x – utslipp og partikkelforensning.
- Boliger, kontorer, handel og service legges ved kollektivknutepunkt, slik at det legges til rette at befolkningen skal velge å reise kollektivt.
- Mer gods fra vei til sjø og bane.

2.4 MILJØ- OG SAMFUNNSMESSIGE KONSEKVENSER

Jernbaneutbygging fører til en rekke miljø- og samfunnsmessige hensyn på grunn av at det er et stort arealinngrep. Utbyggingen av jernbanen vil få konsekvenser for landskap, naturressurser, naturmangfold, kulturarv, friluftsliv, by- og bygdeliv (Bane NOR, 2019b). Det er en vesentlig problemstilling om konsekvensene utbyggingen forårsaker, kan begrenses og/eller kompenseres.

Det lokale området mellom Haug og Seut vil i stor grad bli påvirket av jernbaneutbyggingen. I første omgang er det grunneierne som blir berørt. Uavhengig av hvilken trasé som blir valgt av de fire alternativene, vil det føre til at grunneiere må flytte eller at deres tomteareal blir redusert. Resterende befolkning i Råde og Fredrikstad kommune vil bli berørt av prosjektet ved at de får et bedre togtilbud, men også at Råde og Fredrikstad sentrum vil bli tilrettelagt for et bedre kollektivtilbud.

Stasjonsplasseringen i Råde vil ha en innvirkning på hvordan Karlshus sentrum utvikler seg i fremtiden. Ifølge kommunedelplanen for Karlshus (2005 – 2017), ønsker Råde kommune en sentrumsutvikling i Karlshusområdet mot fremtidens jernbanestasjon (Råde Kommune, 2005). En revidering av kommunedelplanen er iverksatt, med et ønske om at planen også skal inneholde Haug – Seut prosjektet med tilknyttet infrastruktur, som togstasjonen, innfarts-/pendlerparkering og nye atkomster for kjørende, syklende og gående (Bane NOR, 2019b).

Kommunedelplanen for Fredrikstad legger til rette for ulike løsninger knyttet til fremtidens jernbaneplassering (Fredrikstad Kommune, 2011). Strekningen mellom Fredrikstad og Sarpsborg skal også bygges ut, med en ny stasjonsplassering i Fredrikstad sentrum. Dette går under Fredrikstad – Sarpsborg prosjektet, og strekker seg fra Seut til Sarpsborg.

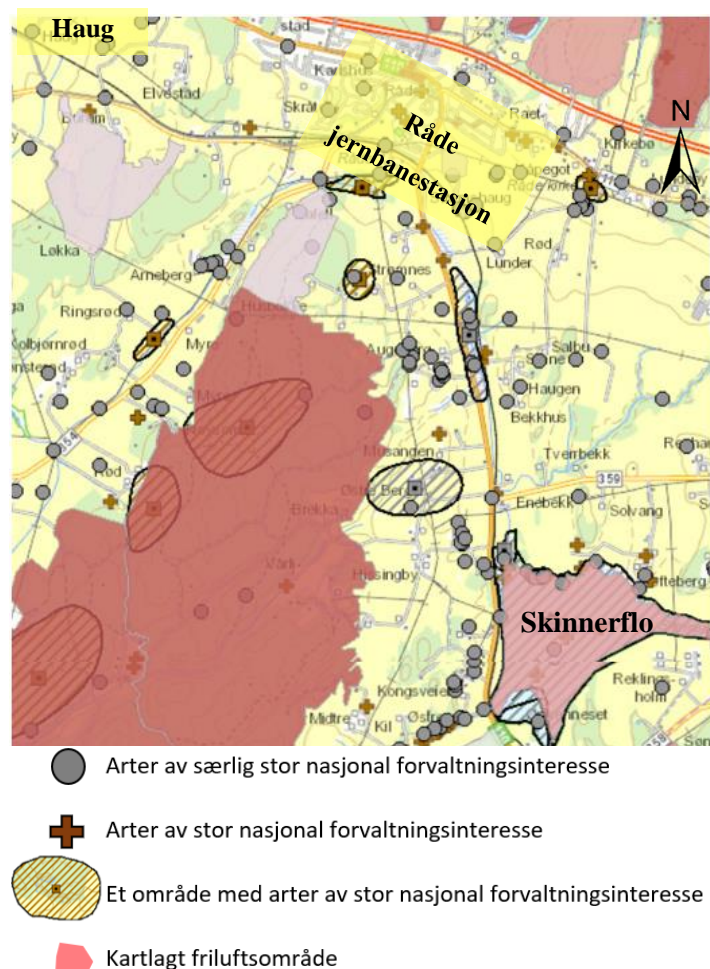
Det at reisetiden til Oslo forkortes, kan føre til en tilflytning i Østfoldbyene fra Oslo området. Utflyttingen fra Oslo øker kraftig, der tallene viser at befolkningen flytter til nabofylkene (Statistisk sentralbyrå, 2018). Samtidig har Østfold de siste årene hatt en jevn befolkningsvekst. Befolkningsveksten i østfoldkommunene har en større økning enn antall arbeidsplasser, som antyder at flere velger å pendle til Oslo (Leknes et al., 2016). Dette kan indikere at det i fremtiden kan bli en enda større befolkningsvekt fra Oslo området, som en følge av et forbedret kollektivtilbud og at boligprisene er lavere enn i Oslo.

Bane NOR ønsker et miljøvennlig transportsystem. Med miljøvennlig menes at transportsystemet bygges arealeffektivt, gir lavest mulig forurensende utslipp og minst mulig inngrep i verdifulle natur-, kultur- og landbruksinteresser. Dette gir mulighet for utvikling av kompakte byer og tettsteder som minimaliserer transportbehovet (Bane NOR, 2019b).

Landskapet mellom Haug og Seut er et natur- og kulturlandskap. Dette vil si at det er et område som både er påvirket av mennesker i større eller mindre grad. I dette tilfellet har mennesker påvirket landskapet med landbruk, som store åpne sletter innrammet av skog. En jernbanetrasé krever store områder og har derfor betydelig påvirkningskraft på hvordan en oppfatter landskapsbildet. Landskapsbildet er menneskets oppfatning av et område i landskapet. Dette omfatter alle omgivelsene både det visuelle, det en oppfatter med synet, og hva en hører og lukter.

Friluft-, by- og bygdeliv er basert på hvordan områder utnyttes av allmenheten. Det er flere områder på strekningen Haug – Seut som er viktige områder for friluftsliv. Et eksempel er vist på figur 2-2, der det røde området er et viktig friluftsområde, som blant annet benyttes av en speidergruppe ment for barn og ungdom (Bane NOR, 2019c).

Naturmangfold omfatter både mangfoldet i vann og på land, men også livsbetingelsene knyttet til disse. På figur 2-2 er det markert funn av arter av nasjonal forvaltningsinteresse, som for eksempel fuglearter, reptiler og trær. På planområdet mellom Haug og Seut er det to naturreservater, Skinnerflo og Skårakilen. Disse områdene er knyttet til de største naturverdiene, det er derfor viktig å ivareta disse på best mulig måte.



Figur 2-2 Friluftsområder og arter av nasjonal forvaltningsinteresse (modifisert) (Miljødirketoratet, 2019)

Kulturarv er definert som spor mennesker har etterlatt seg. Området mellom Elvestad og Skinnerflo er et regionalt viktig kulturmiljø og kulturlandskap. Der det er flere automatisk fredete kulturminner, som vil si at det er kulturminner fra før 1537 eller byggverk som ble reist før 1650. De automatisk fredete kulturminnene på strekningen innebærer gravhauger, gravfelt og bergkunst (Bane NOR, 2019a). På resterende del av strekningen er det bygdeborger, bergkunst og krigsminner fra andre verdenskrig. Det er et stort potensial for at flere funn av automatiske fredete kulturminner i dyrket jord kan forekomme under utbygging (Bane NOR, 2019a).

Naturressurser i denne sammenheng menes som ressurser forbundet med landbruk, fiske, havbruk, vann, berggrunn og løsmasser. I det aktuelle området er det store arealer med dyrket jord, der kornproduksjon dominerer med noe husdyrbruk. Ved Elvestad er det funnet mineralet Beryllium og det er ellers registrert pukkløse i området. Det er i tillegg et reservedrikkevannsinntak som kan berøres ved at dets nedbørsfelt kan bli forurenset under utbyggingen (Bane NOR, 2019c).

Det nye dobbeltsporet som skal bygges har en annen plassering enn dagens jernbanestrekning. Dette medfører at det vil bli nye områder som påvirkes av støy. Da spesielt under utbyggingen, men også ved fremtidig togtrafikk. Støy er et miljøproblem som bidrar til redusert velvære og mistrivsel (Miljødirektoratet, 2017). Det skal i den forbindelse utarbeides et støysonekart, dette skal sikre at støyutsatte områder rundt eksisterende og fremtidige støykilder synliggjøres (Bane NOR, 2019b).

Ved prosjektering av jernbanen må det tas stilling til fremtidige klimaendringer. Det er ventet at de fremtidige klimaendringer kan føre til en økning av skred i sprøbruddmateriale, dette er en følge av hyppigere og større flommer som bidrar til økt erosjon (Hanssen-Bauer et al., 2015). Skredfaren i sprøbruddmaterialer under den marine grense er knyttet til terrenginngrep av mennesker eller erosjon fra elver og bekker. Ofte og økt intensitet av nedbør fører statistisk sett til flere skredhendelser. Dannelse av sprøbruddmateriale er forbundet med utvasking av det salte porevannet, noe som foregår over en lengre periode på grunn av leiras tetthet. Hyppigere nedbør med økt intensitet vil derfor ikke umiddelbart medføre at det blir mer sprøbruddmateriale (Wiig et al., 2019).

3 METODE

Metode er en fremgangsmåte for å finne svar på et spørsmål eller en problemstilling ved innsamling av foretrukket type data (Halvorsen, 2016). Det har i denne bacheloroppgaven blitt brukt både kvantitativ og kvalitativ metode for å finne svar på problemstillingen.

Kvantitativ metode er innhenting og tolkning av tallfestet data, som i dette tilfellet er bruk av resultater fra grunnundersøkelsene, altså tallmateriale. Kvalitativ metode er en måte å analysere og tolke data, men datainnsamling og vurderingen foregår samtidig. Her har den kvalitative metode gått ut på analyse av området i form av befaring, som har gitt en annen forståelse av området enn grunnundersøkelsene. Den kvalitative metoden har blitt brukt som en oppfølging til den kvantitative metoden for å oppnå en utdypning av resultatene (Halvorsen, 2016).

Det er mange undersøkelesesenheter i form av grunnundersøkelser som er samlet inn av eksterne entreprenører for Bane NOR. Grunnundersøkelsene er lagret i en database tilgjengelig internt i Bane NOR. Resultatene i bacheloroppgaven er derfor mulig å etterprøve. Vi har tolket grunnundersøkelser i form av totalsonderinger, disse viser motstanden i et materiale som tallfestes i en kurve, som vi videre har tolket til å være en type løsmasse, se vedlegg 2 (Halvorsen, 2016). Prøveserier og poretrykkmålinger har i tillegg blitt benyttet for å innhente tallfestet data i form av ulike faktorer brukt i områdestabilitetsevalueringen.

Det er lagt vekt på at all data som samles inn skal bidra til sammenheng i bacheloroppgaven, da de ulike typer av innsamlet data skal kunne underbygge og styrke våre resultater. I bacheloroppgaven vil vi oppnå og formidle en god forståelse. Det skal oppnås ved riktig fremstilling av data fra tidligere utførte grunnundersøkelser, samt sørge for en strukturert fremstilling av våre resultater og tolkninger. Nærhet til området skal tilstrebes ved befaring og har til hensikt å bedre vår forståelse. Det er gjennomført en litteraturstudie av relevant informasjon med den hensikt å oppnå best mulig resultatforståelse.

Validiteten gir graden av gyldighet konklusjonen har kommet frem til. Metodekombinasjonen som blir brukt i denne bacheloroppgaven styrker validiteten (Halvorsen, 2016).

Bacheloroppgavens validitet har også blitt sikret ved at en har benyttet en metode der en kan trekke en gyldig konklusjon ut fra resultatene. Vårt resultat har blitt basert på en metode for

områdestabilitetsvurdering, der mange faktorer har spilt inn for å sikre gyldigheten ved at et større informasjonsgrunnlag ligger til grunn.

Reliabiliteten til resultatene tilsier hvor pålitelige målingene er, ved at uavhengige målinger kommer frem til tilnærmet likt resultat (Halvorsen, 2016). Bacheloroppgavens reliabilitet har blitt sikret ved at vi har begrunnet vår vurdering, slik at etterprøvbareheten øker.

3.1 LITTERATURSØK

Dette er en litteraturstudie der det er benyttet ulike databaser til litteratursøk, for å finne relevant og aktuell informasjon på det valgte temaet områdestabilitet i sprøbruddmateriale. Herunder har vi valgt vitenskapelige databaser som Oria tilknyttet NTNU, Engineering Village og Google Scholar. Innenfor litteratursøkene er det i tillegg benyttet NVE sin søkeportal for å finne relevante rapporter innenfor deres bibliotek.

De søkeordene som er benyttet og er mest relevante for bacheloroppgaven er:

- Områdestabilitet
- Sprøbruddmateriale – Brittle clay
- Kvikkleire – Quick clay
- Marin leire – Marine clay
- Marin grense – Marine limit
- Sensitiv leire – Sensitive clay
- Sensitiv marin leire – Sensitive marine clay
- Marine sedimenter – Marine sediments
- Skråningsstabilitet – Slope stability

Søkene ble utført med ulik sammensetning av søkeordene. I noen tilfeller er det valgt ut hvilke språk og geografisk område artiklene er hentet fra, da oppfatningen av søkeordene varierer fra land til land. Vi har forsøkt å finne artikler innenfor sprøbruddmateriale og kvikkleire som omhandler stabilitet.

Vi har ikke lyktes med å finne et engelsk faguttrykk som beskriver områdestabilitet, det oversettes av den grunn direkte til «area stability». Områdestabilitet er et lite tema innenfor sprøbruddmateriale og kvikkleire, derav har vi ikke funnet litteratur som er relevant for vår bacheloroppgave som ikke har norsk opphav. Årsaken til dette er at områdestabilitet er i hovedsak utviklet som et norsk begrep i forbindelse med «NVEs veileder nr. 7-2014».

Sprøbruddmateriale og kvikkleire er et fenomen som er lite utbredt utenfor Skandinavia, se kapittel 4.1 Dannelse av kvikkleire (NGI, 2019). Hovedvekten av informasjon som er relevant om sprøbruddmateriale, kvikkleire og områdestabilitet er publisert i form av rapporter. Disse er utarbeidet av og for ulike faglige organisasjoner som for eksempel NVE og NGU. Kunnskap om oppførselen til sprøbruddmateriale og kvikkleire er erfaringsbasert. Rapportene er av den grunn ofte skrevet som et samarbeid mellom forskere og personer som arbeider innenfor faget ute i felt.

3.2 LITTERATUR

I bacheloroppgaven er det i hovedsak benyttet rapporter. Rapportene er utarbeidet av fagpersoner som arbeider i eller for organisasjoner og firmaer, ofte i samarbeid med forskere fra NGU, NGI eller NTNU i Trondheim. Informasjon som utarbeides og publiseres, anvendes i forbindelse med utbygging i marin leire, som for eksempel «NVEs veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred» (Schanche og Haugen, 2014b).

Rapportene som danner grunnlaget for denne bacheloroppgaven er valgt etter anbefalinger fra våre veiledere. Det er i denne bacheloroppgaven benyttet rapporter publisert av NVE, NGI, NGF, NGU og NIFS-prosjektet. Det er i tillegg anvendt Bane NOR sine rapporter som supplerende informasjon. Dermed er det sørget for at litteratur drevet av interne interesser ikke er benyttet.

3.2.1 «NVEs Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred»

Bane NOR sin «Teknisk Designbasis for InterCity – strekningene» er en egen oversikt over sikre standardiserte og formålstjenlige løsninger for jernbanestrekningene i InterCity området. Ifølge denne skal alle tiltak på områder som ligger under den marine grense, utredes i henhold til «NVEs Veileder nr. 7-2014» (Bane NOR, 2017).

Formålet med «NVEs Veileder nr. 7-2014» er å gi en mal for geotekniske utredninger og dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred i kvikkleire, og andre sprøbruddmaterialer i forbindelse med arealplaner og byggesaker (Schanche og Haugen, 2014b). I «NVEs Veileder nr. 7-2014» er begrepet kvikkleire brukt som en fellesbetegnelse for kvikkleire og sprøbruddmateriale. I bacheloroppgaven er det valgt å skille mellom begrepene.

«NVEs Veileder nr. 7-2014» ligger til grunn for vår områdestabilitetsvurdering av valgte områder, nøyaktig fremgangsmåte er å finne i Vedlegg 1: Gjennomføring av områdestabilitetsvurderingen. Hovedpunktene er hentet fra kapittel 4.5 (Schanche og Haugen, 2014a):

1. Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være.
2. Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense.
3. Avgrens områder med marine avsetninger.
4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.
5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.
6. Gjennomføring av befarings og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag.
7. Avgrens løsneområdet mer nøyaktig.
8. Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser.
9. Avgrens og faregradsklassifiser faresoner.

Kapittelet inneholder i tillegg et punkt nummer 10, som omhandler stabiliserende tiltak. Dette har som tidligere nevnt ikke blitt gjennomgått i bacheloroppgaven.

3.2.2 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred»

I områdestabilitetsvurderingen er «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» benyttet, en rapport fra NIFS-prosjektet. Dette skyldes at det eksisterer lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsområder for områdeskred. I «NVEs Veileder nr. 7-2014» er det ikke lagt til grunn noen metode for vurdering av

utløpsområde. «Teknisk Designbasis for InterCity – strekningene» presiserer at NIFS-prosjektets rapporter ikke er ferdig innarbeidet i «Teknisk regelverk» og «Teknisk Designbasis for InterCity – strekningene». Vi har videre valgt å benytte oss av denne NIFS rapporten, for å få et bedre vurderingsgrunnlag. Denne rapporten har som mål å utvikle praktiske metoder for mer nøyaktig beregning av løsne- og utløpsmetoder, som er basert på tilgjengelig litteratur og empirisk kunnskap. Forslag til metode for bestemmelse av utløpsområde (Aunaas *et al.*, 2016):

Ved retrogressive/skalkskred i kanalisert terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 3 * \text{Løsnedistanse}$$

Ved retrogressive/skalk skred i åpent terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * \text{Løsnedistanse}$$

Ved flakskred eller rotasjonsskred, i alle typer terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 0,5 * \text{Løsnedistanse}$$

3.2.3 Datarapport grunnundersøkelser

COWI AS har utarbeidet en rekke datarapporter som presenterer grunnundersøkelser utført i området og i laboratoriet på strekningen mellom Haug og Seut. Rapportene inneholder resultater fra de ulike grunnundersøkelsene som er gjennomført av COWI AS og er delt inn etter avrop fra Bane NOR. Vi har benyttet oss av rapportene for å få et bilde av de lokale grunnforholdene, som er et viktig grunnlag for hvilke områder som er valgt i områdestabilitetsvurderingen. Grunnundersøkelsene som har blitt gjort tilgjengelig for denne bacheloroppgaven er bestående av totalsonderinger, prøveserier, poretrykksmålere og vingeboringer.

Grunnundersøkelsene er angitt med prosjektnavn og borrhullsnummer i datarapportene. Følgende er benyttet:

- «Avrop Ø-HS-45 Kjellerød i Råde kommune, Datarapport grunnundersøkelser» (COWI AS, 2017b)
 - o HS-1002 – HS-1003
 - o HS-1101 – HS-1123
- «Avrop Ø-HS-46 Strømnes i Råde kommune, Datarapport grunnundersøkelser» (COWI AS, 2017a)
 - o HS-2001 – HS- 2032
 - o HS-2101 – HS- 2115
- «Avrop Ø-HS-060 Mellom Haug og Hafell i Råde kommune, Datarapport grunnundersøkelser» (COWI AS, 2018)
 - o HS-1004 – HS- 1009
 - o HS-1124 – HS- 1148
- «Råde jernbanestasjon – Grunnundersøkelser Datarapport – Fase 1» (SWECO, 2012)
 - o 206, 316 og 317

For enkelhetsskyld er det videre i denne bacheloroppgaven valgt å referere til grunnundersøkelsene ved å kun bruke nummeret til prøven, uten prosjektnavnet HS foran. I noen tilfeller der det er mistenkt sprøbruddmateriale har COWI gjennomført videre prøveserie for å avdekke dette. I «NVEs Veileder nr. 7-2014» er det spesifisert at aktsomhetsområder innebærer områder i sprøbruddmaterialer, vi har av den grunn markert prøveseriene med rødt der det er påvist sprøbruddmateriale i kartene i resultatkapittelet.

3.2.4 NGF meldinger

Det er utført en tolkning av grunnundersøkelsene i de valgte områdene. Dette ble gjennomført ved å se på meldinger fra Norsk Geoteknisk Forening, NGF. Meldingene er en veiledning der en går tydelig inn på hvordan ulike grunnundersøkelser utføres, i tillegg til hvordan en skal analysere resultatene av dem. De benyttede meldingene er melding nr. 4 «Veiledning for utførelse av vinge boring» (Norsk Geotekniske Forening, 1989), nr. 6 «Veiledning for grunnvannstand og poretrykk» (Norsk Geotekniske Forening, 2017) og melding nr. 9 «Veiledning for utførelse av totalsondering» (Norsk Geotekniske Forening, 2018).

3.2.5 Intercity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport

Bane NOR sin områdestabilitetsrapport er produsert av prosjektets rådgiver 2G (2G, 2017a). Rapporten inneholder en vurdering av områdestabiliteten på trasé 6a2a, mellom Haug og Seut. Utredningen er basert på «NVEs Veileder nr. 7-2014», på grunnundersøkelser, kart og befaringer. Områdestabilitetsrapportens vedlegg inneholder kart der faresoner og tolkede grunnundersøkelser er markert.

Vi har benyttet oss av områdestabilitetsrapporten for å få et innblikk i hvordan en skal gjennomføre en områdestabilitetsvurdering og videre for å sammenligne resultater. Delene av områdestabilitetsrapporten og dens vedlegg som er relevant for denne bacheloroppgaven er vedlagt i vedlegg 3 og vedlegg 4.

3.2.6 Planprogram for kommunedelplan til fastsettelse, Haug – Seut

Formålet med planprogrammet er å gi rammer og føringer for planlegging av KDP med KVU for det nye dobbeltsporet på Haug – Seut. Planprogrammet skal gi en oversikt over strekningens formål, bakgrunn, forutsetninger for planleggingsarbeid, planområdet, utredningskorridor, utredningsprogram samt planprosess, informasjon, medvirkning og framdrift (Bane NOR, 2019b). Planprogrammet er benyttet for å finne generell informasjon om prosjektet og for å dekke de områdene der det ikke har vært tilgang til mer spesifikk informasjon.

3.3 KARTGRUNNLAG

Det er i denne bacheloroppgaven benyttet diverse karttjenester tilgjengelig på nett. Dette har vært nødvendig for å kunne skaffe nok bakgrunnsinformasjon på området. Karttjenestene som har blitt brukt:

- NGU sine karttjenester for å innhente informasjon om:
 - o Marin grense og mulighet for marin leire (NGU, 2015).
 - o Løsmassekart (NGU, 2015).
- Kartverket sine karttjenester for å innhente informasjon om:
 - o Stedsnavn (Kartverket, 2019)

- Høydedata, terrengprofil, høydevariasjoner (DOM Høydeplott) og terrenghelning (DTM Helning grader) (Kartverket, 2019)
- NVE sin karttjeneste for å innhente informasjon om:
 - Kvikkleiresoner og tidligere registrert skredaktivitet (NVE, 2019)
- Miljødirektoratet sin karttjeneste for å innhente informasjon om:
 - Naturmangfold, friluftsliv og kulturminner (Miljødirektoratet, 2019)
- Google Maps for å få en bedre terrengforståelse før utført befaring (Google, 2019)

3.4 BEFARINGER

Befaringer er viktig innenfor geoteknikk for å kunne få et helhetlig inntrykk av terrenget og lokale forhold. Befaring ble utført med eksterne veiledere den 12. april 2019. Under denne befaringen tok vi for oss område 3 og 4, da det innenfor disse to områdene befinner seg soner som er faregradsevaluert. Under denne befaringen så vi etter berg i dagen, bekker, planeringer og lignende som kan begrense løsneområdet, dette ble markert i utskrevne kart. Bilder fra befaringen vises i kapittelet som omhandler resultater.

3.5 FIGURER

Figurene som er benyttet i denne bacheloroppgaven er hentet fra følgende:

- Bane NOR og underentreprenører
- Kartverket
- Miljødirektoratet
- Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
- Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE)
- Norsk Geotekniske Forening (NGF)

Hver enkelt organisasjon er kontaktet og vi har fått bekreftelse på at figurene kan brukes i bacheloroppgaven.

3.6 FEILKILDER

Det å gjennomføre en områdestabilitetsvurdering er en avansert prosess, som går ut fra ulike metoder basert på empiriske data og ut fra erfaring. Det er mange faktorer som spiller inn for områdestabiliteten, slik som mektigheten av kvikkleire, sensitiviteten, helning, erosjon og eventuelle inngrep.

I bacheloroppgavens områdestabilitetsvurdering har de ni punktene fra «NVEs Veileder nr. 7-2014» blitt gjennomgått. For hvert punkt er det flere feilkilder som kan fremkomme. En feilkilde kan føre til mindre troverdige resultater. Det er valgt å dele inn feilkildene for denne bacheloroppgaven i systematiske og tilfeldige feilkilder. En systematisk feilkilde er en feil som gjentas konsekvent, og en tilfeldig feilkilde er en feil som ikke går i en spesifikk retning (Svardal, 2018).

Ved gjennomføring av denne bacheloroppgaven kan det oppstå en forventningseffekt av resultatene. Dette på grunn av at områdestabilitetsrapporten ble sett gjennom ved oppstart av bacheloroppgaven. Det å se gjennom sammenligningsgrunnlaget før oppstart, kan ha ført til at en får forventninger til resultatene (Svardal, 2018). I områdestabilitetsrapporten er det markert ut faresoner. Det at en har sett disse på forhånd, kan føre til at en får en forventning til plassering av faresonene. Dette kan ha ført til at eventuelle faresoner kan ha blitt oversett, eller feilaktig plassert. Dette kan være en systematisk feilkilde, da den gjelder konsekvent gjennom bacheloroppgaven.

Vurdering av områdestabilitet er i stor grad erfaringsbasert. Dette medfører at en som har praktisert områdestabilitetsvurdering flere ganger tidligere, kan ha opparbeidet seg erfaring slik at resultatene er av større nøyaktighet. Områdestabilitetsvurderingen i denne bacheloroppgaven er den første vi har tatt for oss. Dette kan ha ført til at det har oppstått systematiske feil. Dette kan for eksempel være feilaktig tolkning av grunnundersøkelser og feil bruk av parametere fra prøveseriene. Tilfeldige feil kan i tillegg ha oppstått ved at for eksempel faresoner har blitt plassert unøyaktig.

Store deler av bacheloroppgavens resultater har kommet frem ved tolkning av grunnundersøkelser. Bane NOR sin rådgiver har under sitt arbeid med områdestabilitetsrapporten hatt tilgang til et større antall grunnundersøkelser, enn det som har vært tilgjengelig under denne bacheloroppgaven. Dette medfører at rådgiveren har et større

grunnlag for vurdering av områdestabiliteten. Konsekvensen av dette kan være at bacheloroppgaven i noen områder har manglende opplysninger. Dette er en systematisk feilkilde, da den kan gå igjen konsekvent flere steder.

Tallmaterialet i grunnundersøkelsene er vesentlige for resultatene til bacheloroppgaven. Under utføringen av grunnundersøkelsene kan det ha oppstått feil ved innsamling av data. Dette kan skyldes unøyaktighet, feil på utstyr eller andre tilfeldigheter. Dette er tilfeldige feil som kan være vanskelig å oppdage og kan føre til unøyaktige resultater.

I faregradsevalueringen er en avhengig av en prøveserie for å innhente informasjon. Prøveserien er av den grunn vesentlig for å kunne gi en nøyaktig vurdering av en faresone. Ved flere av faregradsevalueringene har det hendt at det har vært manglende prøveserier innenfor sonen, dette har ført til at prøveserier utenfor sonen har blitt benyttet. Den samme problemstillingen gjelder for poretrykksmålere. Dette gir konsekvenser for resultatet. Denne feilkilden har vært systematisk gjennom bacheloroppgaven.

En av faktorene som er vesentlig for områdestabiliteten er inngrep gjennomført i området. Etter endt befaring har det blitt konkludert med at det ikke er noen pågående inngrep i området. En tilfeldig feil som kan oppstå for faregradsevalueringen er at inngrep har blitt utført etter befaring. Et eksempel på dette kan være planering eller masseforflytning i området.

Det er oppdaget feil i vedlegget til områdestabilitetsrapporten som inneholder kartgrunnlaget til grunnundersøkelsene. Denne feilen består i uoverensstemmelse mellom kartgrunnlaget og datarapporten til grunnundersøkelsene. Dette gjelder grunnundersøkelsene 2006 og 2007, der dybde ned til berg er feil oppgitt sammenlignet med datarapporten til grunnundersøkelsene. Dermed kan en ikke se bort fra at flere lignende feil finnes i kartgrunnlaget tilhørende områdestabilitetsrapporten. Reliabiliteten til kartgrunnlaget vil derfor reduseres. Dette vil være en tilfeldig feilkilde.

4 SPRØBRUDDMATERIALE

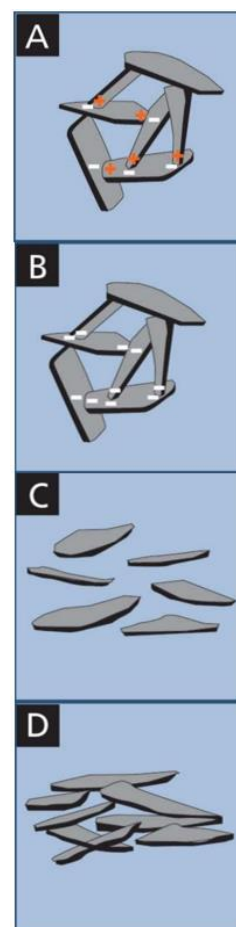
4.1 DANNELSE AV SPRØBRUDDMATERIALE OG KVIKKLEIRE

Kvikkleire er en jordart med sprøbruddsegenskaper, som vil si at det er et sprøbruddmateriale. Betydningen av dette i geoteknisk sammenheng, er at et sprøbruddmateriale er løsmasser som ved overbelastning mister mye av sin fasthet og kan bli flytende. Både silt- og leirmateriale kan være sprøbruddmaterialer. Der forskjellen på kvikkleire og et sprøbruddmateriale er verdien på løsmassenes omrørte skjærfasthet ($c_{u,r}$), som for sprøbruddmaterialer er $c_{u,r} < 2$ kPa og for kvikkleire er $c_{u,r} < 0,5$ kPa (Schanche og Haugen, 2014b). Sprøbruddmateriale krever i tillegg en sensitivitet $S_t > 15$. Dette medfører at det er flere løsmasser som faller innenfor begrepet sprøbruddmateriale enn kvikkleire.

Sprøbruddmateriale opptrer i områder med marin leire, finkornede sedimenter, som er avsatt under den marine grense. Marin grense er en betegnelse på hvor havnivået var under den siste istiden. Under denne perioden var Norge dekket av et nesten tre kilometer tykt lag med is, som førte til at store mengder med løsmasser ble erodert fra berggrunnen. Videre fraktet smeltevannet løsmassene til brekanten, der det ble sedimentert i saltvann (Wiig et al., 2019).

Når leirpartikler blir avsatt i saltvann, flokkulerer de seg og danner en åpen struktur, noe som ofte kalles korthusstruktur. Denne korthusstrukturen (figur 4-1 A) holdes sammen av ionebindinger. Ionebindingene skyldes det salte porevannet, der korthusstrukturen holdes oppe ved at kantene har motsatt ladning av flatene. Ionene i porevannet fører til at leira forholder seg stabil.

Etter at isen smeltet førte landhevingen til at de tidligere strandsonene ble hevet over havnivå. Når det salte porevannet blir skiftet ut med ferskvann fører dette til at bindingene mellom kantene og flatene blir svekket (figur 4-1 B). Leira kan beholde sin korthusstruktur frem til den blir belastet over sitt styrkenivå, som følge av naturlig eller menneskelig påvirkning.



Figur 4-1 Kvikkleire som kolliderer (Reite, Sveian og Erichsen, 1999)

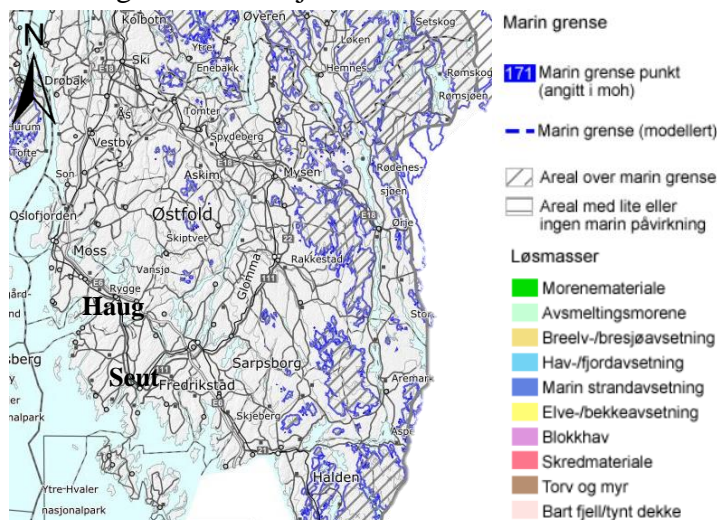
Leira mister da sin korthusstruktur og blir flytende på grunn av overskudd av porevann (figur 4-1 C). Etter kollaps av korthusstrukturen vil partiklene sedimenteres på nytt og oppnå en stabil tilstand (figur 4-1 D) (Reite, Sveian og Erichsen, 1999).

Utsiftingen av det salte porevannet skyldes grunnvannsstrømmingen gjennom leirsedimentene. Leiras lave permeabilitet, materialets gjennomstrømmingsevne, fører til at utvaskingen kan ta lang tid. Noen steder kan dette ta hundre eller tusenvis av år (Solberg et al., 2011). Mellom overflaten og grunnvannstanden dannes det ofte en tørr leireskorpe. Denne skorpa kan være opptil flere meter tykk og er ikke kvikk.

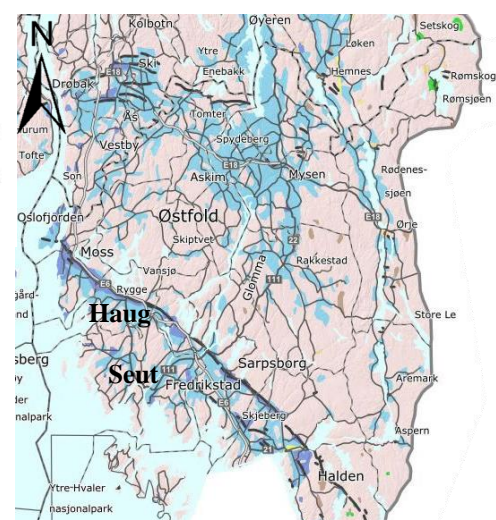
Kvikkleire finnes flere steder i verden som Canada, Alaska, Russland og Finland, men er mest utbredt i Norge og Sverige. I Norge finnes kvikkleire på Østlandet, i Trøndelag, Nord – Norge og noen steder langs kysten. Det som avgjør om et område kan ha marin leire, er om det ligger under den marine grensen. Nivået for den marine grensen varierer over hele landet, fra 220 meter over havet på Østlandet, til 90 meter over havet i Troms (Wiig et al., 2019).

Figur 4-3 viser hvor den marine grensen ligger i Østfold og figur 4-4 viser mer detaljert hvor det er sannsynlighet for marin leire mellom Råde og Fredrikstad. I dette området ligger den marine grensen på 190 meter over havet (NGU, 2015).

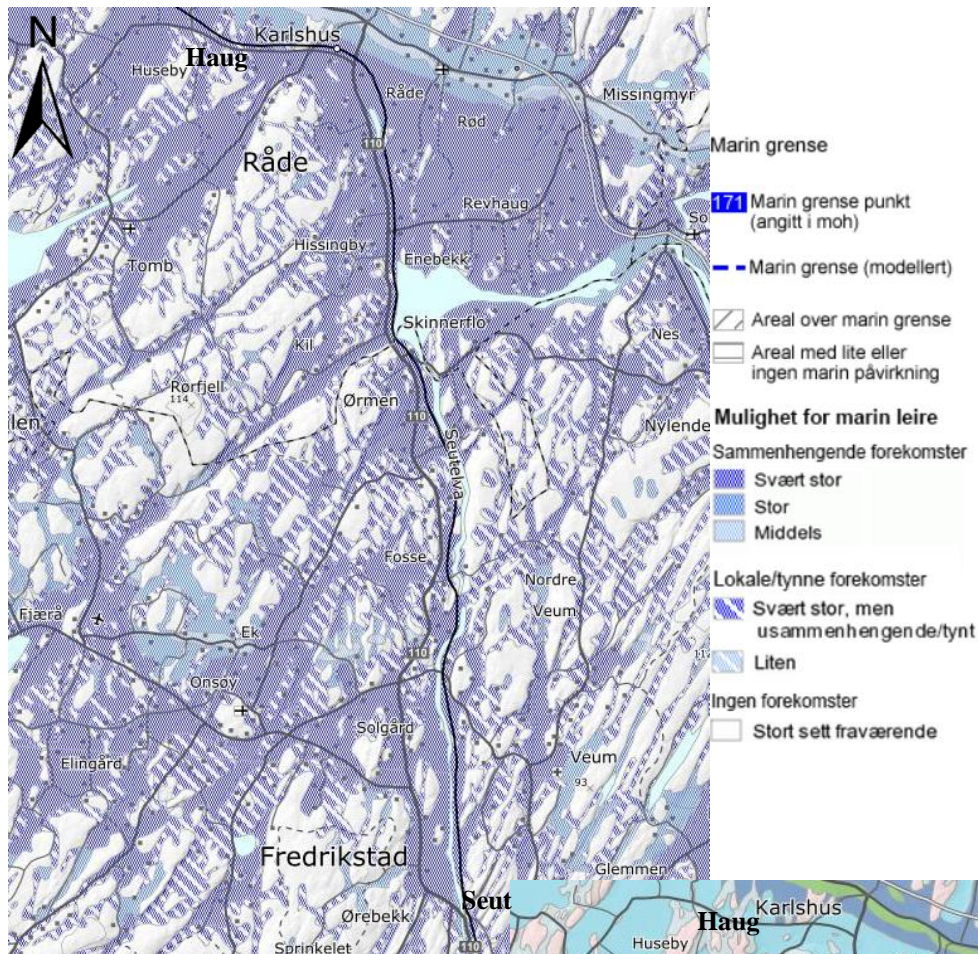
Marin leire kan ligge under andre løsmasser som ble avsatt under og etter siste istid. Elve- og breavsetninger vil typisk ligge over marin leire, men også andre løsmasser som myr (Wiig et al., 2019). Figur 4-2 og 4-5 viser at området mellom Haug og Seut har for det meste marine avsetninger eller bart fjell.



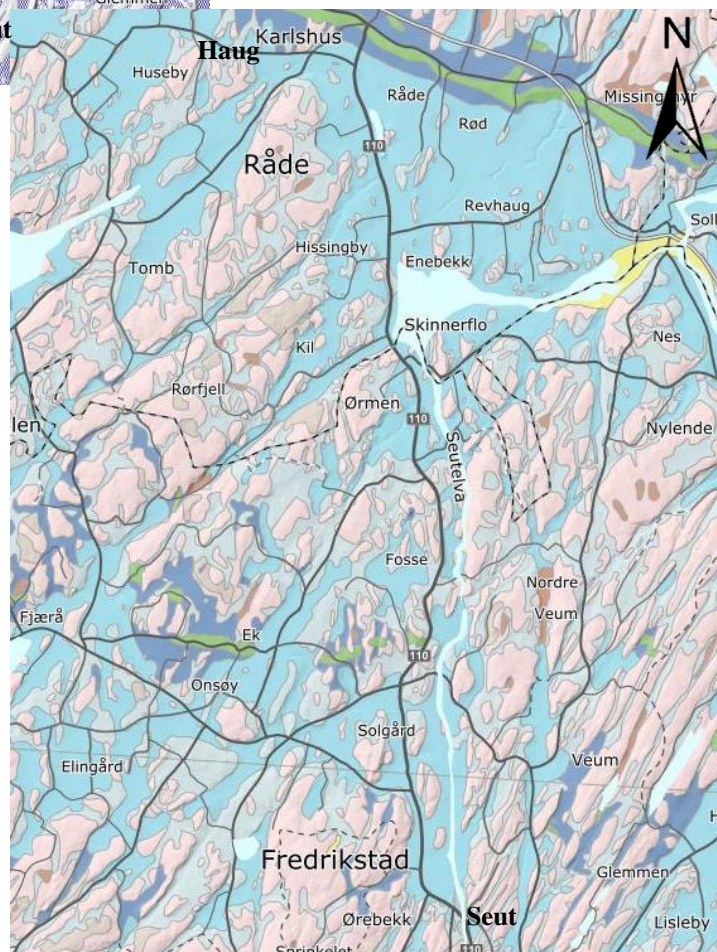
Figur 4-3 Marin grense, Østfold (modifisert) (NGU, 2015)



Figur 4-2 Løsmassekart, Østfold (modifisert) (NGU, 2015)



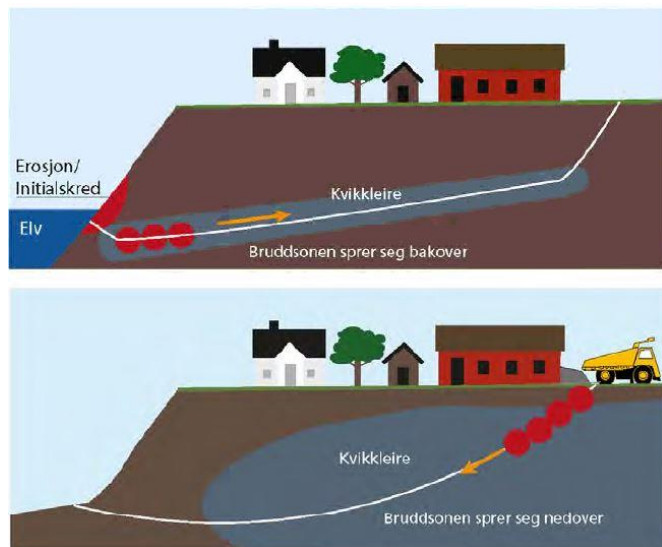
Figur 4-4 Mulighet for marin leire, Råde og Fredrikstad (modifisert) (NGU, 2015)



Figur 4-5 Løsmassekart, Råde og Fredrikstad (modifisert) (NGU, 2015)

4.2 SKRED I SPRØBRUDDMATERIALE OG KVIKKLEIRE

Sprøbruddmateriale er i utgangspunktet stabilt hvis den ikke blir utsatt for hurtig spenningsendring, da kan det oppstå et brudd langs en glideflate. Langs denne glideflaten mister leira all sin styrke og blir flytende. Når fastheten er redusert kan den ikke gjenvinnes, selv ved avlastning. Dette fører til at det blir fare for progressive brudd, en kjedereaksjon av brudd som forplanter seg langs en bruddsone. Når de stabiliserende kreftene blir mindre enn drivkreftene, forekommer et skred ved at hele bruddflaten går til brudd (Schanche og Haugen, 2014b).



Figur 4-6 Progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale (Schanche og Haugen, 2014b)

Brudd i et sprøbruddmateriale kan føre til forskjellige type skred som har flere utløsningsårsaker. Det kan for eksempel skyldes graving i foten av en skråning, i form av erosjon fra en elv eller pålastning i bakkant av skråningen, slik som figur 4-6 viser. Utløsningsårsaken kan i tillegg være vibrasjoner og rystelser i forbindelse med anleggsarbeid. Etter at et skred har inntruffet kan det bli dannet en liten dal i løsmasseavsetningene. Dette kalles en skredgrop, og er utformet som en mindre dal med bratte sider. Utglidninger i forbindelse med elveerosjon kalles ravine, og dette kan også danne bratte dalsider.

Et skred strekker seg over løsneområde og utløpsområde. Løsneområde er arealet som blir rammet direkte ved at masser raser ut og/eller forflyttes. Utløpsområde er området der massene fra skredet blir avsatt (Aunaas *et al.*, 2016). Løsne- og utløpsområde varierer med skredmassens egenskaper og terrenget. Det kan være diverse faktorer som begrenser områdene, slik som skredmassens konsistens i omrørt tilstand, terrengets helning og fjell.

- Lokalskred

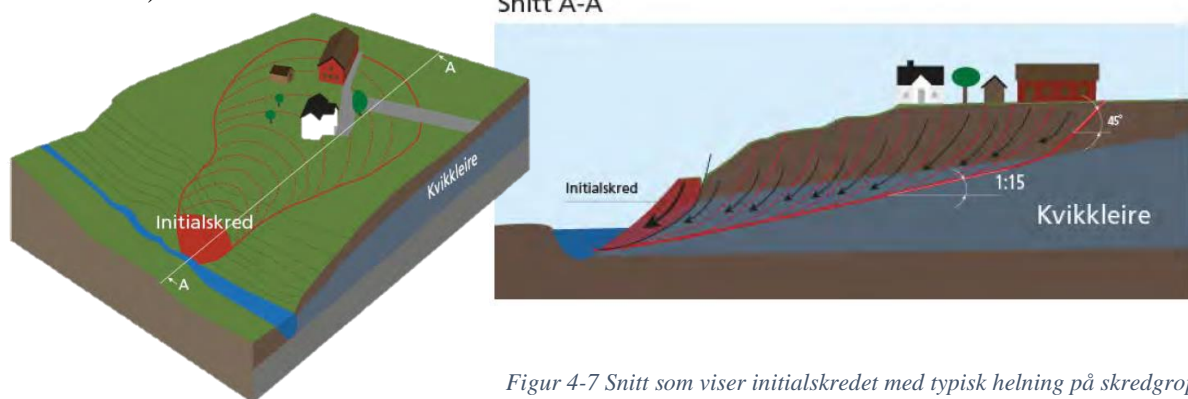
Overflateutglidning eller et rotasjonsskred som kan skje i alle typer løsmasser. Hvis skredet ikke er tilknyttet til sprøbruddmateriale, vil skredet begrenses til det området som påvirkes direkte. Hvis skredet imidlertid skjer i tilknytning til sprøbruddmateriale vil et lokalt skred kunne føre til at et områdeskred blir utløst og vil da være et initialskred (Wiig et al., 2019).

- Områdeskred

Områdeskred er et fremoverrettet eller bakoverrettet skred med progressiv bruddutvikling som rammer et større område. Kjentegnet til et områdeskred er at en liten hendelse kan føre til et skred som involverer et større område (Wiig et al., 2019).

- Skalkskred/retrogressivtskred

Skalkskred blir utløst av et initialskred inntreffer og etterlater en høy og ustabil skredkant (NGI, 2014). Skredet etablerer seg ved at skalker glir ut og beveger seg bakover og sideveis i sprøbruddmaterialet. Disse skalkene beveger seg ut i skredgropa og blir flytende. Hver skalk løsner på grunn av at den mister støtten som foreliggende skalk hadde (Schanche og Haugen, 2014b). Skalkskred kan inntreffe der sprøbruddmaterialet ligger grunt med et dekke med lite sensitivt materiale over (NGI, 2014).



Figur 4-8 Initialskred og bakoverrettet skalkskred (Schanche og Haugen, 2014a)

Figur 4-7 Snitt som viser initialskredet med typisk helning på skredgropa (Schanche og Haugen, 2014a)

De fleste skred i sprøbruddmateriale er små utglidninger som skyldes erosjon i bekker og elver. Disse trenger ikke nødvendigvis å gi store konsekvenser for mennesker og materiell. Med jevne mellomrom forekommer større skred som fører til store ødeleggelser, og i verste fall menneskeliv. Verdalskredet i 1893 er det største skredet i Norge, der 116 mennesker mistet livet etter at 55 millioner kubikkmeter raste ut. Det var sist i 2016 at tre personer omkom som følge av et kvikkleireskred (NGI, 2016).

4.3 STABILITET

Stabilitet er definert som sikkerheten mot brudd. Lokalstabilitet er en lokalt avgrenset stabilitetstilstand, med mulighet for utglidning i det lokale området. Bruddet begrenses til det lokale området og sprer seg ikke videre.

Områdestabilitet er en stabilitetstilstand der et initialbrudd kan føre til et større skred i området. En vurdering av områdestabiliteten vil si at en tar en vurdering av sikkerheten mot områdeskred. Dette innebærer en vurdering av mulig fare, det omfatter i de fleste situasjoner en videre utredning og beregning av stabilitet for analyser av reell fare (Wiig et al., 2019).

Det er flere faktorer som påvirker områdestabiliteten, her nevnt i synkende påvirkningsgrad (Gregersen, 2008):

- Erosjon
 - o Erosjon kan føre til en nedsatt stabilitet da det er større sannsynlighet for utglidninger.
- Poretrykk
 - o Poretrykket er avhengig av grunnvannet og dens plassering i grunnen, samt dybde fra overflaten. Poretrykk kan være en forbedrende eller forverrende faktor for stabiliteten. Poreovertrykk vil ha en negativ påvirkning for stabiliteten, mens poreundertrykk vil være positivt. Endring i poretrykk kan være en utløsende årsak til et skred.
- Menneskelig inngrep
 - o Samme prinsipp som poretrykk gjelder for inngrep, da en kan utføre et inngrep som forbedrer eller forverrer stabiliteten.

- Skråningshøyde
 - Skråningshøyden har stor påvirkning på skjærspenningene i grunnen, da dette øker med høyden og minsker stabiliteten.
- Forkonsolidering
 - Et område er forkonsolidert hvis terrenget har hatt et høyere nivå enn det som er i dag. Hvis terrenget ikke har blitt påvirket, har lik terreng høyde, vil dette føre til en lavere stabilitet. Grunnen til dette er at en terrengsenkning kan føre til at leira får en høyere skjærfasthet.
- Kvikkleiremekktigheten
 - Ved en større kvikkleiremekktighet vil omfanget av skredet øke.
- Sensitiviteten
 - Sensitiviteten avgjør sprøbruddegenskapene til materialet, som vil si hvor tyntflytende materialet blir i omrørt tilstand. Dette vil ha en betydning for skredets omfang.

4.4 GRUNNUNDERSØKELSER

4.4.1 Totalsondering

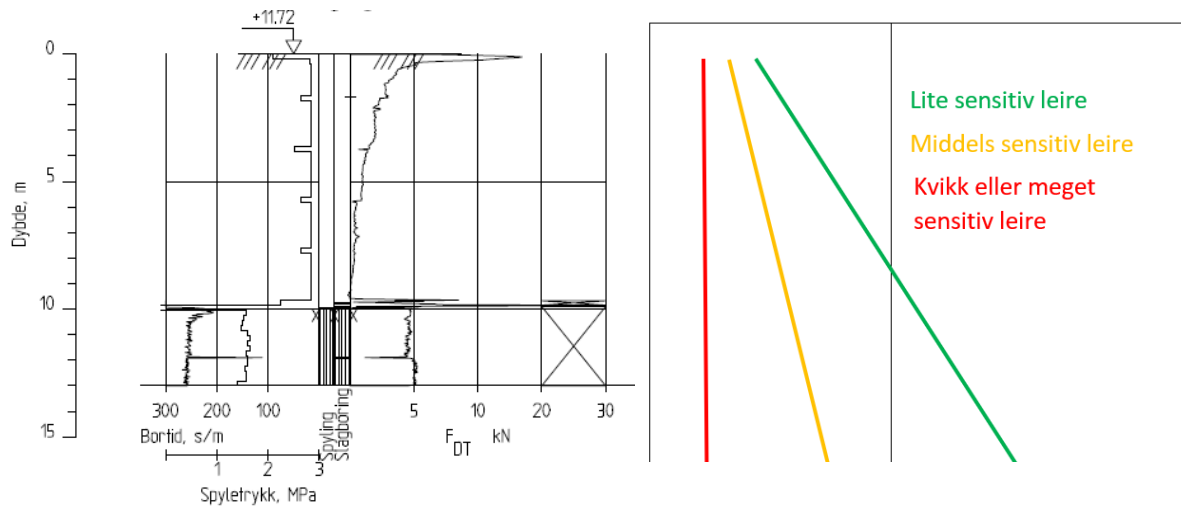
Totalsondering er en kombinasjon av dreietrykkssondering i tillegg til fjellkontrollboring, der enden på prøveutstyret er en spiss med fjellkrone. Det en får ut av denne type grunnundersøkelse er en indikasjon på lagdeling, i noen tilfeller jordart og ved kontrollboring ned i fjell kan en påvise dybde (NGU, 2014).

Etter endt totalsondering presenteres resultatene i et bordiagram (Norsk Geotekniske Forening, 2018). Dette bordiagrammet inneholder kurver som representerer nedpressingskraft (kN), bortid (s/m) og spyletrykk (mPa), som indikerer motstanden i materialet. Økt rotasjon på borkronen markeres med kryss, mens bruk av slag og spyling markeres med skraver i egne kolonner.

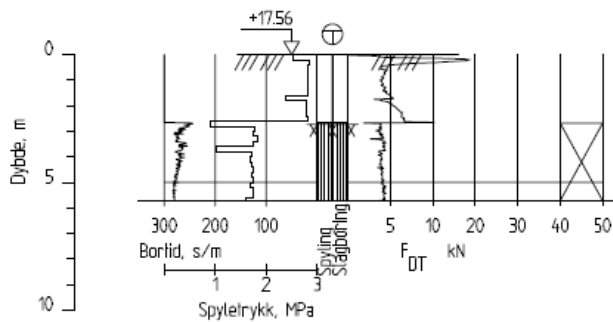
Når grunnen består av homogene løsmasser som leire, sand eller silt, vil det normalt ikke være nødvendig å bruke økt rotasjon, spyling eller slag. Ved økt rotasjon vil den nødvendige nedpressingskraften for å holde normert penetrasjonshastighet reduseres. Ved spyling vil effekten variere med korngraderingen, der spyling i ensgradert sand gir størst utslag.

Spylingen kan føre til redusert fasthet, selv i lagene under borkronen. Dette fører til at løsmassene får lavere penetrasjonsmotstand og et sonderingsprofil som kan minne om sprøbruddmateriale. Ved boringer i faste masser kan høyt spyletrykk bety at det er et høyt innhold av finstoff (Norsk Geotekniske Forening, 2018).

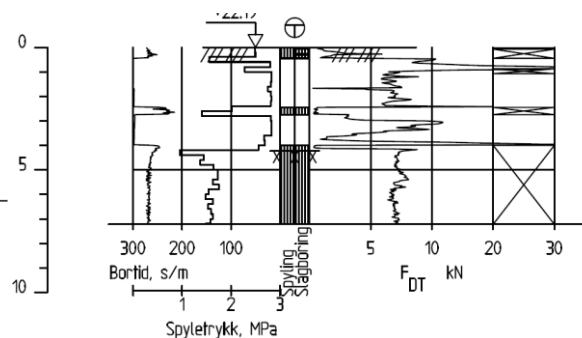
Påvisning av sprøbruddmateriale vurderes ut fra formen på sonderingsprofilen, spesielt hvis det er en kombinasjon av lav nedpressingskraft og konstant eller minkende sonderingsmotstand (Norsk Geotekniske Forening, 2018). Leire og siltig leire kjennetegnes ved liten bormotstand og jevn sonderingskurve. Friksjonsmasser som silt, sand og grus gjenkjennes ved at nedpressingskraftskurven får en ujevn form med jevnlike hakk.



Figur 4-11 Modifisert prinsippkisse av forskjellige leirers sensitivitet (modifisert) (Norges Geotekniske Forening, 2018)



Figur 4-10 Totalsondering i lite sensitiv leire (COWI AS, 2017a)



Figur 4-9 Totalsondering i friksjonsmasser (COWI AS, 2018b)

4.4.2 Prøveserie

Ved en totalsondering blir en sylinder presset ned i bakken, disse sylindrene vil etter endt sondering inneholde materiale. En prøveserie innebærer utvidede prøver av materialet hentet ut, i et laboratorium. Prøvene vil klassifisere jordart, bestemme vanninnhold, tyngdetetthet, skjærfasthet, kornstørrelsesfordeling og enaksiale trykkforsøk. En prøveserie kan bli utført for å påvise eller avkrefte sprøbruddmateriale.

4.4.3 Poretrykksmåling

En poretrykksmåler benyttes til å måle poretrykk i grunnvann. For bestemmelse av poretrykksforholdene i grunnen er det vanlig å foreta målinger i flere dybder over en tidsperiode (Norsk Geotekniske Forening, 2017).

4.4.4 Vinge boring

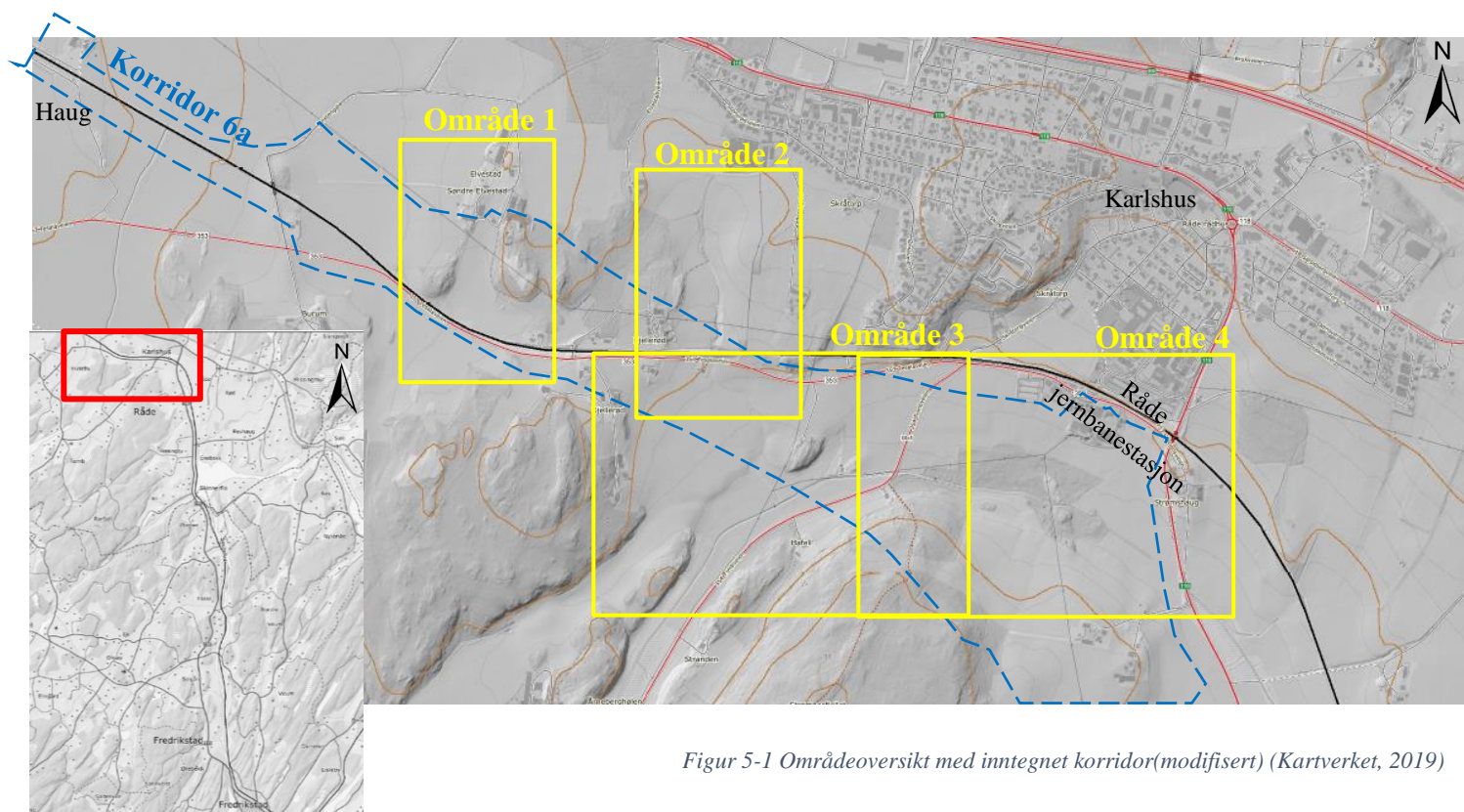
For bestemmelse av in-situ (på stedet) udrenert skjærfasthet og omrørt skjærfasthet kan en bruke en type grunnundersøkelse kalt vinge boring. Den brukes i hovedsak på kohesjonsjordarter, mest vesentlig for leire. Ved utførelse presses en vinge ned i leira og deretter måles det maksimale torsjonsmomentet som skal til for å dreie vingen med en gitt hastighet. Vingen består av et dobbelt sett rektangulære plater som står vinkelrett på hverandre. Forholdet mellom vingens diameter og høyde er vanligvis 1:2 (Norsk Geotekniske Forening, 1989).

Forutsetninger som må gjøres før tolkningen er at bruddfiguren er formet som en sylinder, og at skjærfastheten er homogen i jordmaterialet. Prøvene kan være unøyaktige på grunn av forskjeller og uregelmessigheter innad i jordlagene, som kan gi uregelmessigheter i tolkningen. Forholdene må tas stilling til av en geotekniker, om området egner seg for vinge boring (Norsk Geotekniske Forening, 1989).

5 RESULTAT

Resultatene fra områdestabilitetsrapporten vil ikke bli presentert i bacheloroppgavens resultater, men er vedlagt i vedlegg 3: InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport og i vedlegg 4: InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport vedlegg.

Bacheloroppgaven tar for seg en områdestabilitetsvurdering for området mellom Haug og Råde jernbanestasjon. Det er vurdert fire områder med mulig fare for områdestabiliteten. Resultatene av vurderingen i de fire områdene er delt inn i fire underkapitler. I starten av hvert kapittel er det tre figurer som viser de forskjellige sonene som har blitt vurdert, samt grunnundersøkelser, resultater fra endt befaring og løsmasser. Grunnundersøkelsene som er utført i hvert område er markert med forskjellige fargekoder, som viser hvordan totalsonderingene har blitt tolket. De grunnundersøkelsene som er vist med navn er vesentlige for sonene og er angitt i vedlegg 2: Grunnundersøkelser, med en videre forklaring av tolkningene.



Figur 5-1 Områdeoversikt med inntegnet korridor(modifisert) (Kartverket, 2019)

Figur 5-2 Rødt rektangel angir beliggenheten av området angitt på figur 5-2 (Kartverket, 2019)



Figur 5-3 Sannsynligheten for marin leire (NGU, 2015)

For gjennomføring av områdestabilitetsvurderingen benyttes «NVEs Veileder nr. 7-2014», denne utdypes i vedlegg 1. Punkt 1 og 2 fra «NVEs Veileder nr. 7-2014» vil være felles for alle områdene, derfor nevnes disse kun her.

1. Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være.

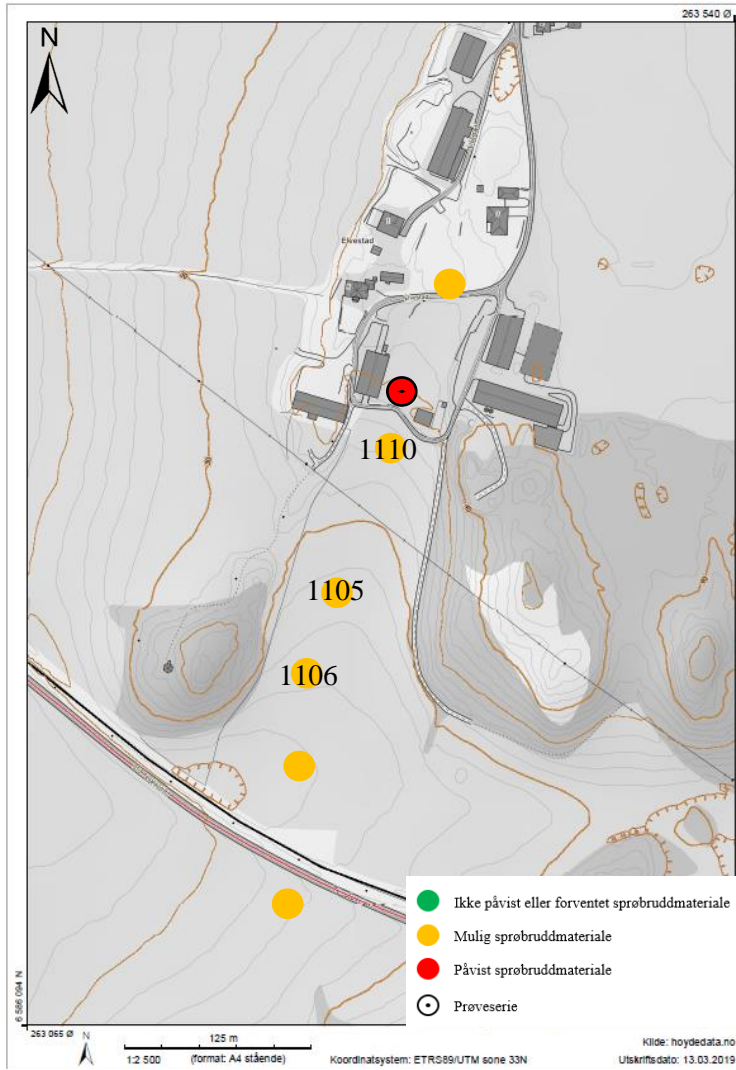
Utredningen som blir gjennomført, skal ha lik nøyaktighet som vurderingen til Bane NOR sin rådgiver. Slik vil det gi et likt grunnlag for sammenligning av resultater. Det skal avklares om området innehar sprøbruddmateriale som kan føre til skred. I Bane NOR sin områdestabilitetsrapport står følgende:

“Utredningen utføres for fase i forkant av teknisk detaljplan. Krav til utredningen er at den skal bekrefte eller avkrefte reel fare for områdeskred. Videre er det bestemt i prosjektet at det skal tilstrebes en gjennomgang av NVEs prosedyre til og med punkt 9 “faregradsklassifisering”.” (2G, 2017a)

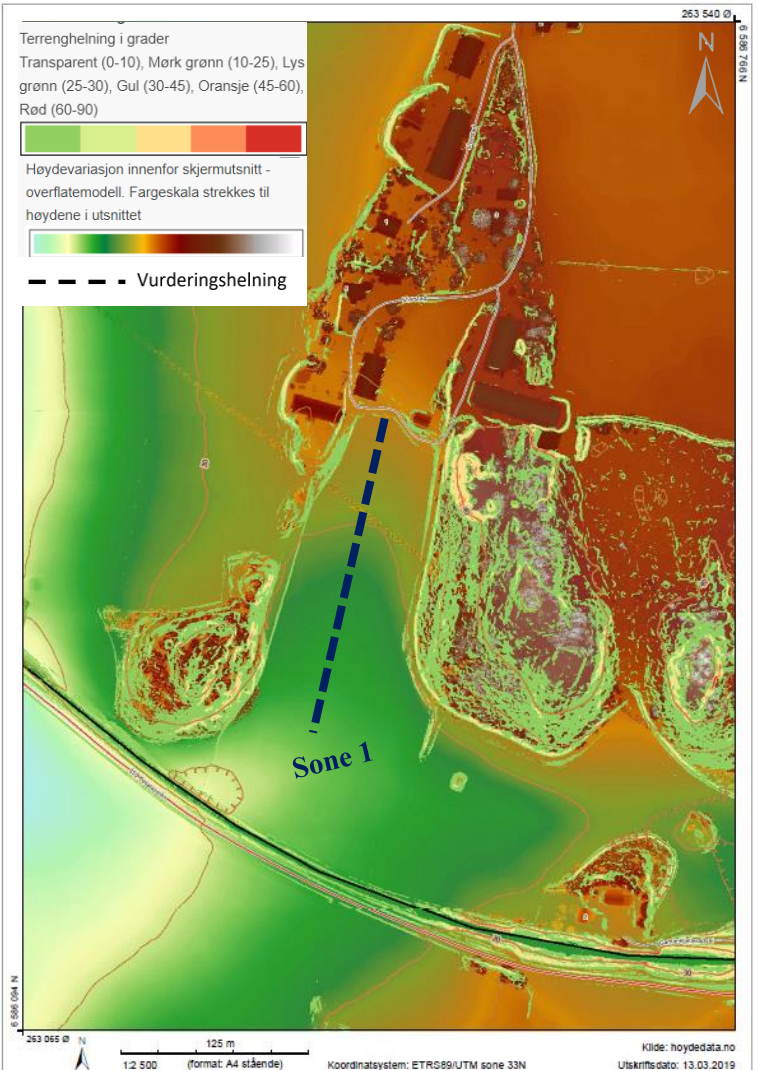
2. Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense.

Hele området til trasé 6a2a ligger under den marine grense, refererer til figur 4-3.

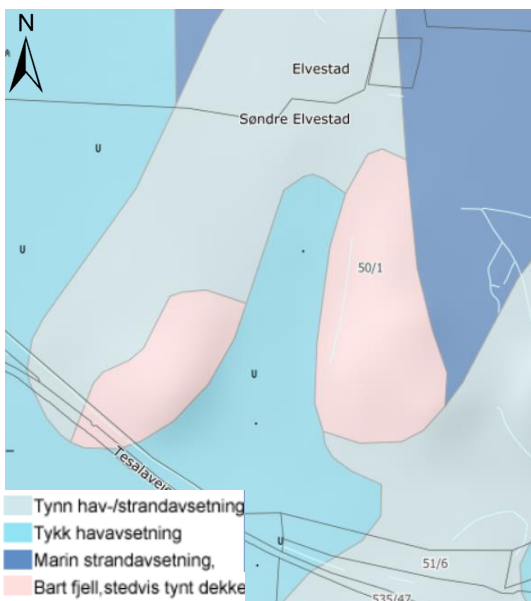
5.1 OMRÅDE 1



Figur 5-5 Kart med terrenghøyde og totalsonderinger, område 1 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-4 Kart med terrenghøyde i farger, område 1 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-6 Løsmassekart, område 1 (NGU, 2015)

3. Avgrens områder med marine avsetninger

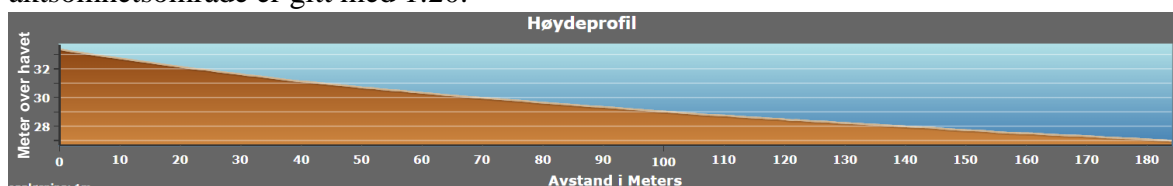
Løsmassekartet som er utarbeidet på området, se figur 5-6, viser at sone 1 har et område med tykk havavsetning og berg i dagen stedvis på sidene av sonen. NGU har videre utarbeidet et kartgrunnlag som viser sannsynligheten for marine avsetninger, se figur 5 – 3. Dette viser at området har stor sannsynlighet for forekomster av marine avsetninger.

4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.

Det er ikke kartlagt faresoner for kvikkleireskred i området på skrednett.no (NVE, 2019).

5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.

Sone 1 har en høydeforskjell på over fem meter og oppfyller derfor ett av kravene i «NVEs Veileder nr. 7-2014». Ved å benytte måleverktøyet til Kartverket på deres høydedatakart (Kartverket, 2019), er det kommet frem til at sone 1 ikke faller innenfor terrengkriteriene til «NVEs Veileder nr. 7-2014», se vedlegg 1. Sonen har en helning på 1:30 og kriteriet for et aktsomhetsområde er gitt med 1:20.



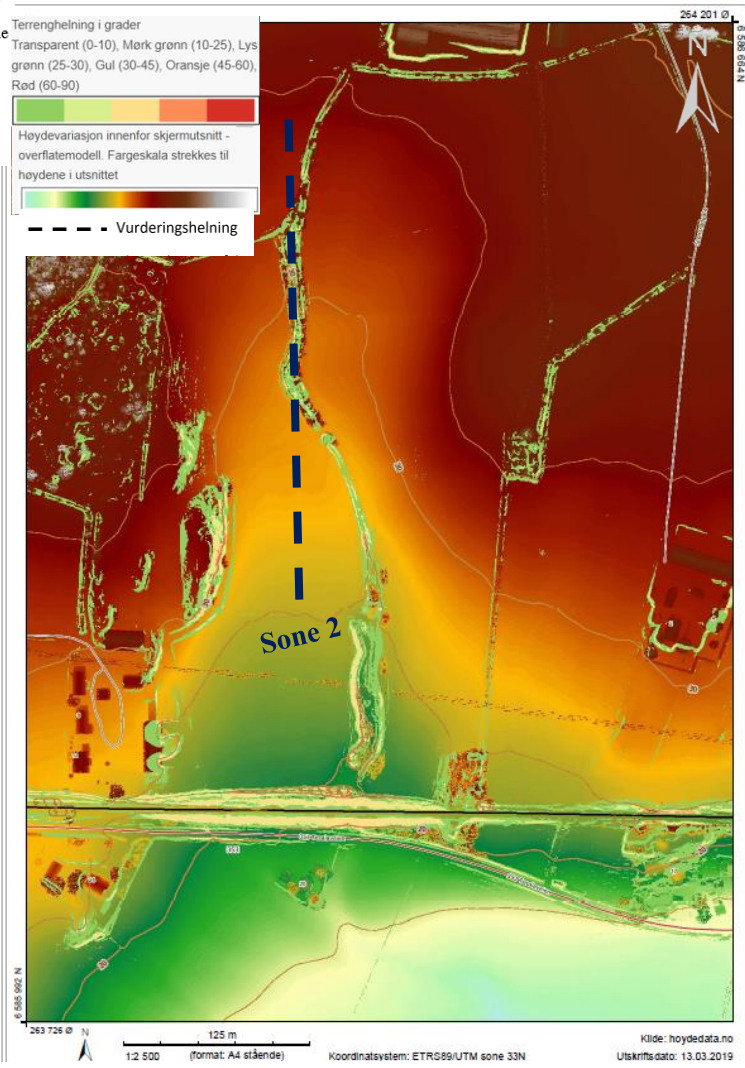
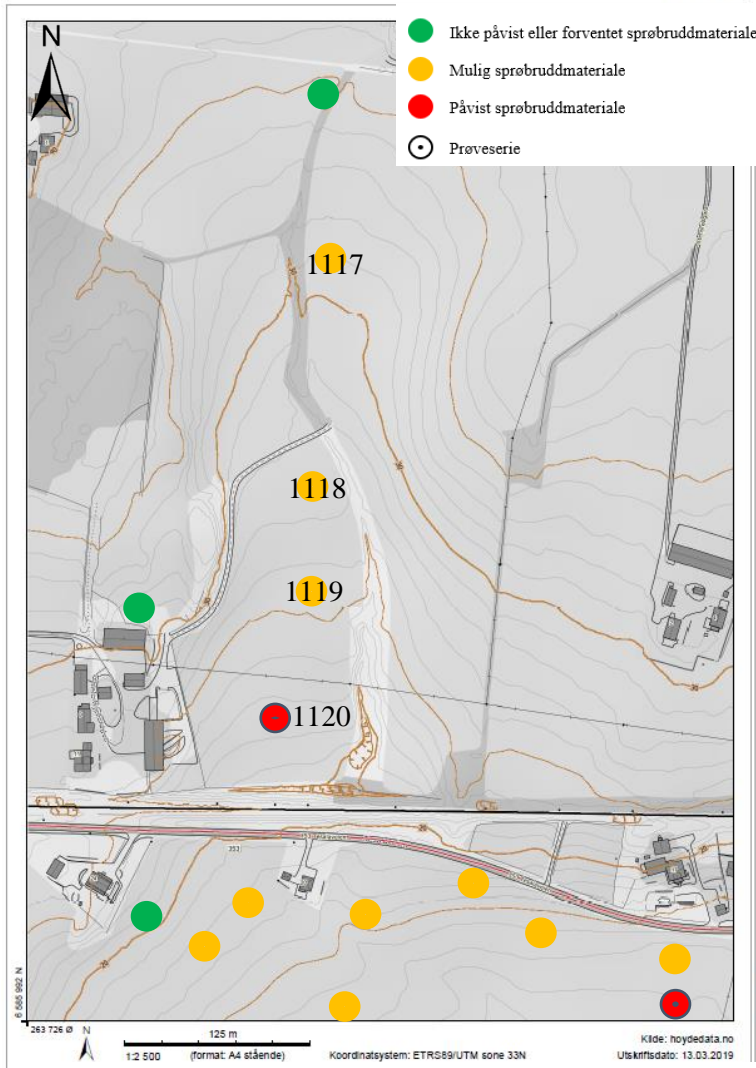
Figur 5-7 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 1 i figur 5-4 (modifisert) (Kartverket, 2019)

6. Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag.

Grunnundersøkelser som er utført i området er markert på figur 5-5. Totalsonderingene (1105, 1106, 1110), vedlegg 2 side 6-7, viser at det er et lag med lite sensitivt materiale i overflaten, og mulig sprøbruddmateriale mellom det øverste laget og berg (COWI AS, 2017b).

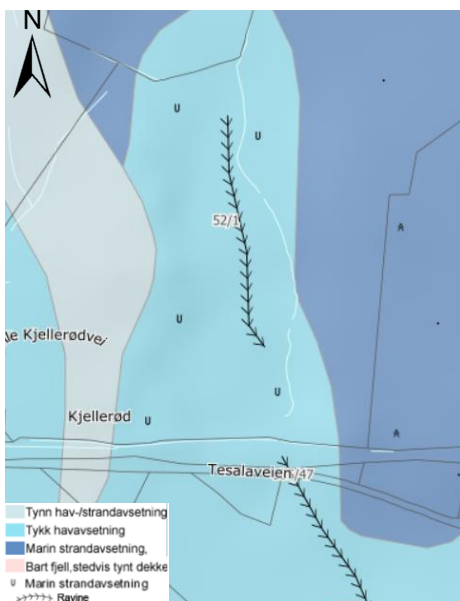
Tolkningen er basert på NGF melding nr. 9 «Veiledning for utførelse av totalsondering» (Norsk Geotekniske Forening, 2018), der kurvens krumming og utseende har betydning for materialet funnet ved sonderingen. Gjennomførte totalsonderinger i sonen viser at dybden ned til berg varierer med 5 til 7 meter. Det øverste materialet er lite sensitivt da svingningene er større og tettere, dette kan tyde på en tørrskorpeleire. Lite svingninger i kurvene kan indikere sprøbruddmateriale, som sensitiv leire da motstanden i materialet er liten. Det er påvist sprøbruddmateriale i prøveserien i sonen. På grunn av sonens helning som bestemt i punkt 5 vurderes ikke punkt 7 – 9.

5.2 OMRÅDE 2



Figur 5-9 Kart med terrenghøyde og totalsonderinger, område 2 (modifisert) (Kartverket, 2019)

Figur 5-8 Kart med terrenghøyde i farger, område 2 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-10 Løsmassekart, område 2 (NGU, 2015)

3. Avgrens områder med marine avsetninger

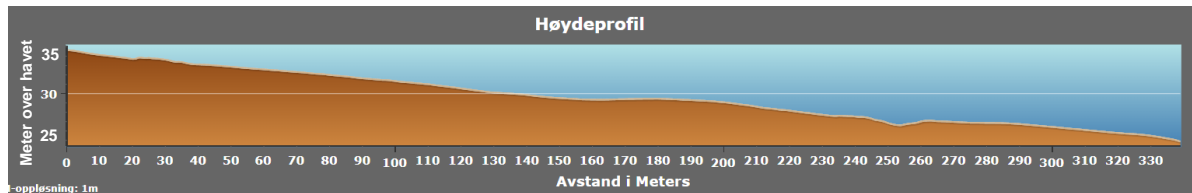
Løsmassekartet for området, figur 5-10, viser at dette området er et ravinelandskap med tynne havavsetninger, tykke havavsetninger og marin strandavsetning. Figur 5-3 viser at det er svært stor sannsynlighet for marine avsetninger i denne sonen.

4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.

Det er ikke kartlagt faresoner for kvikkleireskred i området på skrednett.no (NVE, 2019).

5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.

Sone 2 oppfyller kravet om å ha en skråningshøyde over fem meter. Ut fra måleverktøyet til Kartverket på deres høydedatakart (Kartverket, 2019), vil ikke sone 2 falle innenfor terrengkriteriene til «NVEs Veileder nr. 7-2014», se vedlegg 1. Sonen har en helning på 1:32, der kriteriet som er gitt for et aktsomhetsområde er 1:20.



Figur 5-11 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 2 i figur 5-8 (modifisert) (Kartverket, 2019)

6. Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag.

Grunnundersøkelsene som er gjennomført i området er vist på figur 5-9.

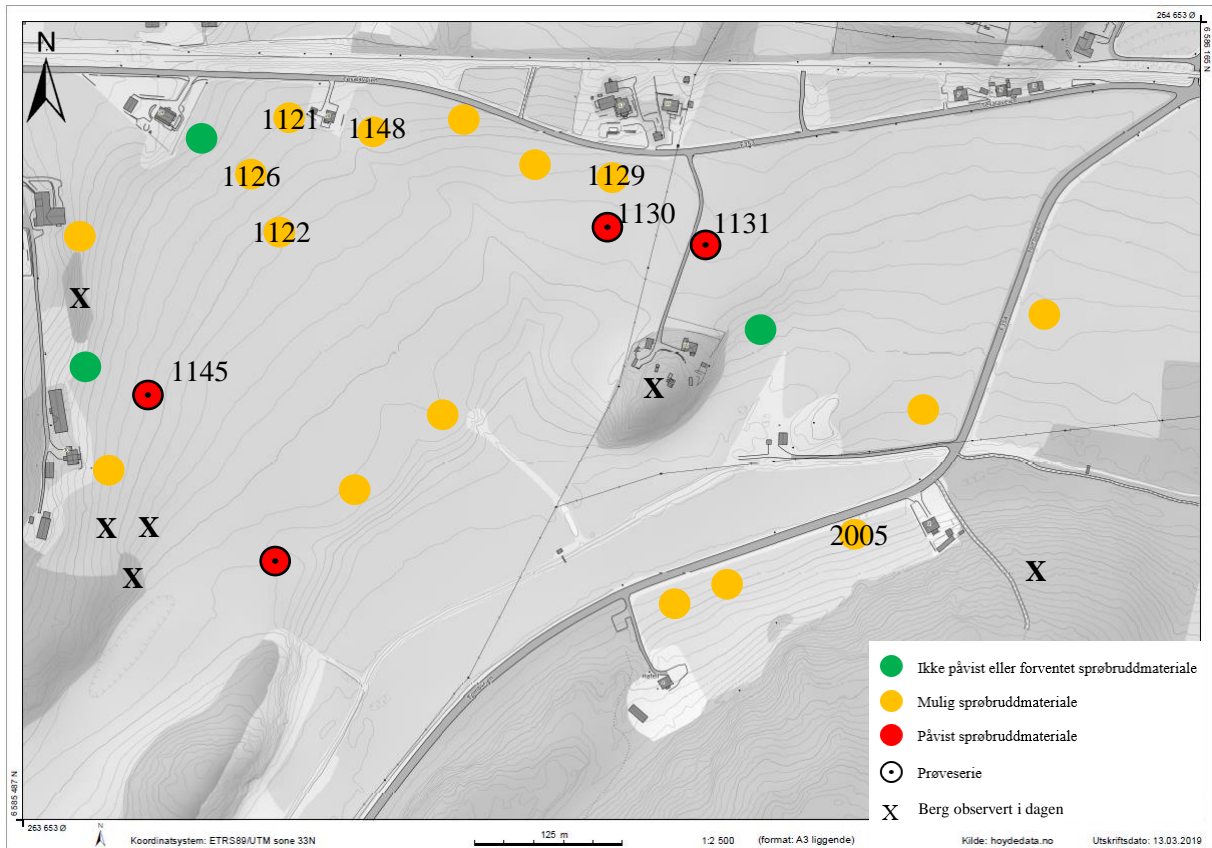
Grunnundersøkelsene (1117 – 1120), se vedlegg 2 side 8-10, viser at det er et område med dype masser ned til berg. I sonen er det en dybde ned til berg mellom 25 og 37 meter. De nederste massene mot berg tolkes som lite sensitivt materiale, mens de øvre lagene som mulig sprøbruddmateriale (COWI AS, 2017b). Lite svingninger i kurvene kan indikere sensitiv leire da motstanden i materialet er liten. Det vises til de øverste lagene av totalsonderingene.

Totalsonderingen i borpunkt 1117 viser at hele laget ned til berg er mulig sprøbruddmateriale, dette kan tyde på en middels sensitiv leire med innslag av sand. For betydningen av sensitiv, se figur 4-11. I de resterende grunnundersøkelsene er det benyttet slagkraft nært berg, som

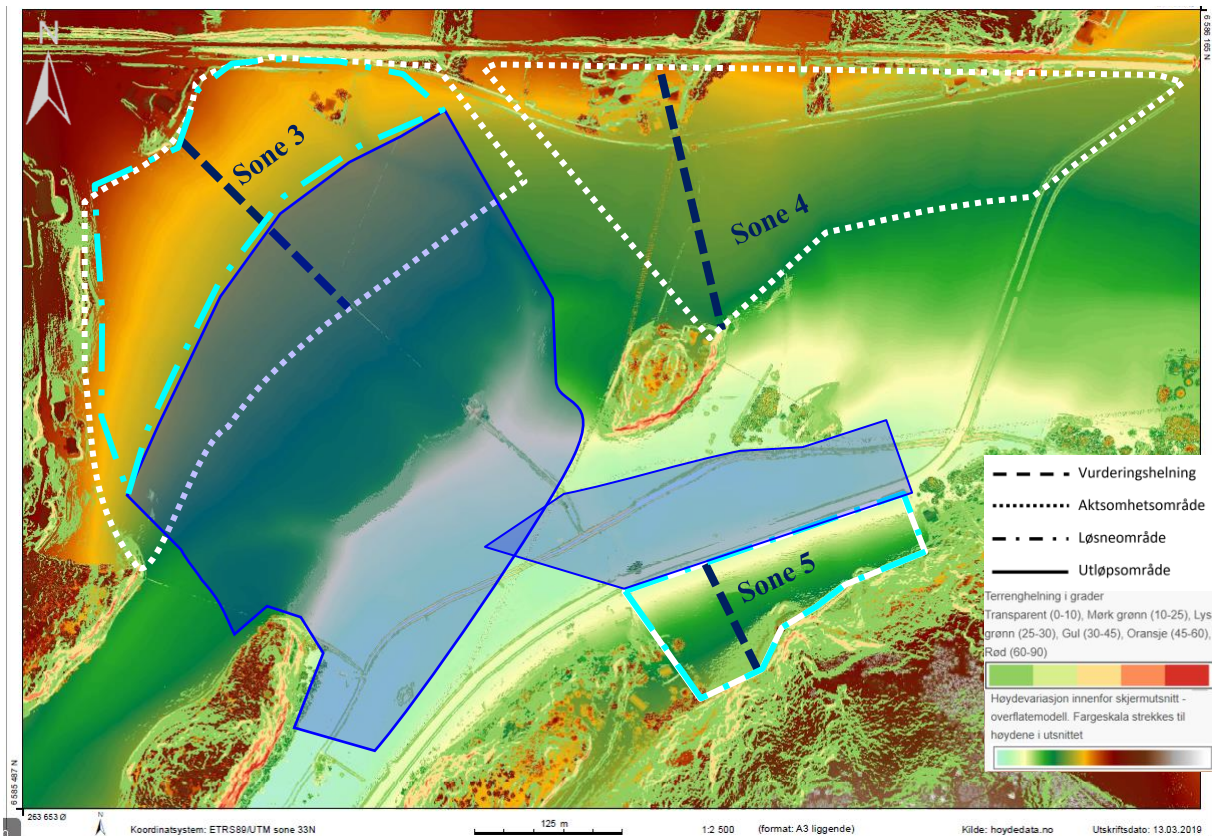
kan tyde på materiale med stort innhold av grus eller morenemateriale. Det er utført en prøveserie i borpunkt 1120 med påvist sprøbruddmateriale. Her er svingningene korte og det påvises leire, resten av prøven er leire med innslag av grus og sand noe som ses i kurven.

Som nevnt i punkt 5 fører sonens helning til at punkt 7-9 ikke vil være nødvendig å gjennomføre.

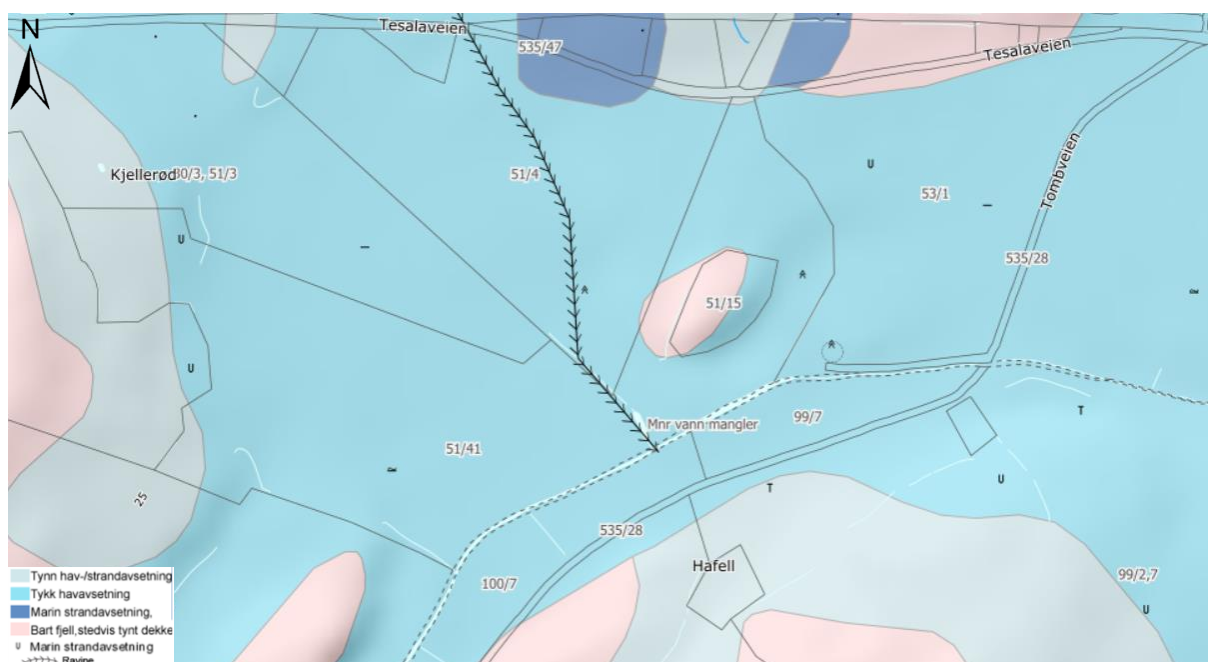
5.3 OMRÅDE 3



Figur 5-13 Kart med terrenghøyde og totalsonderinger, område 3 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-12 Kart med terrenghøyde i farger, område 3 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-14 Løsmassekart, område 3 (NGU, 2015)

3. Avgrens områder med marine avsetninger

Løsmassekartet for området, figur 5-14, viser at store deler av området er bestående av tykke havavsetninger, i tillegg til et lite område med marine avsetninger. Det er stedvis bart fjell eller et tynt dekke med vegetasjon. Det er svært stor sannsynlighet for marine avsetninger innenfor alle sonene i dette området, se figur 5-3.

4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.

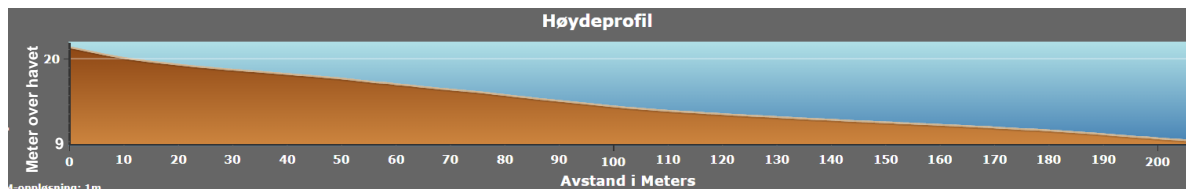
Det er kun sone 3 som er kartlagt på skrednett.no (NVE, 2019). Kartleggingen er basert på Bane NOR sin områdestabilitetsrapport, den er derfor ikke undersøkt nærmere.

5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.

Aktsomhetsområdene er markert med hvite stiplede linjer på figur 5-12.

Sone 3

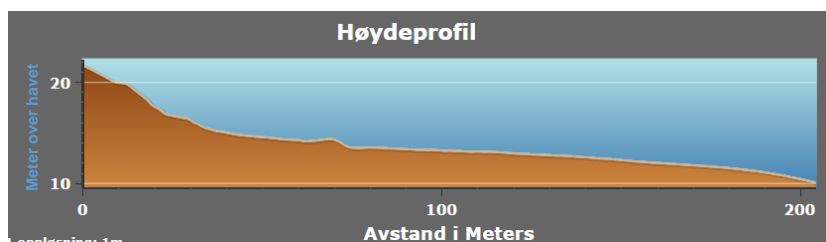
- Denne sonen faller innenfor aktsomhetsområde da helningen er 1:18 og har en skråningshøyde over fem meter.
- Sone 3 er avgrenset av berg i dagen langs den vestre delen, samt i sør og ravinen i øst.



Figur 5-15 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 3 i figur 5-12 (modifisert) (Kartverket, 2019)

Sone 4

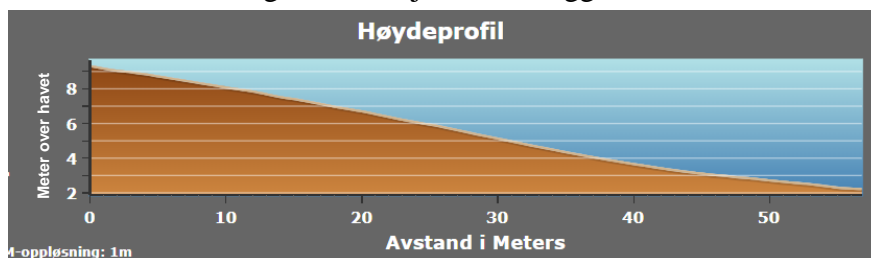
- Denne sonen faller innenfor aktsomhetsområde da helningen er 1:17 og har en skråningshøyde over fem meter.
- Sone 4 er avgrenset av ravinen i vestre del og berg i sør.



Figur 5-16 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 4 i figur 5-12 (modifisert) (Kartverket, 2019)

Sone 5

- Denne sonen faller innenfor aktsomhetsområde da helningen er 1:9 og har en skråningshøyde over fem meter.
- Sone 5 er begrenset av fjellet som ligger i bakkant av helningen.



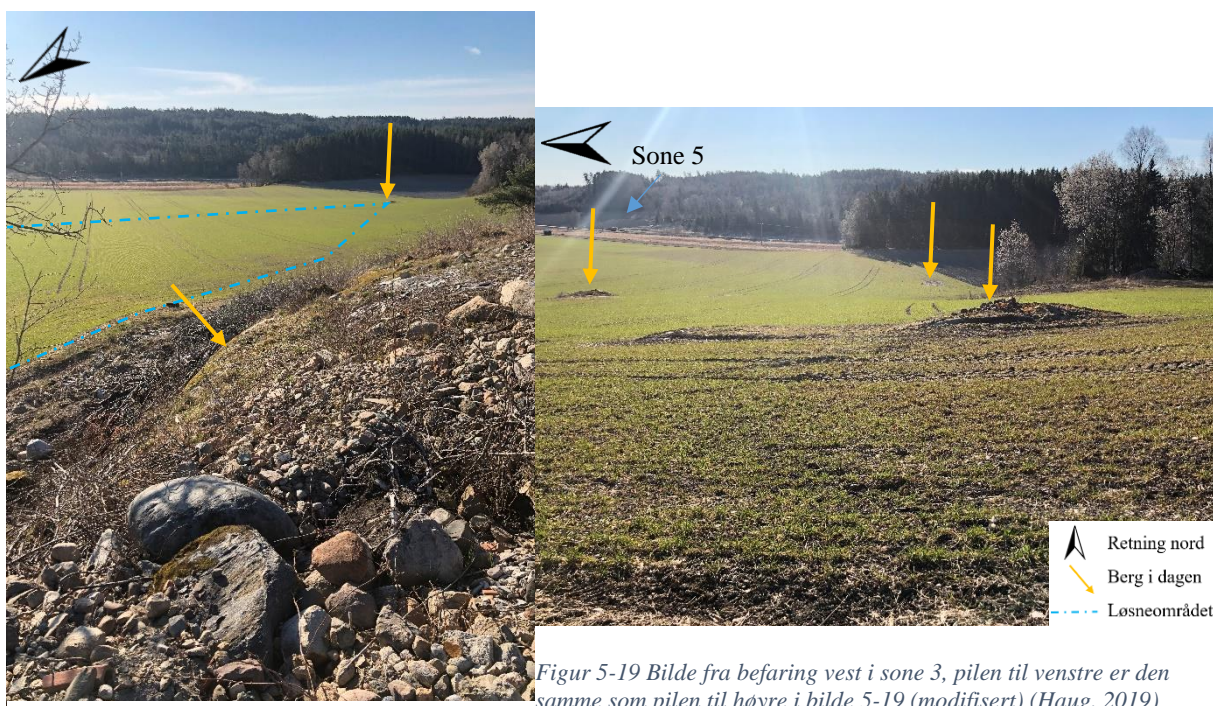
Figur 5-17 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 5 i figur 5-12 (modifisert) (Kartverket, 2019)

6. Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag.

Sone 3

Ved befaring ble det avdekket berg i dagen flere steder i sone 3, se figur 5-13. Det ble i tillegg oppdaget at helningen sørvest i utløpsområdet hadde en annen utforming enn først forventet. Aktsomhetsområdet i sone 3 ble etter endt befaring avgrenset på grunn av berg i dagen i vestre del, se bildene nedenfor, figur 5-18 og 5-19 (Haug, 2019).

Grunnundersøkelsene som er gjennomført i sone 3 (1121, 1122, 1126, 1145, 1148), se vedlegg 2 side 11-16, har til felles at det er tolket tykke lag ned til berg med mulig sprøbruddmateriale. Totalsonderingenes dybde varierer fra 13 til 30 meter. Flere av grunnundersøkelsene har et tynt dekke med tørrskorpeleire øverst. Resultatene til totalsonderingene 1121, 1122 og 1126 tolkes til å være sensitiv leire med innslag av sandig leire, av den grunn at motstanden er noe varierende. Prøveserien 1145 har påvist kvikkleire i den nedre delen av prøven. Totalsondering 1148 har jevnere motstand og ser ut til å bestå av meget sensitiv leire (COWI AS, 2018).



Figur 5-18 Bilde fra befaring vest i sone 3 (modifisert) (Haug, 2019)

Figur 5-19 Bilde fra befaring vest i sone 3, pilen til venstre er den samme som pilen til høyre i bilde 5-19 (modifisert) (Haug, 2019)

Sone 4

Sone 4 ble ikke undersøkt på nært hold ved befaring på grunn av at den ikke er klassifisert som en faresone. Bildet fra befaring er vist i figur 5-20.

I den østlige delen av sone 4 mangler det grunnundersøkelser for å kunne avgrense sonen mer nøyaktig. Grunnundersøkelsene som er gjennomført i sone 4 (1129, 1130, 1131), se vedlegg 2 side 17-19, viser at det øvre laget er av tørrskorpeleire, der resterende lag ned til berg er av mulig sprøbruddmateriale. Det er påvist sprøbruddmateriale og kvikkleire i prøveserie 1130 og 1131. Grunnundersøkelsene viser at det er en jevn dybde ned til berg, som varierer fra 7 til 13 meter. Totalsonderingsresultatet til 1129 ser ut til å inneholde meget sensitiv leire og eventuelt noe materiale med større kornstørrelse, da motstanden er jevnere (COWI AS, 2018).



Figur 5-20 Bilde fra befaring som viser aktsomhetsområde 4, bildet tatt sørvest i sone 3 (modifisert) (Haug, 2019)

Sone 5

Ved befaring ble det bekreftet mulig erosjon ved sonen, se bildene nedenfor, figur 5-21. Det er ikke utført tilstrekkelig grunnundersøkelser i sone 5. Det å gjennomføre en prøveserie kunne vært gunstig for å eventuelt påvise eller avkrefte sprøbruddmateriale. En poretrykksmåler kunne i tillegg blitt installert for vurdering av poretrykket, som igjen kan være viktig ved områdestabilitetsvurdering.

Det er kun en grunnundersøkelse som er gjennomført i sone 5 (2005) som er tilgjengelig, se vedlegg 2 side 20. Totalsonderingsresultatet viser at det er 21 meter ned til berg, der det er en 2 meter tykk leirskorpe i toppen og resterende lag er mulig sprøbruddmateriale. Motstanden i materialet er jevnt liten, med noen variasjoner i lag nedover. Dette tolkes til å være meget sensitiv leire med innslag av materiale med større kornstørrelse. På rundt fem meters dyp, er det brukt slagkraft, noe som kan tyde på stein eller morene (COWI AS, 2017a).

De resterende grunnundersøkelsene som er lagt inn i figur 5-12 er registrert som mulig sprøbruddmateriale i Bane NOR sin kartdatabase, men er ikke Haug – Seut sine egne grunnundersøkelser (2G, 2017b). Av den grunn kan ikke lagdelingen i løsmassene kommenteres vest i sone 5, men en går ut fra at det er lik fordeling i løsmassene som i totalsondering 2005.



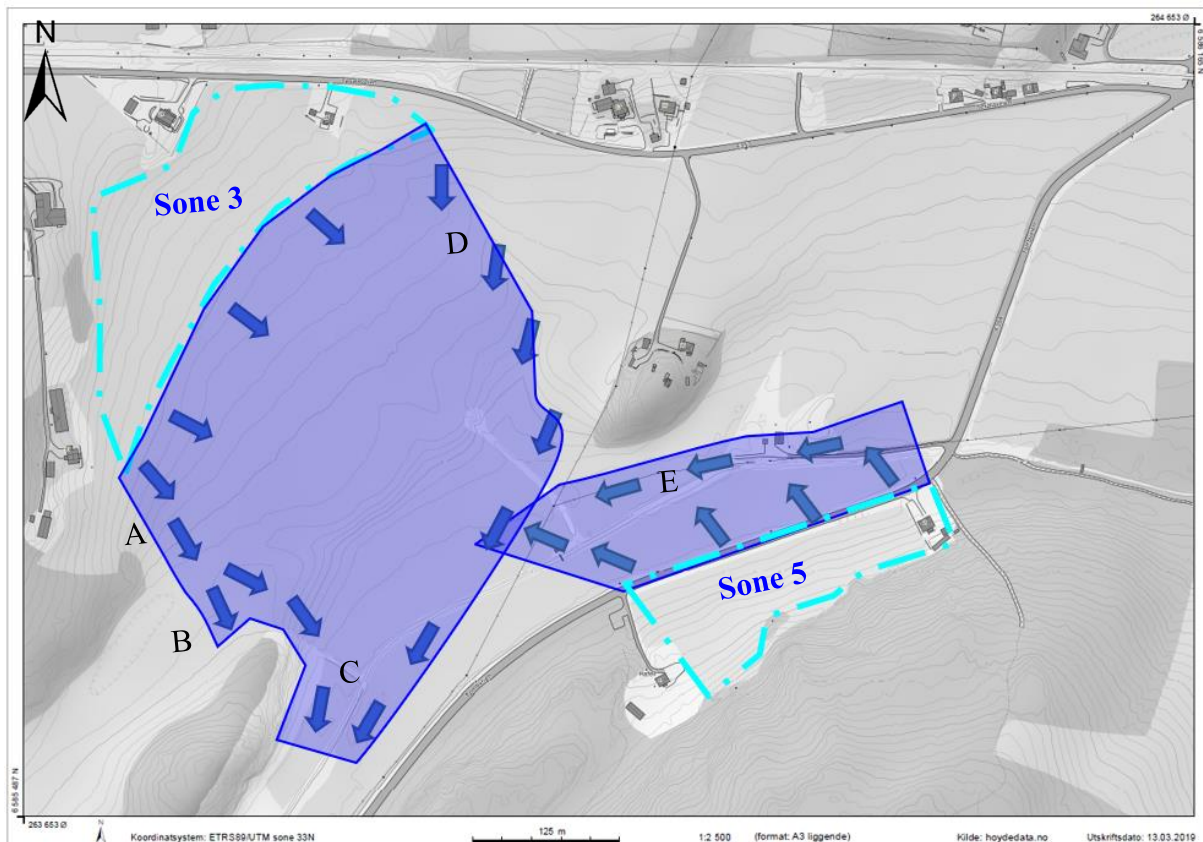
Figur 5-22 Bilde fra befaring tatt nordøst for sonen (modifisert) Figur 5-21 Bilde fra befaring som viser mulig erosjon i nærheten av sonen (modifisert) (Haug, 2019)

7. Avgrens løsneområdet mer nøyaktig.

Et erfaringsbasert tall fra «NVEs Veileder nr. 7-2014» har gitt at et løsneområde ofte har en helning på 1:15 og brattere (Schanche og Haugen, 2014b). Løsneområdet velges ut fra der helningen tilsvarer dette i aktsomhetsområdet. Dette fører til at sone 3 blir forminsket og sone 5 forblir som den er. Sone 4 vil falle bort da den ikke har noen helning som tilsvarer 1:15.

Sprøbruddmaterialet ligger relativt grunt og ut fra terrengets helning og landskapet, tolkes det slik at den mest sannsynlige skredtypen som eventuelt kan inntreffe vil være et skalkskred (NGI, 2014).

8. Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser.



Figur 5-23 Skredmassens bevegelse (modifisert) (Kartverket, 2019)

Sone 3 (høydeforskjell 6 meter, løsnedistans 90 meter)

Løsneområdet til sone 3 ligger i kanalisert terreng, derfor følges NIFS-prosjektet sin anbefaling (Aunaas *et al.*, 2016) der:

$$\text{Utløpsdistans} = 3 * \text{Løsnedistans}$$

$$\text{Utløpsdistans} = 3 * 90\text{m} = 270\text{m}$$

Utløpsområdet vil strekke seg fra løsneområdet mot sørøst, se figur 5-23. Løsneområdet vil begrenses i A som følge av berg i dagen. Skredmassene vil bevege seg noe til sørvest i B på grunn av at det heller ned på dette punktet. Skredmassene vil videre bevege seg ned mot punkt C rundt opphøyningen. I punkt D vil løsmassene følge ravinen ned i terrenget.

Sone 5 (Høydeforskjell 10m, løsnedistanse 66 meter)

Løsneområdet til sone 5 ligger i et åpent terreng, der utløpsdistansen blir følgende:

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * \text{Løsnedistanse.}$$

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * 66\text{m} = 99\text{m} \approx 100\text{m}$$

Utløpsområdet til sone 5 vil bevege seg mot vest der massen begrenses av helning og bekken som går igjennom punkt E, se figur 5-23.

9. Avgrens og faregradsklassifiser faresoner.

SONE 3		FAREGRAD, SCORE					SCORE
	FAKTORER	Vekttall	3	2	1	0	
1	TIDLIGERE SKREDAKTIVITET	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
2	SKRÅNINGSHØYDE, METER	2	>30	20 - 30	15-20	<15	0
3	TIDLIGERE/NÅVÆRENDE TERRENGNIVÅ (OCR)	2	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0	4
4	PORETRYKK. OVERTRYKK, KPA:	3	> + 30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk	3
	UNDERTRYKK, KPA:	- 3	> - 50	-(20 - 50)	-(0 - 20)		
5	KVIKKEIREMEKTIGHET	2	>H/2	H2/ - H/4	<H/4	Tynt lag	6
6	SENSITIVITET	1	>100	30 - 100	20 - 30	<20	3
7	EROSJON	3	Aktiv/glid.	Noe	Lite	Ingen	6
8	INNGREP: FORVERRING	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0
	FORBEDRING	-3	Stor	Noe	Liten		
	SUM						23

PUNKT 1: Faregrad 1 velges på dette punktet. Dette basert på et konservativt valg på grunn av at det ikke er funnet informasjon om det har inntruffet noe tidligere skred.

PUNKT 2: Skråningshøyden til sonen er 6 meter, faktoren faller derfor innenfor faregrad 0.

PUNKT 3: Ut fra prøveserien i borpunkt 1145 er OCR lik 1,4 i dybde 3,3 meter (COWI AS, 2018). Dette er regnet ut ved å ta forholdstallet mellom vertikal konsolideringsspenning (σ_{ac})

og horisontal konsolideringsspenning (σ_{rc}'), som er hentet fra treaksialforsøket. Denne faktoren vil derfor falle innenfor faregrad 2.

PUNKT 4: Poretrykksmålingene som er gjennomført i 1145 benyttes, ut fra disse resultatene er det antatt et estimert poreovertrykk, se vedlegg 2 side 14. Dette er basert på antagelsen om at grunnvannet står omtrent i terrengnivå (COWI AS, 2018):

$$\Delta h = \text{Poretrykkspotensial} - \text{terrenghøyde}$$

$$\Delta h = 13,2 \text{ m} - 12,77 \text{ m} = 0,43 \text{ m}$$

$$u = 0,43 \text{ m} * 10 \text{ kN/m}^3 = \underline{\underline{4,3 \text{ kN/m}^2}} \text{ i poreovertrykk.}$$

Denne faktoren faller innenfor faregrad 1.

PUNKT 5: Resultatene av totalsonderingen i 1145 viser en dybde på over 15 meter, se vedlegg 2 side 13 (COWI AS, 2018). Prøveseriens resultat viser at over halve høyden er kvikkleire og faktoren faller innenfor faregrad 3.

PUNKT 6: Gjennomsnittsensitiviteten til kvikkleira i 1145 er 180, se vedlegg 2 side 13. Faktoren faller innenfor faregrad 3.

PUNKT 7: Ut fra tidligere flyfoto kan en observere at det er noe erosjon i form av en bekk i nærheten av sonen, bekken er avbildet i figur 5-21. Punktet faller innenfor faregrad 2.

PUNKT 8: Det er ikke funnet informasjon om inngrep i denne sonen, det ble heller ikke avdekket pågående inngrep ved befaring. Sonen blir i dag benyttet til jordbruk, det kan derfor tenkes at det har blitt gjennomført en planering. Ut fra tilgjengelig informasjon antas det at dette ikke utgjør en forverring for stabiliteten. Dette punktet er vurdert til faregrad 0.

Sone 3 fikk en poengsum på 23 poeng. Dette tilsier at sonen har en middels faregrad, som betyr at det er en middels sannsynlighet for at et skred skal inntreffe i sonen.

SONE 5		FAREGRAD, SCORE					SCORE
	FAKTORER	Vekttall	3	2	1	0	
1	TIDLIGERE SKREDAKTIVITET	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
2	SKRÅNINGSHØYDE, METER	2	>30	20 - 30	15-20	<15	0
3	TIDLIGERE/NÅVÆRENDE TERRENGNIVÅ (OCR)	2	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0	2
4	PORETRYKK. OVERTRYKK, KPA:	3	> + 30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk	3
	UNDERTRYKK, KPA:	-3	> - 50	-(20 - 50)	-(0 - 20)		
5	KVIKKEIREMEKTIGHET	2	>H/2	H2/ - H/4	<H/4	Tynt lag	6
6	SENSITIVITET	1	>100	30 – 100	20 - 30	<20	2
7	EROSJON	3	Aktiv/glid.	Noe	Lite	Ingen	6
8	INNGREP: FORVERRING	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	0
	FORBEDRING	-3	Stor	Noe	Liten		
	SUM						20

PUNKT 1: Basert på et konservativt valg på grunnlag av at det ikke er funnet informasjon om det har inntruffet noe tidligere skred, velges faregrad 1 for dette punktet.

PUNKT 2: Skråningshøyden til sonen er 10 meter. Faktoren faller innenfor faregrad 0.

PUNKT 3: Det er ikke utført prøveserie i denne sonen, det er kun totalsondering 2005 som er til rådighet. Det er av den grunn valgt å benytte den nærmeste prøveserien, som er 1131 (COWI AS, 2018). Dette gir en stor grad av usikkerhet i vurderingen. Resultatene viser at OCR er lik 1,51 i dybde 6,2 meter. Dette er regnet ut ved å ta forholdstallet mellom vertikal konsolideringsspenning (σ_{ac}') og horisontal konsolideringsspenning (σ_{rc}'), som er hentet fra treaksialforsøket. Faktoren faller innenfor faregrad 1.

PUNKT 4: Nærmeste poretrykksmåleren til denne sonen ligger i punkt 1130, dette gir en usikkerhet i vurderingen, ut fra disse resultatene er det antatt et estimert poreovertrykk. Dette er basert på antagelsen om at grunnvannet står omtrent i terrengnivå (COWI AS, 2018):

$\Delta h = \text{Poretrykspotensial} - \text{Terrenghøyde}$

$\Delta h = 12,2\text{m} - 11,72\text{m} = 0,48\text{m}$

$u = 0,48\text{ m} * 10\text{ kN/m}^3 = \underline{\underline{4,8\text{ kN/m}^2}} \text{ i poreovertrykk.}$

Faktoren faller innenfor faregrad 1.

PUNKT 5: På grunn av at det ikke er en prøveserie i sonen tas et konservativt valg og ser derfor på løsmassene som mulig kvikkleire. Ut fra lagdelingen til totalsonderingen, er over halve høyden bestående av mulig kvikkleire. Faktoren faller innenfor faregrad 3.

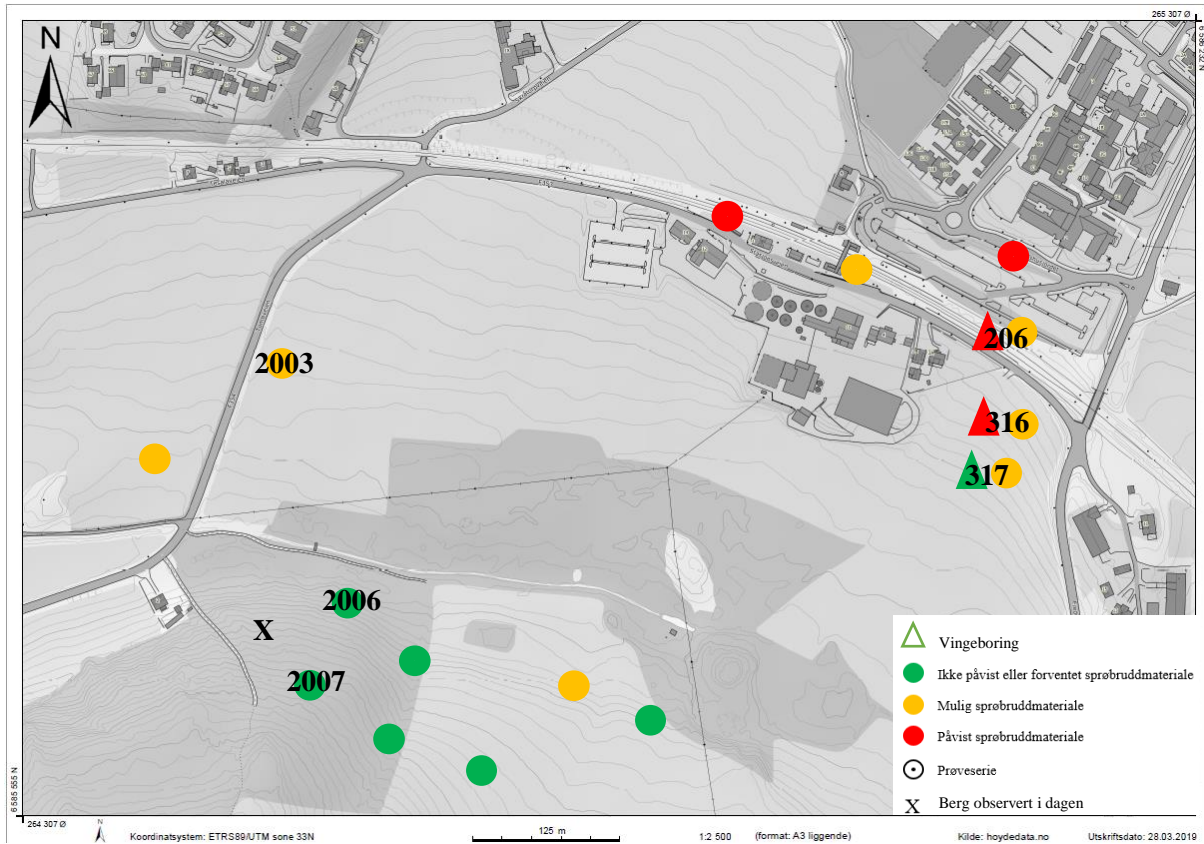
PUNKT 6: Det at det ikke er en prøveserie i borpunktet, medfører at sensitiviteten i sonen er ukjent. Basert på et konservativt valg og erfaring fra andre prøveserier i området velges faregrad 2 for denne faktoren.

PUNKT 7: I utløpsområdet til sonen befinner det seg en bekk som kan føre til erosjon ved store nedbørsmengder. Ut fra tidligere flyfoto, kan en observere at bekken har økt i størrelse, se bildet i figur 5-21. Faktoren faller innenfor faregrad 2.

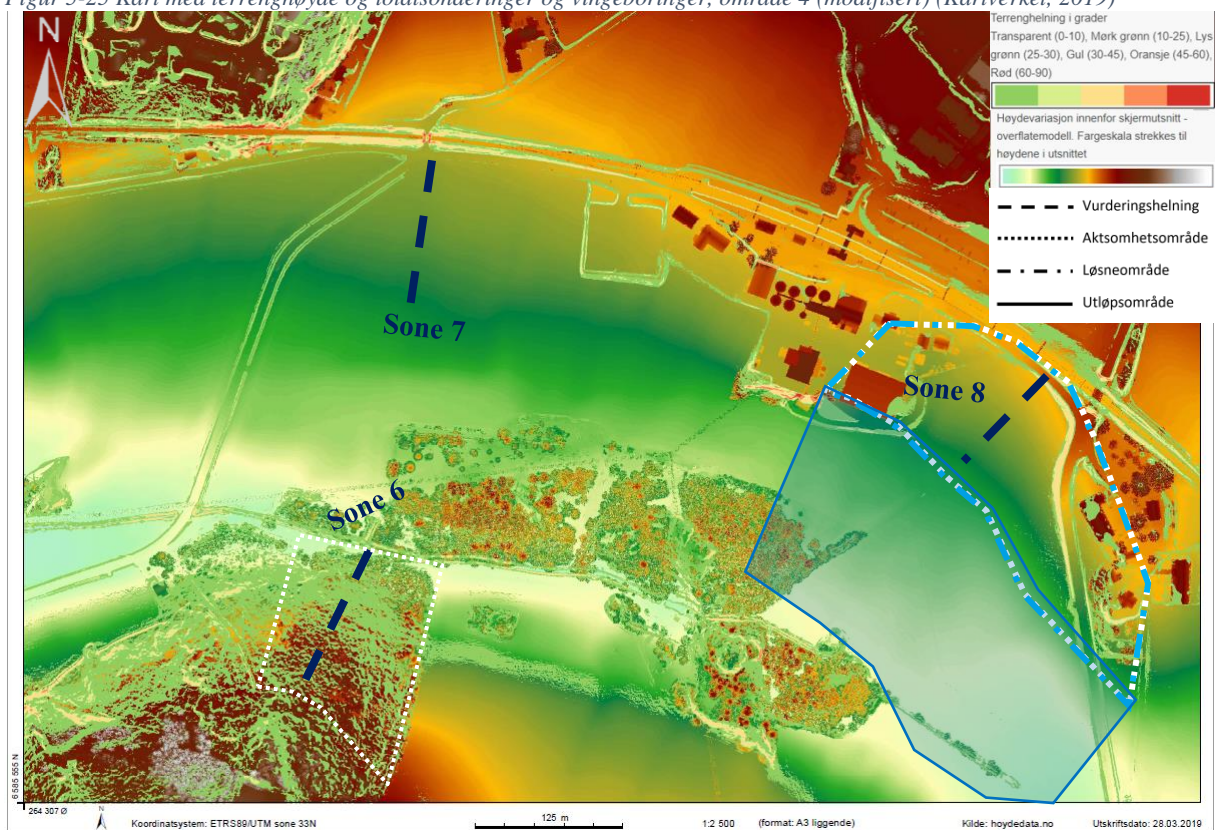
PUNKT 8: Det er ikke funnet informasjon om inngrep i denne sonen, det ble heller ikke avdekket pågående inngrep ved befaring. Sonen blir i dag benyttet til jordbruk, det kan derfor tenkes at det har blitt gjennomført en planering. Ut fra tilgjengelig informasjon antas det at dette ikke utgjør en forverring for stabiliteten. Dette punktet er vurdert til faregrad 0.

Sone 5 får en faregradscore på 20 poeng. Dette betegner at sonen har en middels faregrad, som betyr at det er en middels sannsynlighet for at et skred skal inntreffe i sonen.

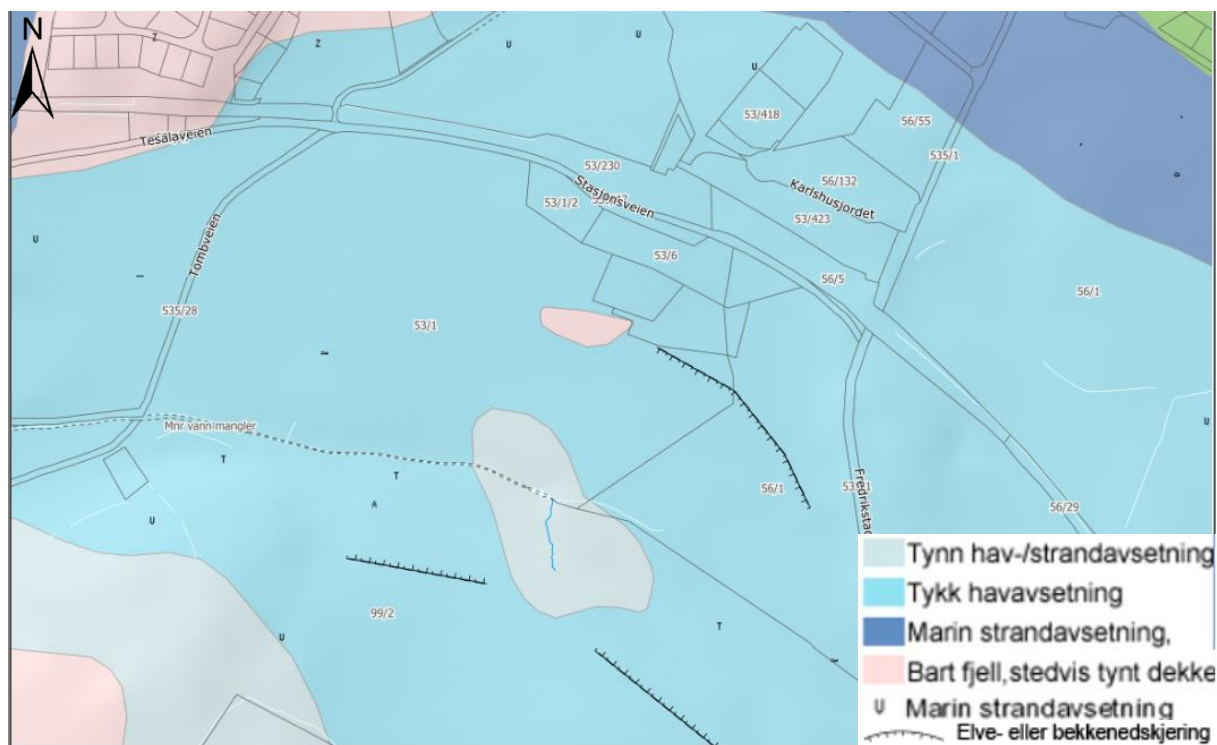
5.4 OMRÅDE 4



Figur 5-25 Kart med terrenghøyde og totalsonderinger og vingeboringer, område 4 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-24 Kart med terrenghøyde i farger, område 4 (modifisert) (Kartverket, 2019)



Figur 5-26 Løsmassekart, område 4 (NGU, 2015)

3. Avgrens områder med marine avsetninger

Løsmassekartet over område 4, figur 5-26, viser at området er bestående av tynne havavsetninger, tykke havavsetninger og bart fjell/tynt dekke. Figur 5-3 viser at det er stor sannsynlighet for marine avsetninger i området.

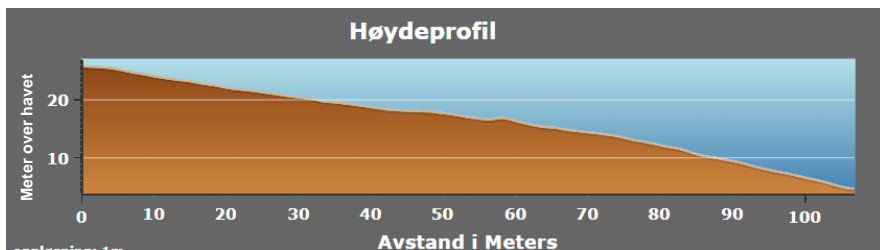
4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.

Det er ikke kartlagt faresoner for kvikkleireskred i området på skrednett.no (NVE, 2019).

5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.

Sone 6

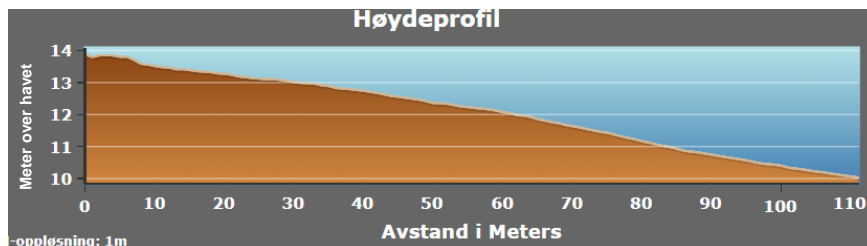
- Denne sonen faller innenfor aktsomhetsområde da helningen er 1:5 og en skråningshøyde over fem meter.
- Aktsomhetsområdet er begrenset av berg i dagen i vestre del.



Figur 5-27 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 6 i figur 5-24 (modifisert) (Kartverket, 2019)

Sone 7

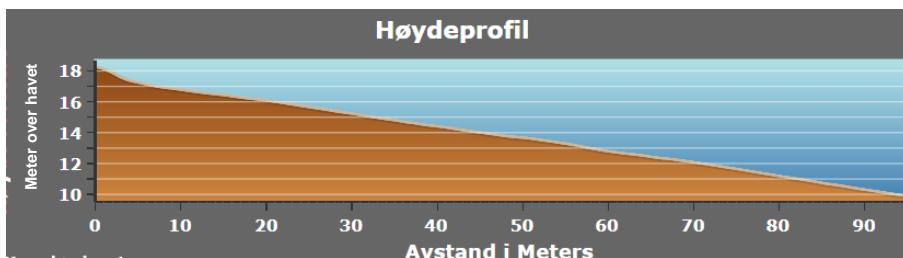
- Denne sonen faller ikke innenfor aktsomhetsområde da helningen er 1:27.



Figur 5-28 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 7 i figur 5-24 (Kartverket, 2019)

Sone 8

- Denne sonen faller innenfor aktsomhetsområde da helningen er 1:11 og en skråningshøyde over fem meter.
- Aktsomhetsområdet er begrenset av berg registrert i løsmassekartet, se figur 5-26.



Figur 5-29 Høydeprofil som viser vurderingshelning til sone 8 i figur 5-24 (modifisert) (Kartverket, 2019)

6. Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag.

Sone 6

Ved befaring ble sone 6 undersøkt ytterligere på grunn av dens aktsomhetsområde. Det ble observert berg i dagen, se figur 5-31, samt at sonen generelt var dekket av store blokker, se figur 5-30. Basert på grunnundersøkelsene og observasjoner fra befaringen går en ut fra at sonen inneholder morene, noe som er lite sensitivt.

Grunnundersøkelsene som er gjennomført i sone 6 (2006, 2007), se vedlegg 2 side 21, tolkes til å være lite sensitivt materiale med liten dybde ned til berg (COWI AS, 2017a).

Totalsondringsresultatene viser at det er under to meter ned til berg og at motstanden er varierende, noe som kan tyde på grusig leire. De resterende punktene vil av den grunn ikke gjennomgås for denne sonen og sonen vurderes videre ikke som et aktsomhetsområde, da det ikke er sannsynlig sprøbruddmateriale i totalsonderingene.



Figur 5-31 Bilde fra befaring som viser blokker i sone 6 Figur 5-30 Bilde fra befaring som viser berg i dagen (Haug, 2019)

Sone 7

Grunnundersøkelsen som er utført i sone 7 (2003), se vedlegg 2 side 22, tolkes til å være et tykt lag på 20 meter med mulig sprøbruddmateriale med tørrskorpeleire i toppen (COWI AS, 2017a). Totalsonderingsresultatet viser at det er 21 meter ned til berg, der motstanden er jevn med noen ujevnheter. Det er brukt slagkraft, som kan tyde på at det er et tynt lag med stein eller morene i midten av laget. Resterende løsmasser tolkes til å være meget sensitiv leire med innslag av gruskorn, samt et tørt leirlag på toppen. Som tidligere nevnt faller ikke sonen innenfor aktsomhetsområde, da helningen er større enn 1:20. De resterende punktene vil av den grunn ikke gjennomgås for denne sonen.

Sone 8

Ved befaring lyktes det ikke å observere berg i sone 8, da det var lagerbygninger i området. Det ble observert skjeve fundamenter i fyllingen til riksveg 110, se bilde i figur 5-33. I sone 8 viser grunnundersøkelsene (206, 316, 317), se vedlegg 2 side 23-25, at det er tykke lag ned til berg med sensitivt materiale (SWECO, 2012). Lagtykkelsen varierer fra 9 til 17 meter. Det er både utført totalsonderinger og vingeboringer i de tre borpunktene som nevnt over. Motstanden i totalsonderingene 206 og 316 er jevnt liten, men stiger noe mot toppen. Undersøkelsene tolkes til å inneholde sprøbruddmateriale og meget sensitiv leire. Totalsonderingsresultatet i borpunkt 317 har jevnt liten motstand, dette tolkes til å være meget sensitiv leire. Det er i nærheten av berg brukt slagkraft, dette kan tyde på innhold av stein. Vingeboring 206 som ligger i nærhet av sonen, viser at det er påvist sprøbruddmateriale. Vingeboringen i punkt 316 har påvist sprøbruddmateriale, mens vingeboringen 317 har påvist at det ikke er sprøbruddmateriale, men har verdier som er i nærheten.



Figur 5-33 Bilde fra befaring som viser sone 8 (modifisert) (Haug, 2019)

Figur 5-32 Bilde fra befaring som viser skjeve fundamenter i fyllingen til riksveg 110 (Haug, 2019)

7. Avgrens løsneområdet mer nøyaktig.

Sone 8 tilfredsstillter kriteriet til et løsneområde, da helningen til skråningen er brattere enn 1:15. Løsneområdet avgrenses til størrelsen på aktsomhetsområdet etter vurdering av begrensende faktorer, da berg er registrert i løsmassekartet.

Sprøbruddmaterialet ligger relativt grunt og ut fra terrengets helning og landskapet, tolkes det slik at den mest sannsynlige skredtypen som eventuelt kan inntreffe, vil være et skalkskred (NGI, 2014).

8. Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser.

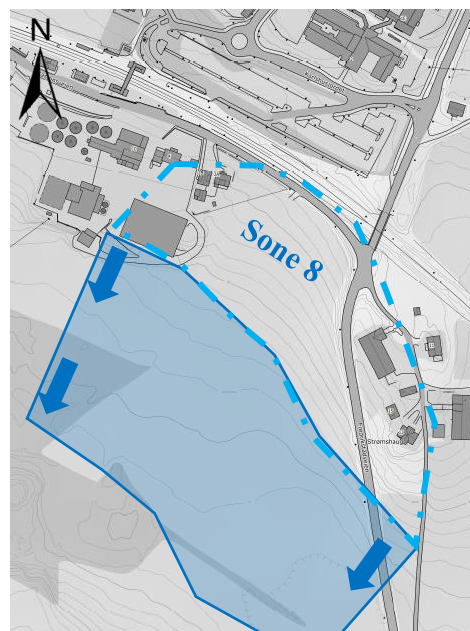
Sone 8 (høydeforskjell 9 meter)

Løsneområdet til sone 8 ligger i et åpent terreng, NIFS-prosjektet sin anbefaling (Aunaas *et al.*, 2016) følges:

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * \text{Løsnedistanse}$$

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * 100 \text{ meter} = 150 \text{ meter.}$$

Utløpsområdet vil bevege seg mot sør på grunn av landskapets helning.



Figur 5-34 Skredmassens bevegelse (modifisert)
(Kartverket, 2019)

9. Avgrens og faregradsklassifiser faresoner.

SONE 8		FAREGRAD, SCORE					SCORE
	FAKTORER	Vekttall	3	2	1	0	
1	TIDLIGERE SKREDAKTIVITET	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	1
2	SKRÅNINGSHØYDE, METER	2	>30	20 - 30	15-20	<15	0
3	TIDLIGERE/NÅVÆRENDE TERRENGNIVÅ (OCR)	2	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0	2
4	PORETRYKK. OVERTRYKK, KPA:	3	> + 30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk	6
	UNDERTRYKK, KPA:	- 3	> - 50	-(20 - 50)	-(0 - 20)		
5	KVIKKEIREMEKTIGHET	2	>H/2	H2/ - H/4	<H/4	Tynt lag	6
6	SENSITIVITET	1	>100	30 – 100	20 - 30	<20	1
7	EROSJON	3	Aktiv/glid.	Noe	Lite	Ingen	0
8	INNGREP: FORVERRING	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	6
	FORBEDRING	-3	Stor	Noe	Liten		
	SUM						22

PUNKT 1: Basert på et konservativt valg på grunnlag av at det ikke er funnet informasjon om det har inntruffet noe tidligere skred, velges faregrad 1 på dette punktet.

PUNKT 2: Skråningens høyde er 9 meter. Faktoren faller derfor innenfor faregrad 0.

PUNKT 3: Det er ikke utført en prøveserie i sonen, verdiene fra nærmeste prøveserie i borpunkt 205 benyttes. Prøveserien ligger ca. 50 meter nord for borpunkt 206. Ut fra prøveserien i 205 er OCR lik 1,7 i en dybde på 6,4 meter (SWECO, 2012). Dette er regnet ut ved å ta forholdstallet mellom vertikal konsolideringsspenning (σ_{ac}') og horisontal konsolideringsspenning (σ_{rc}'), som er hentet fra treaksialforsøket. Faktoren faller innenfor faregrad 1.

PUNKT 4: Det er ikke gjennomført poretrykksmålinger i sonen, derfor benyttes den nærmeste poretrykksmåleren som er plassert ca. 300 meter fra sonen i borpunkt 2016. Ut fra disse resultatene er det antatt et estimert poreovertrykk. Dette er basert på antagelsen om at grunnvannet står omtrent i terrengnivå (COWI AS, 2017a):

$\Delta h = \text{Poretrykkspotensial} - \text{Terrenghøyde}$

$\Delta h = 20,50\text{m} - 19,36\text{m} = 1,14\text{ m}$

$u = 1,14\text{ m} * 10\text{ kN/m}^3 = \underline{\underline{11,4\text{ kN/m}^2}} \text{ i poreovertrykk.}$

Faktoren faller innenfor faregrad 2.

PUNKT 5: Vingeboringen i borpunkt 316 viser at over halve laget består av sprøbruddmateriale. Faktoren faller innenfor faregrad 3.

PUNKT 6: Gjennomsnittssensitiviteten til vingeboringen 316 er 20. Kategorien faller innenfor faregrad 1.

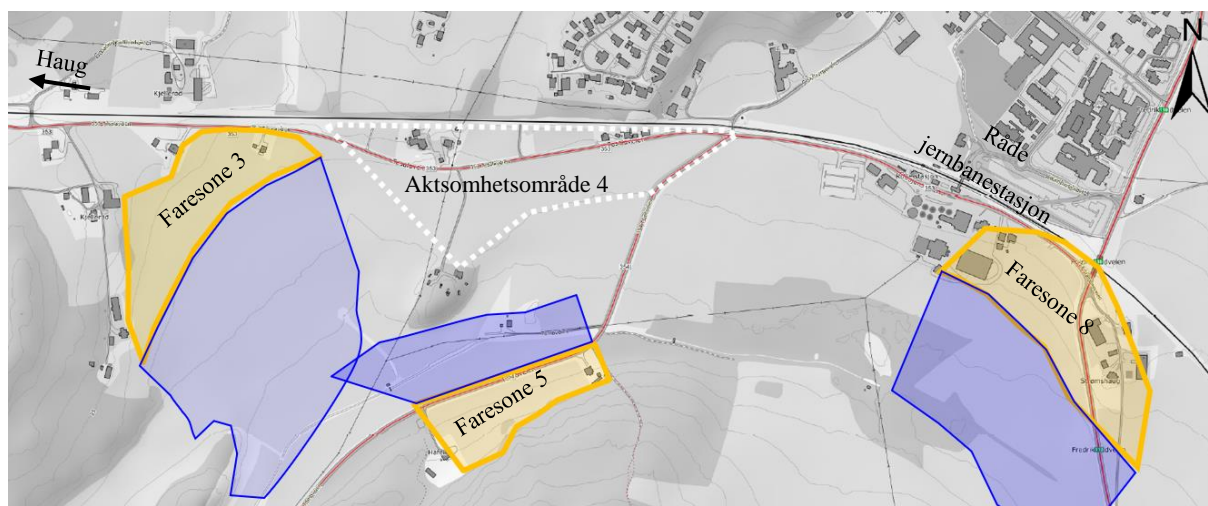
PUNKT 7: Det er ikke noe som kan tyde på at det er erosjon i området. Punktet faller innenfor faregrad 0.

PUNKT 8: Konservativt velges riksvei 110 som et noe forverrende inngrep, da vegen er bygget på en fylling. Ved befaring ble det observert at fundamentene til både skilt og lyktestolper som er plassert i denne fyllingen var noe forskjøvet, se figur 5-33. Dette kan tyde på at fyllingen har beveget seg, men dette kan være en følge av setninger. Punktet faller innenfor faregrad 2.

Sone 8 får en faregradsscore på 22 poeng. Dette betegner at sonen har en middels faregrad, som betyr at det er en middels sannsynlighet for at et skred skal inntreffe i sonen.

5.5 SAMMENLIGNINGSGRUNNLAG – FAREGRADSKLASSIFISERING

Bacheloroppgavens resultat			Områdestabilitetsrapportens resultat		
Faresone	Poengscore	Faregrad	Faresone	Poengscore	Faregrad
3	23	Middels	1 – 1	25	Middels
5	20	Middels	2 – 1	21	Middels
6	0	Ingen	2 – 2	22	Middels
8	22	Middels	2 – 3	25	Middels



Figur 5-35 Oversiktsbilde over bacheloroppgavens resultat (modifisert) (Kartverket, 2019)

For områdestabilitetsrapportens plassering av faresoner se vedlegg 4 side 56 og 57.

6 DRØFTING

Det er som tidligere nevnt utarbeidet en områdestabilitetsrapport for hele strekning mellom Haug og Seut, trasé 6a2a. Området denne bacheloroppgaven tar for seg områdestabiliteten til strekker seg fra Haug til Råde jernbanestasjon. Bacheloroppgavens problemstilling hadde som formål å sammenligne dens resultater med den utførte områdestabilitetsrapporten.

Områdestabilitetsrapporten ble ferdigstilt i 2017 og i senere tid har det blitt gjennomført nye avrop på grunnundersøkelser. Disse grunnundersøkelsene gir mer detaljert informasjon på noen områder, og kan derfor ha vært med på å påvirke bacheloroppgavens resultater i positiv grad. Bane NOR og deres rådgiver har en egen database over alle grunnundersøkelsene som er utført tidligere, blant annet av Statens Vegvesen. For denne bacheloroppgaven er det kun gitt tilgang til de grunnundersøkelsene utført for Jernbaneverket og Bane NOR, dette medfører at resultatene i bacheloroppgaven kan ha en lavere reliabilitet .

I «NVEs Veileder nr. 7-2014» blir det spesifisert at begrepet kvikkleire for enkelhets skyld blir brukt som en fellesbetegnelse på kvikkleire og sprøbruddmateriale i veilederens beskrivelser (Schanche og Haugen, 2014b). Det er av den grunn valgt å markere prøveserier med påvist sprøbruddmateriale med rødt i bacheloroppgaven. Dette er ulikt fra områdestabilitetsrapporten, som kun har markert prøveserier med rødt i kartvedlegget hvis det er påvist kvikkleire innenfor de områdene vi har tatt for oss. Dette avviker fra beskrivelsen i områdestabilitetsrapporten, som angir at rød farge betyr påvist sprøbruddmateriale, se vedlegg 3, side 40, punkt 4.3 (2G, 2017a). Dette gjelder prøveserie 1104 og 1120, som begge har påvist sprøbruddmateriale, men er markert med grønt i vedlegget til områdestabilitetsrapporten. Dette kan skape en ulik oppfatning av kartgrunnlagene.

Sonene som omfattes i bacheloroppgaven strekker seg innenfor delområde 1 og delområde 2 i Bane NOR sin områdestabilitetsrapport. I deres analyse går de kun gjennom punkt 1-8 en gang per delområde. Dette er forskjellig fra bacheloroppgaven da punkt 1 og 2 er lik for alle områdene, mens de resterende punktene gjennomgås individuelt for hver sone. Områdene i bacheloroppgaven omfatter mindre areal enn deres delområder, videre er områdene delt inn i soner. Dette medfører at bacheloroppgaven har fire områder og åtte soner. Dermed er bacheloroppgavens fremgangsmåte grundigere enn den eksisterende rapporten.

6.1 GJENNOMFØRING AV OMRÅDESTABILITETSVURDERINGEN

Resultatet i punkt 1 og 2 samsvarer med områdestabilitetsrapporten. Punkt 1 som omhandler nøyaktigheten til analysen er lik, av den grunn at det ikke skal påvirke sammenligningsgrunnlaget. På punkt 2, marin grense, er det stor likhet mellom bacheloroppgaven og områdestabilitetsrapporten, da begge tar for seg løsmassekartet hentet fra NGUs nettsider (NGU, 2015).

Punkt 3, marine avsetninger, er det i bacheloroppgaven kun sett på løsmassekartet og sannsynligheten for marin leire. I områdestabilitetsrapporten er det under dette punktet omtalt grunnundersøkelser i korte trekk, og at tolkningene av disse finnes i vedlegget. Punkt 4, kartlagte faresoner, har store likheter med unntak av faresone 3 som er lagt inn i skrednett.no basert på Bane NOR sin områdestabilitetsrapport (faresone 1-1). Denne har vi valgt å se bort fra.

Punkt 5, aktsomhetsområde, er i områdestabilitetsrapporten basert på en GIS-analyse av terrenget, hvor helning brattere enn 1:20 har blitt avdekket. Aktsomhetsområder i bacheloroppgaven er valgt ut fra helningen sett fra kart med terrenghøyden i farger. Årsaken til dette er at en ikke har fått tilgang til GIS-analysen eller har riktig utstyr til å gjennomføre en slik analyse. Dette medfører at bacheloroppgavens resultat kan være mindre nøyaktig enn områdestabilitetsrapporten, og aktuelle aktsomhetsområder kan ha blitt oversett.

I punkt 6, grunnundersøkelser og befaring, er det i områdestabilitetsrapporten ikke kommentert hva de har kommet frem til ved befaring. Det er kun nevnt om det er tilstrekkelig grunnundersøkelser i et område. Manglende grunnundersøkelser har en stor betydning for resultater, da det er store lokale variasjoner i løsmassene og dens dybde. En befaring kan avdekke behov for flere grunnundersøkelser. I vår vurdering er det tatt med kommentarer fra endt befaring, fordi dette er avgjørende informasjon for resultatene. Kommentarene er vesentlig for etterprøvbareheten til bacheloroppgaven.

I punkt 6 har vi gått grundigere gjennom grunnundersøkelsene for hver sone og kommentert hver enkelt. Grunnundersøkelsene er vurdert i et eget vedlegg der det er markert hva som er mulig sprøbruddmateriale, ikke sprøbruddmateriale og hvilken type løsmasse som tolkes. Det er i tillegg tatt med prøveserier og poretrykksmålere, og kommentert hvor det er påvist sprøbruddmateriale. Forskjellen mellom vår vurdering og områdestabilitetsrapporten, er at

områdestabilitetsrapporten ikke har kommentert resultatene til totalsonderingene i dette punktet, men kommentert de på et generelt nivå i punkt 3. Vi har i vår vurdering kommentert hver enkelt grunnundersøkelse, og lagt ved vår tolkning i vedlegg 2.

Områdestabilitetsrapporten viser kun til kartgrunnlaget i punkt 3, der alle grunnundersøkelsene som er gjennomført i området er lagt inn med fargekoder, se vedlegg 4 (2G, 2017b). Vi har kommentert hver enkelt grunnundersøkelse, fordi det skaper et mer detaljert bilde av hver sone og dette medfører at våre resultater er mulig å etterprøve. Det kan tenkes at årsaken til at områdestabilitetsrapporten ikke har kommentert hver grunnundersøkelse, er at den tar for seg hele traseen fra Haug til Seut, og dette ville vært meget tidkrevende å gjennomføre.

I punkt 7, løsneområdet, er forskjellen mellom vår vurdering og områdestabilitetsrapporten, at løsneområde er valgt ut fra en metode som baserer seg på empiriske data. Metoden begrenser løsneområdet med en helning på 1:15, dette er hentet ut fra «NVEs Veileder nr. 7-2014» (Schanche og Haugen, 2014b). Løsneområdene er i begge tilfeller avmerket basert på vurdering av topografi, registrert berg i dagen, NGUs løsmassekart og tidligere utførte totalsonderinger. I hovedtrekk er det store likheter mellom løsneområdene, med unntak av små variasjoner i plassering og utforming. Dette skyldes at områdestabilitetsrapporten er mer erfaringsbasert enn bacheloroppgaven. Områdestabilitetsrapporten har av den grunn en høyere pålitelighet på dette punktet.

I punkt 8, utløpsområde, har begge basert seg på NIFS rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» (Aunaas *et al.*, 2016). Resultatene til utløpsområdet vil variere, da utløpsområdet avhenger av løsneområdet. Det at resultatene til dette punktet har store likheter, fører til en økt reliabilitet for begge parter.

I punkt 9, faregradsevaluering, er det felles bruk av poengsystemet gitt av faregradsevalueringstabellen. Poengene baserer seg på faktorer med forskjellig vektall, der flere av faktorene er hentet ut fra prøveserier. Avvik mellom områdestabilitetsrapportens poengscore og vår, kan bero på nyere avrop og begrenset tilgang på data. I noen soner kan dette komme til vår fordel, da de nyere grunnundersøkelsene kan være mer strategisk plassert. Det er en ulempe for resultatene da tilgangen på de eldre grunnundersøkelsene i noen områder er begrenset.

6.2 RESULTATER

6.2.1 Sone 1, sone 2, sone 4 og sone 7

I sone 1, sone 2 og sone 7 er kun punkt 3-6 gjennomgått, aktsomhetsområde er ikke markert fordi helningen er mindre enn 1:20. Aktsomhetsområde er markert i sone 4 da det er tilstrekkelig helning i sonen. Punkt 7 er ikke gjennomgått da bacheloroppgavens valg av løsneområde er basert på en metode gitt av «NVEs Veileder nr.7-2014», som krever en helning på 1:15.

Dette gir en av de større ulikhetene mellom områdestabilitetsrapporten og bacheloroppgaven, da bacheloroppgavens resultater er basert på at alle sonene er vurdert. Dette gjøres for å vise fremgangsmåten bedre ved vurdering av et område. Etterprøvbareheten økes av den grunn for resultatene i bacheloroppgaven. Områdestabilitetsrapporten viser kun faresonene som er faregradsevaluert, noe som fører til at etterprøvbareheten minskes.

6.2.2 Faresone 3 (Faresone 1-1)

Områdestabilitetsrapporten har innenfor denne faresonen kun hatt to totalsonderinger å benytte seg av, 1121 og 1122. Det har i senere tid blitt utført nyere grunnundersøkelser i området, Avrop Ø-HS-060. I hovedsak er det disse grunnundersøkelsene vi har benyttet oss av. Dette er en fordel for vår vurdering, da grunnlaget er bedre og mer presist.

Løsneområdet som er markert i områdestabilitetsrapporten strekker seg over et større areal enn det vi har kommet frem til. Aktsomhetsområdet markert i bacheloroppgaven er i hovedsak løsneområdet til områdestabilitetsrapporten, med unntak av berg i dagen i vestre del. Dette tilsier at løsneområdet i områdestabilitetsrapporten er basert på en helning på 1:20. Områdestabilitetsrapporten er med dette mer konservativ, da løsneområdet dekker et større område.

Utløpsområdet markert i bacheloroppgaven er tilnærmet lik områdestabilitetsrapporten, med noen unntak grunnet forskjellig utforming på løsneområdet. Vi har i likhet med områdestabilitetsrapporten valgt skalkskred, også kalt retrogressivt skred, som aktuell skredtype for alle sonene. Dette fører til en høyere troverdighet for begge parter.

For faregradsevalueringen innenfor sonen er det en differanse på 2 poeng. Vår poengsum er 23 poeng, der områdestabilitetsrapporten har en poengsum på 25. Differansen ligger i faktorene «tidligere skredaktivitet», «skråningshøyde», «OCR», «poretrykk» og «sensitivitet».

Det har blitt tatt et konservativt valg i bacheloroppgaven som omhandler tidligere skredaktivitet, som medfører faregrad 1 på dette punktet. Årsaken til de resterende faktorene ligger i at det er benyttet forskjellige prøveserier og poretrykksmåler, det har resultert i forskjellige verdier i tabellen. Prøveserien som er benyttet i områdestabilitetsrapporten er 1120 som ligger utenfor sonen, se område 2, noe som kan ha medført til at bacheloroppgaven har mer presis informasjon.

Differansen mellom skråningshøyden skyldes at vårt løsneområde er mindre enn områdestabilitetsrapporten, og har derfor en lavere skråningshøyde. Dette fører til en lavere faregrad for dette punktet, fordi høyere skråningshøyde har en ugunstig virkning på stabiliteten. OCR verdien i borpunkt 1120 er lavere enn verdien hentet ut fra prøveserien i 1145, som har blitt benyttet i bacheloroppgaven. En høyere OCR verdi er gunstigere for stabiliteten. Det at bacheloroppgaven har et høyere OCR tall kan tyde på at løsmassene i sonen i større grad er konsolidert enn løsmassene i det andre borpunktet.

Det er i borpunkt 1145 påvist kvikkleire, mens det kun er sprøbruddmateriale i borpunkt 1120. Dette fører til en høyere sensitivitet og faregrad i vår vurdering, fordi høyere sensitivitet er ugunstig for stabiliteten. I motsetning til borpunkt 1145, ligger ikke borpunkt 1120 innenfor sonen. Dette medfører at resultatene i bacheloroppgaven har en høyere pålitelighet med tanke på plassering av grunnundersøkelsen. Differansen har ingen påvirkning for plassering av faregradsklassen, da begge ligger innenfor middels faregrad.

6.2.3 Faresone 5 (Faresone 2-1)

Innenfor denne sonen er det kun en totalsondering som er tilgjengelig for bacheloroppgaven. I kartgrunnlaget til områdestabilitetsrapporten er det i tillegg markert to andre totalsonderinger. Det kommer ikke frem av teksten i områdestabilitetsrapporten at de har benyttet seg av disse.

Det fremkommer ingen forskjell i områdestabilitetsvurderingen før punkt 6 som omhandler befaring og grunnundersøkelser. En har ikke kunnet kommentere løsmassene i vestre del i faresonen, fordi det kun er utført totalsonderinger. Områdestabilitetsrapporten har også konkludert med at det ikke er mulig å gjennomføre en fullstendig områdestabilitetsvurdering, i mangel på prøveserie i sonen. Supplerende prøveserie og poretrykksmåling er en nødvendighet, det har derfor blitt tatt konservative valg av begge parter. Løsne- og utløpsområde har store likheter med noen små unntak. Områdestabilitetsrapporten og bacheloroppgaven har manglende informasjonsgrunnlag, noe som fører til at nøyaktigheten og troverdigheten til vurderingene minskes.

Områdestabilitetsrapportens faregradscore er 21 poeng og bacheloroppgaven har en score på 20 poeng. Forskjellen i faregradscoren ligger i faktorene «tidligere skredaktivitet», «skråningshøyde» og «kvikkleiremektighet». Resultatene i bacheloroppgaven baseres på et konservativt valg om tidligere skredaktivitet, på grunn av at det ikke har lyktes med å innhente informasjon om dette. Områdestabilitetsrapporten har valgt en skråningshøyde på 15 til 25 meter, ved etterprøving er det ikke mulig å komme frem til de samme verdiene. Dette minsker områdestabilitetsrapportens reliabilitet.

Kvikkleiremektigheten er basert på et konservativt valg med totalsondering 2005 som grunnlag. Områdestabilitetsrapporten har hentet sitt grunnlag fra de nærmeste prøveseriene i deres database (SV14-135 og SV14-137). Disse grunnundersøkelsene var ikke tilgjengelige for bruk i bacheloroppgaven. Plasseringen til prøveseriene er innenfor bacheloroppgavens sone 4, som er plasser langt utenfor sonen. Det er en svakhet i begge valg, da grunnlagsdataene til bacheloroppgaven ikke er basert på en prøveserie som påviser kvikkleire, og at områdestabilitetsrapporten bruker en prøveserie utenfor sonen.

Differansen i poengscoren har ikke betydning for sonens faregradsklassifisering, da bacheloroppgaven og områdestabilitetsrapporten klassifiserer sonen som middels faregrad.

6.2.4 Sone 6 (Faresone 2-2)

Det er en stor forskjell på resultatene innenfor denne sonen. Vi har ikke funnet et grunnlag for å klassifisere sonen som en faresone i motsetning til områdestabilitetsrapporten, som har plassert denne sonen innenfor middels faregrad, med en poengscore på 22 poeng. Denne sonen er ikke vurdert videre i bacheloroppgaven, fordi totalsonderingene viser lite sensitive masser og kun en dybde på en meter ned til berg. Ved befaring ble det avdekket morenelignende løsmasser som bygger opp under konklusjonen om å ikke gjennomføre en videre vurdering.

I områdestabilitetsrapporten er grunnundersøkelsene gjennomført i sonen ikke kommentert. Ved å se på kartgrunnlaget i vedlegget til områdestabilitetsrapporten, stemmer ikke grunnundersøkelse 2006 og 2007 i kartet overens med datarapporten til grunnundersøkelsene. I kartgrunnlaget er det angitt større dybder ned til berg, enn hva som står i datarapporten til grunnundersøkelsene (COWI AS, 2017a). Grunnundersøkelsene er i tillegg merket som mulig sprøbruddmateriale i kartet, noe vi har konkludert med at ikke stemmer overens med resultatet fra totalsonderingene. Vi antar at datarapporten gir riktig informasjon, noe som fører til at områdestabilitetsrapporten har lav reliabilitet for denne sonen.

Faregradsevalueringen er basert på informasjon som er hentet ut fra en poretrykksmåling og to prøveserier, der de tre punktene har stor forskjell i geografisk plassering. OCR-verdien og poretrykket er hentet ut fra en prøveserie med påvist kvikkleire øst for sonen (2027). Kvikkleiremektighet og sensitiviteten er hentet ut fra prøveserien som i tillegg er benyttet i sone 5 (SV14-135 og SV14-137).

Faregradsevalueringen til områdestabilitetsrapporten er basert på borpunkt med stor forskjell i geografisk plassering. Totalsonderingsresultatene som er benyttet, avviker i stor grad med totalsonderingene innenfor sonen. Dette fører til at resultatene til faregradsevalueringen i områdestabilitetsrapporten har lav reliabilitet.

6.2.5 Faresone 8 (Faresone 2-3)

Våre resultater er basert på totalsonderinger og vingeboringer gjennomført innenfor sonen.

Områdestabilitetsrapporten har hentet sitt grunnlag fra en prøveserie utenfor sonen.

Grunnundersøkelser kan ha store variasjoner innenfor et område. Våre resultater har med dette et bedre grunnlag, fordi grunnundersøkelsene er plassert innenfor sonen. Samtidig kan resultater fra vingeboringer innebære mer usikkerhet enn resultatene fra en prøveserie.

Områdestabilitetsrapporten benytter en prøveserie i nærheten av sonen, noe som dermed kan være en fordel for nøyaktigheten for faregradsklassifiseringen. Plasseringen til prøveserien kan imidlertid påvirke påliteligheten.

Løsneområdet som er definert i bacheloroppgaven har relativt lik plassering og lik størrelse med områdestabilitetsrapporten. Ulikhetene ligger i løsneområdets østre og vestre del, der løsneområdet i bacheloroppgaven er forflyttet noe vest og strekker seg over større deler av gården i øst. Utløpsområdet i bacheloroppgaven strekker seg over et større område, men plasseringen er lik. Det at våre resultater på dette området er ulikt fra områdestabilitetsrapporten, fører til en lavere reliabilitet for begge parter. Etterprøvdheten er lavere for løsneområdet til områdestabilitetsrapporten, da den ikke har begrunnet hva som begrenser løsneområdet.

Faregradscoren er i bacheloroppgaven 22 poeng, mot områdestabilitetsrapportens 25 poeng. Forskjellen ligger i faktorene «tidligere skredaktivitet», «skråningshøyde» og «sensitivitet». Tidligere skredaktivitet er som nevnt tidligere basert på et konservativt valg. Skråningshøyden varierer på grunn av ulikt løsneområde, der vi har kommet frem til en lavere skråningshøyde. Det er i bacheloroppgaven benyttet resultatene fra en vingeboring som gir et lavere tall for sensitiviteten, enn prøveserien som er benyttet i områdestabilitetsrapporten. Både områdestabilitetsrapporten og våre vurderinger faller innenfor faregrad middels.

7 KONKLUSJON

Vi har i denne bacheloroppgaven utredet områdestabiliteten i henhold til punkt 1 til 9 i «NVEs Veileder nr.7-2014» på strekningen mellom Haug og Råde jernbanestasjon. Resultatene vi har kommet frem til viser at det er svekket områdestabilitet på deler av området. På den tre kilometer lange strekningen har vi avdekket tre faresoner med middels faregrad.

Problemstillingen og tilhørende delspørsmål for denne bacheloroppgaven er følgende:

Områdestabilitetsvurdering på trasé 6a og en sammenligning med Bane NORs resultater.

- Hvilke faktorer spiller inn for områdestabiliteten?
- I hvor stor grad samsvarer vår metode for gjennomføring av områdestabilitetsvurdering med Bane NORs utførte områdestabilitetsrapport?
- Hvilke ulikheter i resultatene kommer frem etter endt områdestabilitetsvurdering og sammenligning med områdestabilitetsrapporten?

Faktorene som påvirker områdestabiliteten er erosjon, endring i poretrykk, inngrep, skråningshøyde, forkonsolideringsgrad, kvikkleiremektighet og sensitivitet. Det konkluderes med at erosjon, inngrep og endring i poretrykk vil ha den største påvirkningen, da dette er de utløsende faktorene for et skred. Dette stemmer godt overens med faregradsevalueringen, da disse faktorene har det største vektallet.

Vår metode for gjennomføring av områdestabilitetsvurderingen har store likheter med Bane NOR sin områdestabilitetsrapport, med noen unntak. Unntakene skyldes i hovedsak at vi har basert resultatene på konservative valg der det har vært mangelfull informasjon, som manglende prøveserier og poretrykksmålinger. Våre begrunnelser for valg kommer tydeligere frem enn de gjør i områdestabilitetsrapporten.

Det er flere ulikheter mellom våre resultater og resultatene i områdestabilitetsrapporten. Den største forskjellen er at vi har en faresone mindre, sone 6, enn det områdestabilitetsrapporten har kommet frem til. På grunn av ulik tilgang på data har vi benyttet oss av andre grunnundersøkelser enn områdestabilitetsrapporten. Vi har etter endt

områdestabilitetsvurdering kommet frem til en faregradsscore for hver faresone.
Faregradsscorene har små variasjoner fra områdestabilitetsrapporten, der vi har generelt lavere verdier. Dette har imidlertid ingen påvirkning på hvilken faregradsklasse faresonen faller innenfor.

7.1 ANBEFALINGER VIDERE

Etter endt områdestabilitetsvurdering har vi opparbeidet oss en formening om hva som kan forbedres med tanke på videre utredning av områdestabilitet. Det er flere steder mangel på grunnundersøkelser med tilhørende prøveserier, det kunne med fordel blitt gjennomført flere for en mer nøyaktig vurdering av områdestabilitet.

Områdestabilitetsrapporten som er benyttet for sammenligning har manglende utdyping. Dette fører til at den er vanskelig å etterprøve, da informasjonsgrunnlaget som resultatene er basert på bare delvis kommer frem av teksten. Eksempelvis nevnes vurdering etter endt befaring og eventuelle aktsomhetsområder. For at fremtidige resultater kan etterprøves anbefales det at berg i dagen og aktsomhetsområder avmerkes i kartgrunnlaget.

Det har blitt avdekket informasjonsavvik fra kartgrunnlaget benyttet i områdestabilitetsrapporten. Ved fremtidige vurderinger kan kartgrunnlaget med fordel kvalitetssikres bedre, slik at tilfeldige feil blir unngått.

REFERANSELISTE

- 2G (2017a) *InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport*. (Hentet: 08.02.2019).
- 2G (2017b) *InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport, Vedlegg*. (Hentet: 08.02.2019).
- Aunaas, K. *et al.* (2016) *Metode for vurdering av løsne – og utløpsområder for områdeskred*. (NIFS 14 - 2016). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig fra: http://www.naturfare.no/_attachment/1178416/binary/1089817 (Hentet: 26.03.2019).
- Bane NOR (2017) *Teknisk Designbasis for InterCity-strekningene*. (00-A-00030). Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/globalassets/documents/inter-city/teknisk-designbasis.pdf> (Hentet: 07.02.2019).
- Bane NOR (2018a) *Vurderer å utrede nye traseer*. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ostfoldbanen2/haug-seut/innhold/2018/trasealternativer-til-vurdering/> (Hentet: 30.01.2019).
- Bane NOR (2018b) *Om Bane NOR*. Tilgjengelig fra: https://www.banenor.no/Om-oss/Om_Bane-NOR/ (Hentet: 06.02.2019).
- Bane NOR (2019a) *InterCity*. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/intercity/> (Hentet: 06.02.2019).
- Bane NOR (2019b) *Planprogram for kommunedelplan til fastsettelse*. (UHS). BaneNOR. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ostfoldbanen2/haug-seut/utredninger-og-dokumenter/> (Hentet: 28.03.2019).
- Bane NOR (2019c) *Samlede høringsuttalelser til planprogramforslag for Haug-Seut*. Tilgjengelig fra: <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/ostfoldbanen2/haug-seut/utredninger-og-dokumenter/> (Hentet: 06.03.2019).
- Bryhni, I. (2018) *Erosjon- geologi*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/erosjon_-_geologi (Hentet: 10.05.2019).
- COWI AS (2017a) *Avrop Ø-HS-46 Strømnes i Råde kommune, Datarapport grunnundersøkelser*. (Hentet: 15.03.2019).
- COWI AS (2017b) *Avrop Ø-HS-45 Kjellerød i Råde kommune, Datarapport grunnundersøkelser*. (Hentet: 15.03.2019).
- COWI AS (2018) *Avrop Ø-HS-060 Mellom Haug og Hafell i Råde kommune, Datarapport grunnundersøkelser*. (Hentet: 15.03.2019).
- FN-Sambandet (2019) *FNs bærekraftsmål*. Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/Om-FN/FNs-baerekraftsmaal> (Hentet: 26.02.2019).

- Fredrikstad Kommune (2011) *Kommunedelplan for Fredrikstad byområde 2011-2013*. (Kommunedelplan). Tilgjengelig fra: <https://www.fredrikstad.kommune.no/globalassets/dokumenter/planer/naering-miljo-landbruk/kommedelplan-fredrikstad-byomrade-2011-2023.pdf> (Hentet: 05.03.2019).
- Google (2019) *Google Maps*. Tilgjengelig fra: <https://www.google.com/maps> (2019).
- Gregersen, O. (2008) *Program for økt sikkerhet mot leirskred*. Oslo: NGI. Tilgjengelig fra: <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201600907/1766559> (Hentet: 05.04.2019).
- Halvorsen, K. (2016) *Å forske på samfunnet*. Oslo 2008: Cappelen Akademisk Forlag.
- Hanssen-Bauer, I. et al. (2015) *Klima i Norge i 2100*. Tilgjengelig fra: https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/rapporter-og-publikasjoner/_attachment/6616?_ts=14ff3d4eeb8 (Hentet: 14.03.2019).
- Haug, L. T. H. (2019) *Bilder fra befarings* [Fotografi](Hentet: 12.05.2019).
- Kartverket (2019) Høydedata. Tilgjengelig fra: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/> (Hentet: 13.03.2019).
- Leknes, E. et al. (2016) *Drivkrefter for vekst i små og mellomstore byregioner*. Tilgjengelig fra: [http://www.iris.no/samfunn/pdf%20filer/Rapport%20IRIS%202016-130%20Sm%C3%A5%20og%20mellomstore%20byregioner%20\(14-10-16\)%20web.pdf](http://www.iris.no/samfunn/pdf%20filer/Rapport%20IRIS%202016-130%20Sm%C3%A5%20og%20mellomstore%20byregioner%20(14-10-16)%20web.pdf) (Hentet: 06.03.2019).
- Meld. St. 33(2016-2017) (2017) *Nasjonal Transportplan 2018-2029*. Oslo: Samferdselsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-33-20162017/id2546287/sec1> (Hentet: 26.02.2019).
- Meld. St. 69 (2017) (2017) *Nye togtilbud, flere avganger og kortere reisetider*. Oslo: Samferdselsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-togtilbud-flere-avganger-og-kortere-reisetider/id2548542/> (Hentet: 26.03.2019).
- Miljødirektoratet (2017) *Støy*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljostatus.no/tema/stoy/PrintPage> (Hentet: 04.03.2019).
- Miljødirektoratet (2019) Naturbasekart Tilgjengelig fra: <https://kart.naturbase.no/> (Hentet: 07.03.2019).
- NGI (2014) Leirskred, i Gregersen, O. (red.) *Skred*. Oslo NGI og Universitetsforlaget, s. 95-137.
- NGI (2016) *Kvikkleireskred i Norge* Tilgjengelig fra: <https://www.ngi.no/Tjenester/Fagekspertise-A-AA/Jordskred-og-leirskred/Kvikkleireskred-i-Norge> (Hentet: 21.02.2019).

- NGI (2019) Kvikkleire. Tilgjengelig fra: <https://www.ngi.no/Tjenester/Fagekspertise-AA/Jordskred-og-leirskred/Kvikkleire> (Hentet: 14.02.2019).
- NGU (2014) *Geoteknikk*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/emne/geoteknikk> (Hentet: 14.03.2019).
- NGU (2015) Løsmassekart. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> (Hentet: 25.02.2019).
- Norsk Geotekniske Forening (1989) *Veiledning for utførelse av vingeboing*. Tilgjengelig fra: http://www4.databasehuset.no/ngf/wp-content/uploads/2015/03/4_NGFMelding04.pdf (Hentet: 26.04.2019).
- Norsk Geotekniske Forening (2017) *Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk*. Tilgjengelig fra: <http://ngf.no/wp-content/uploads/2015/03/NGF-melding-6-Poretrykksmåling-2017.pdf> (Hentet: 02.05.2019).
- Norsk Geotekniske Forening (2018) *Veiledning for utførelse av totalsondering*. Tilgjengelig fra: <http://ngf.no/wp-content/uploads/2018/05/NGF-Melding-9-Totalsondering-Rev-1-2018.pdf>.
- NSB (2018) Passasjerene fortsetter å strømme til toget. Tilgjengelig fra: <https://www.nsb.no/om-nsb/for-presse/pressemeldinger/passasjerene-fortsetter-a-stromme-til-toget> (Hentet: 07.03.2019).
- NVE (2019) Kvikkleire. skrednett.no. Tilgjengelig fra: <https://gis3.nve.no/link/?link=kvikkleire> (Hentet: 14.03.2019).
- Reite, A. J., Sveian, H. og Erichsen, E. (1999) *Trondheim fra istid til nåtid – landskapshistorie og løsmasser*. Trondheim: NGU.
- Råde Kommune (2005) *Kommunedelplan for Karlshusområdet 2005-2017*. (Kommunedelplaner). Tilgjengelig fra: https://www.rade.kommune.no/_f/p1/i8815fb15-7c4c-4e95-8e4d-c2fa3d0deedb/kommunedelplan-for-karlshusområdet-2005_2017-vedtatt-250805.pdf (Hentet: 05.03.2019).
- Schanche, S. og Haugen, E. E. D. (2014a) *Sikkerhet mot kvikkleireskred*. (Veileder nr 7 1501-0678): NVE. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/veileder/2014/veileder2014_07.pdf (Hentet: 07.02.2019).
- Schanche, S. og Haugen, E. E. D. (2014b) *Sikkerhet mot kvikkleireskred*. (Veileder nr 7 1501-0678): NVE. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/veileder/2014/veileder2014_07.pdf (Hentet: 07.02.2019).
- Solberg, I. L. et al. (2011) *Veileder for bruk av restivitetstmålinger i potensielle kvikkleireområder. Versjon 1.0* (2010.048). Trondheim: NGI. Tilgjengelig fra: https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2010/2010_048.pdf (Hentet: 19.02.2019).

Statistisk sentralbyrå (2018) *Økt flytteaktivitet i Norge*. Tilgjengelig fra:
<https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/okt-flytteaktivitet-i-norge>
(Hentet: 06.03.2019).

Svardal, F. (2018) *Feilkilder i forskning*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/feilkilder_i_forskning
(Hentet: 01.05.2019).

SWECO (2012) *Råde stasjon-Grunnundersøkelser-Datarapport-Fase 1*. (G-01)(Hentet:
25.04.2019).

Wiig, T. *et al.* (2019) *Høringsdokument Nr 3/2019*. (Sikkerhet mot kvikkleireskred). Oslo:
NVE. Tilgjengelig fra:
http://publikasjoner.nve.no/hoeringsdokument/2019/hoeringsdokument2019_03.pdf
(Hentet: 05.03.2019).

VEDLEGG

Vedlegg 1: Gjennomføring av områdestabilitetsvurdering

Vedlegg 2: Grunnundersøkelser

- Sone 1 s. 6 – 7
- Sone 2 s. 8 – 10
- Sone 3 s. 11 – 16
- Sone 4 s. 17 – 19
- Sone 5 s. 20
- Sone 6 s. 21
- Sone 7 s. 22
- Sone 8 s. 23 – 25

Vedlegg 3: InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport

Vedlegg 4: InterCity-prosjektet, Østfoldbanen Haug-Seut, Områdestabilitetsrapport, vedlegg

VEDLEGG 1: GJENNOMFØRING AV OMRÅDESTABILITETSVURDERING

Punkt 1-9 i kapittel 4.5 i «NVEs Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred» ligger til grunn for vår områdestabilitetsvurdering (Schanche og Haugen, 2014a). Punkt

1. Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være.

Omfanget av utredningen tilpasses plannivå og planformål/tiltakskategori.

2. Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense.

Kart som viser modellert marin grense i Norge finnes på NGUs nettsider. Den mest konservative avgrensningen av aktsomhetsområder for områdeskred er å anse alle områder under marin grense som aktsomhetsområder. Dersom planlagte byggeområder ligger over marin grense er byggeområdene avklart i forhold til skredfare. Dette gjelder både kommune- og reguleringsplan.

I kommuneplanen kan kommunen velge å anse alle områder under marin grense som aktsomhetsområder for områdeskred, og gi planbestemmelser med krav til videre utredning på reguleringsplannivå for alle disse områdene. Dette innebærer at kommunen aksepterer stor usikkerhet i sin arealplan.

✓ *Mulig leveranse: Kart som viser marin grense.*

3. Avgrens områder med marine avsetninger.

Områder med marine avsetninger kan finnes ved bruk av løsmassekart (www.ngu.no) og rapporter fra eksisterende grunnundersøkelser. I tillegg til områder med hav- og fjordavsetninger kan marine avsetninger også forekomme under flere andre typer avsetninger.

Dersom planlagte byggeområder ligger utenfor områder med marine avsetninger, og de heller ikke kan rammes av skredmasser ovenfra, er området klarert for kvikkleireskredfare (gjelder både på kommune- og reguleringsplannivå). Det formuleres da en kort konklusjon og begrunnelse som kommunen kan nytte i ROS-analyser og planbeskrivelse.

På kommuneplannivå kan kommunen velge å markere alle områder med marine avsetninger som aktsomhetsområder for kvikkleire, og fastsette hensynssoner med bestemmelser for disse. Dette avklares med kommunen. Mulige utløpsområder som ev. strekker seg utenfor områder med marine avsetninger må da inkluderes i aktsomhetsområdene.

✓ *Mulig leveranse: Kart som viser områder med marine avsetninger (inkl. mulige utløpsområder som strekker seg utenfor disse) med kort beskrivelse hvordan områdene er identifisert og avgrenset. Dersom det med stor sannsynlighet ikke er marine avsetninger som kan være skredfarlig i planområdet: notat som begrunner dette.*

4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.

Store faresoner med klassifisert skredfare som er kartlagt i den nasjonale kartleggingen finnes på www.skrednett.no. Faresoner kan også være identifisert i forbindelse med annen kartlegging og grunnundersøkelser. Allerede kartlagte avmerkes på grunnlagskartet.

Faresoner som er avgrenset i den nasjonale kartleggingen omfatter bare områder med mulig fare for store områdeskred og bare løsneområder. Områdene langs strandsoner er dessuten mangelfullt kartlagt. For å få en komplett oversikt over aktsomhetsområder må en også i områder som er omfattet av den nasjonale kartleggingen undersøke om det finnes andre faresoner, i samsvar med punktene under.

5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred.

Terrenganalyser av områder med marine avsetninger vil gi grunnlag for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir muligheter for områdeskred.

Følgende terrengkriterier vil fange opp områder der det kan gå områdeskred:

- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og total skråningshøyde > ca. 5 m.
- 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.

Terrenganalyser etter disse konservative kriteriene nyttes som grunnlag for å begrense områder for videre utredning etter punktene under. Slike terrenganalyser vil avkrefte områdeskredfare i deler av områdene med marine avsetninger, og dermed avklare skredfare både på regulerings- og kommuneplannivå. En gjennomgang av eksisterende grunnundersøkelser i og rundt det aktuelle planområdet vil indikere hvor det kan finnes sprøbruddmaterialer. Dette vil gi muligheter for ytterligere begrensning av aktsomhetsområdene.

Resultatet kan nyttes som grunnlag for å begrense aktsomhetsområder. Forutsetningen er at også aktuelle utløpsområder der skredmasser kan gjøre skader er vurdert og inkludert i aktsomhetsområdene. En nøyere undersøkelse i form av befaring og grunnundersøkelser (pkt. 6-7) vil som regel føre til at kartlagte aktsomhetsområder innsnevres eller faller bort.

- ✓ *Mulig leveranse: Kart som viser mulige løsneområder avgrenset etter terrenganalyser av områder med marine avsetninger (etter kriteriene ovenfor), og sannsynlige utløpsområder (med egen skravur), med tilhørende rapport som begrunner avgrensningen.*

6. Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser /vurdering av grunnlag

Befaring er nødvendig for å få oversikt over lokale forhold som har betydning for avgrensning av mulige løsneområder (oppstikkende fjell, terrenginngrep, erosjonsforhold og lignende), og for planlegging av grunnundersøkelser. I noen tilfeller vil geotekniske fagkyndig ved befaring kunne avkrefte muligheter for områdeskred.

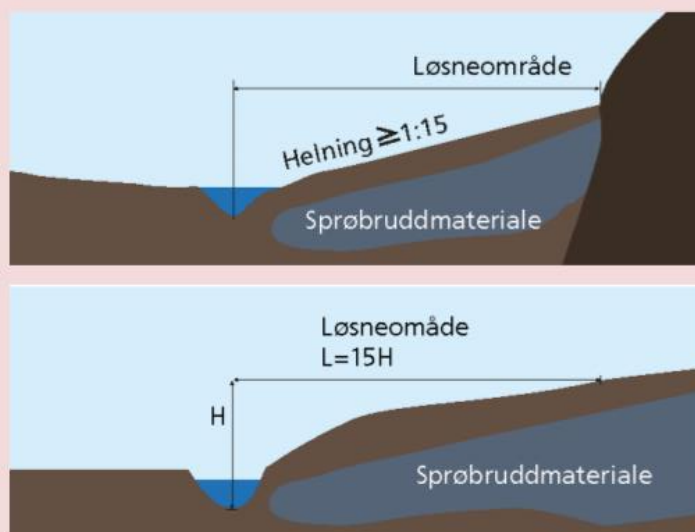
Der det ikke finnes data fra eksisterende grunnundersøkelser gjennomføres slike for å få kunnskap om forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale og for å få grunnlag for faregradsklassifisering. Omfanget av undersøkelsene avhenger av ønsket kvalitet på utredningen (nøyaktighet på avgrensning av faresonene).

Dersom befaringen bekrefter at terrengforholdene tilsier mulig fare for områdeskred, er det en minimumsløsning å utføre en eller to dreietrykksonderinger plassert strategisk i sonene som er avgrenset i pkt. 5. Som et minimum anbefales: I jevnt hellende terreng plasseres boringen(-e) midt i skråningen og føres ned til en dybde tilsvarende skråningens totale høydeforskjell. I platåterreng utføres boringen(-e) inne på platået i en avstand fra skråningstopp lik 1,5x høyden på skråningen. Boringen(-e) føres ned til en dybde lik 1,5 x skråningshøyden. Dette vil avdekke eventuell kvikkleireforekomst av noe utstrekning som ligger i et kritisk nivå med hensyn til skredfare. Et større antall sonderinger vil gi økt nøyaktighet på avgrensningen av aktsomhetsområdet. Totalsondering kan erstatte dreietrykksondering i tilfeller der det er praktisk nødvendig for å komme gjennom faste lag.

- ✓ *Mulig leveranse: Notat som dokumenterer at det ikke er muligheter for områdeskred som følge av lokaltopografi, terrengtiltak, kunnskap fra tidligere/nye grunnundersøkelser o. a.*

7. Avgrens løsneområder mer nøyaktig

Data fra grunnundersøkelsene, befaringsrapport og en detaljert vurdering av topografi gir grunnlag for å avgrense mulige løsneområder nærmere. Supplerende grunnundersøkelser kan være nødvendig. Det forutsettes at dette utføres av geoteknisk fagkyndig. Geotekniker vil i sin analyse kunne vurdere de lokale forholdene og bruke mindre konservative terrengkriterier enn de som er nevnt i punkt 5, og dermed innsnevre løsneområdene i forhold til de som er nevnt der. Empiriske data tyder på at de aller fleste løsneområder for kvikkleireskred begrenses seg til en terrenghelning større enn 1:15 for jevnt hellende terreng og maksimal utstrekning lik 15 ganger skråningshøyde i ravinert terreng (ref. /6/), se figur 4.1. Dette er brukt som kriterier i den nasjonale kartleggingen (ref. /2/). Det gjøres oppmerksom på at det er diskutert om disse kriteriene er konservative nok for de aller største skredene (ref. /22/).



Figur 4.1 Typiske kriterier for opptegning av faresonens løsneområder

8. Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser.

Når skredfarlige løsneområder er identifisert og avgrenset i samsvar med pkt. 7, må en vurdere og avgrense sannsynlige utløpsområder for skredmasser som kan utgjøre fare. Også skredmasser fra mulige løsneområder som ligger utenfor planområdet vurderes.

Det finnes i dag ikke noen god, dokumentert metode for beregning av utløpsområder ved områdeskred. Vurderingen må derfor bygge på faglig skjønn og erfaringsmateriale (ref. /6/, /25/, /26/, /27/). Utløpsområdet vurderes og avgrenses ut fra følgende faktorer:

- Volum på skred som kan forekomme fra identifiserte løsneområder.
- Sannsynlige dreneringsveier og avsetningsområder for skredmasser med dette volumet, inkludert effekt av lokale topografiske forhold og ev. andre fysiske hindringer.

Sannsynlige utløpsområder for skredmasser markeres på grunnlagskart. Det er ikke maksimalt utløp for skredmassene som skal avgrenses, men områder der skredmassene har en slik mektighet, konsistens og/eller kraft at de kan utgjøre fare for vesentlig skade på byggverk og/eller fare for menneskeliv.

Sekundæreffekt i form av fare for oppdemning og ev. flodbølge/floam utredes særskilt der slik fare er mulig. Dette er ikke nærmere beskrevet i denne veilederen.

9. Avgrens og faregradsklassifiser faresoner

Sannsynlige løsne- og utløpsområder avgrenset i samsvar med punktene foran tegnes inn på kart som faresoner. Løsne- og utløpsområder gis hver sin skravur. Faresoner langs strender klassifiseres på samme måte som øvrig terreng, men det kan være behov for batymetriske dybde data for å få oversikt over undervannstopografien (ref. /30/).

Områdene plasseres deretter i faregradsklasser etter kriteriene i ref. /2/. Mulig erosjon i eller inn mot faresoner må vies særlig oppmerksomhet. Utløpsområdene gis samme faregrad som løsneområdet. Også klassifiserte faresoner fra tidligere kartlegging gjennomgås på nytt, bl.a. på grunnlag av data fra nye grunnundersøkelser.

Tabell for evaluering av faregrad, fra ref. /2/. 0-17 poeng gir lav faregrad, 18-25 poeng gir middels og 26-51 poeng høy faregrad.

Faktorer	Vekttall	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. Overtrykk, kPa:	3	> +30	10–30	0–10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa:	-3	> -50	-(20–50)	-(0–20)	
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: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

- ✓ *Leveranse: Kart som viser faregradsklassifiserte faresoner (løsne- og utløpsområder med ulik skravur), med rapport som begrunner avgrensningene og gir geotekniske data for hvert område. Matrise for beregning av faregrad skal inngå. Graden av nøyaktighet beskrives, herunder begrensninger som følge av omfang av grunnundersøkelser. Avgrensning og faregrads-evaluering som skal legges til grunn for arealplanlegging og byggesak og kvalitetssikres i samsvar med tabell 5.2.*

10. Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet

Dersom planen innebærer tiltak innenfor avgrensede faresoner, og tiltakene tilhører tiltakskategorier der det forutsettes utredning av og krav til områdestabilitet (se tabell 5.2), gjennomføres stabilitetsanalyser i samsvar med kapittel 6 og 7. Nødvendige supplerende grunnundersøkelser gjennomføres først. Analysemetoder samt bestemmelse av fasthetsparametre er omhandlet i kapittel 6 og 7. Prosentvis forbedring i samsvar med tabell 5.2 og figur 5.1 dokumenteres ved stabilitetsberegninger før og etter utbygging, ev. dokumenteres det at sikkerhetsfaktoren er lik eller større enn 1,4. Nødvendige stabilitetsforbedrende tiltak skisseres og beskrives.

- ✓ *Leveranse: Utredningsrapport, se vedlegg 1. Rapporten skal dokumentere at området er tilstrekkelig sikkert, hvis ikke: hvordan tilfredsstillende sikkerhet vil oppnås med stabiliserende tiltak. Ved bruk av prosentvis forbedring dokumenteres sikkerhetsfaktor før og etter forbedrende tiltak. Det beskrives hvordan stabiliserende tiltak skal gjennomføres, med ev. kostnadsestimat. Rapporten kvalitetssikres i samsvar med tabell 5.2.*

Kommentar til tabellen i punkt 9:

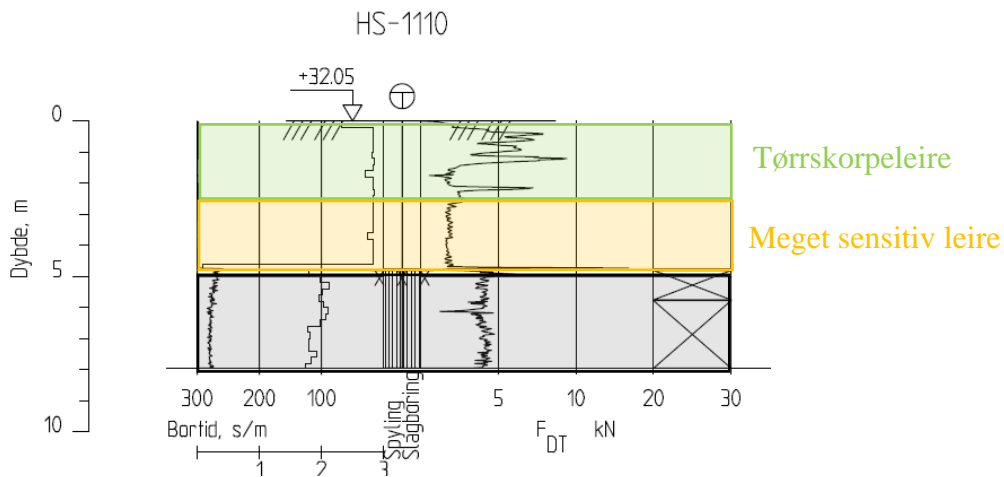
Sammenhengen mellom faregraden og poengsummen er gitt i tabellen under.

FAREGRAD	HØY	MIDDELS	LAV
POENGSUM	51 – 26	25 – 18	17 – 0

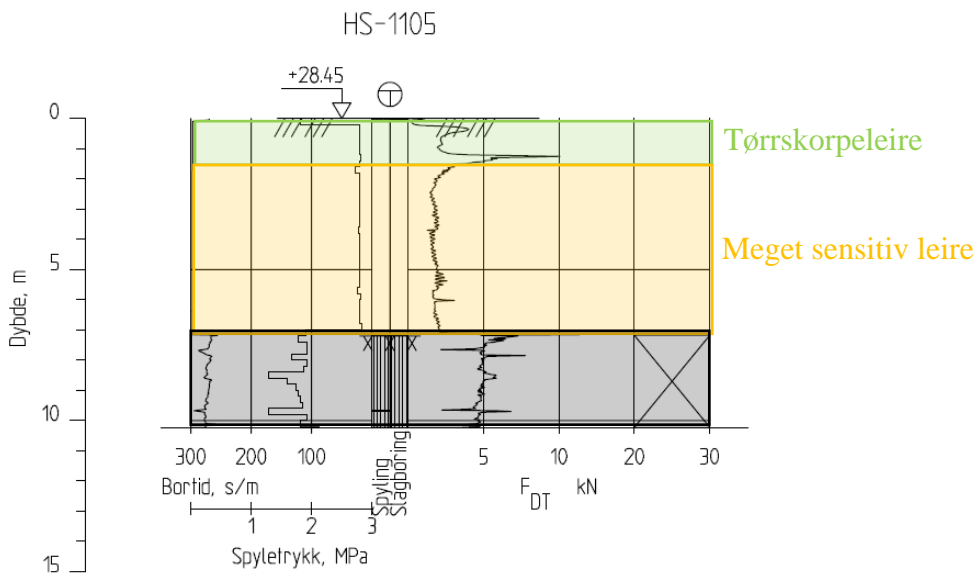
VEDLEGG 2: GRUNNUNDERSØKELSER

Område 1

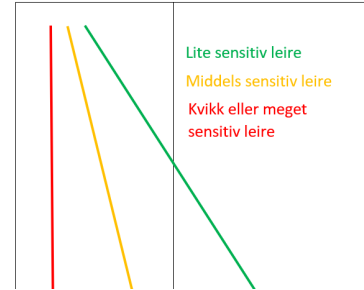
Sone 1



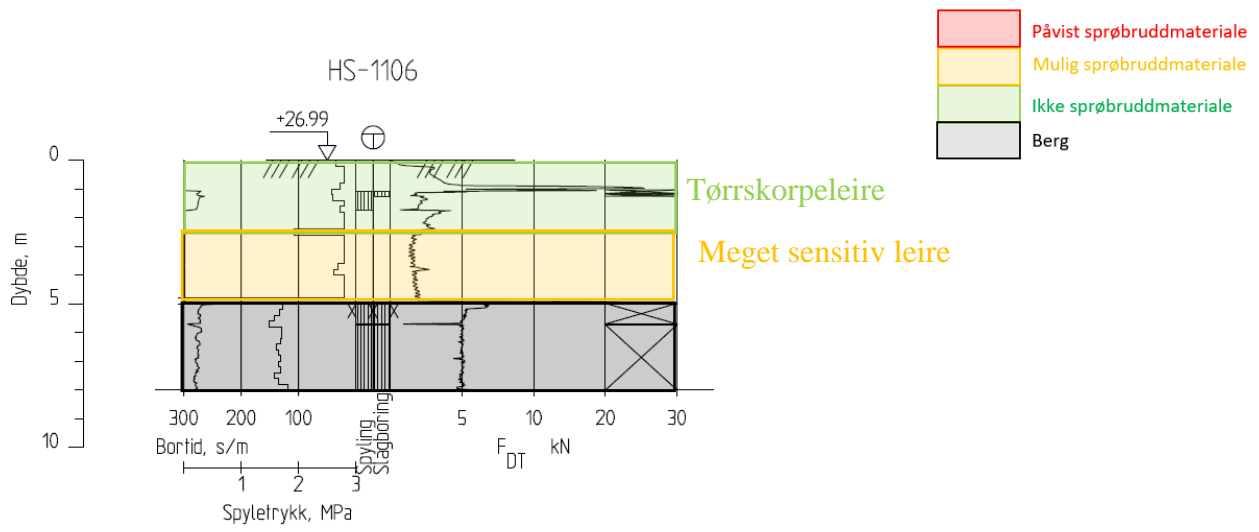
Figur 0-2 Totalsondring 1110, sone 1 (COWIAS, 2017a)



Figur 0-3 Totalsondring 1105, sone 1 (COWIAS, 2017a)



Figur 0-1 Modifisert prinsippskisse av forskjellige leirers sensitivitet (modifisert) (Norges Geotekniske Forening, 2018)

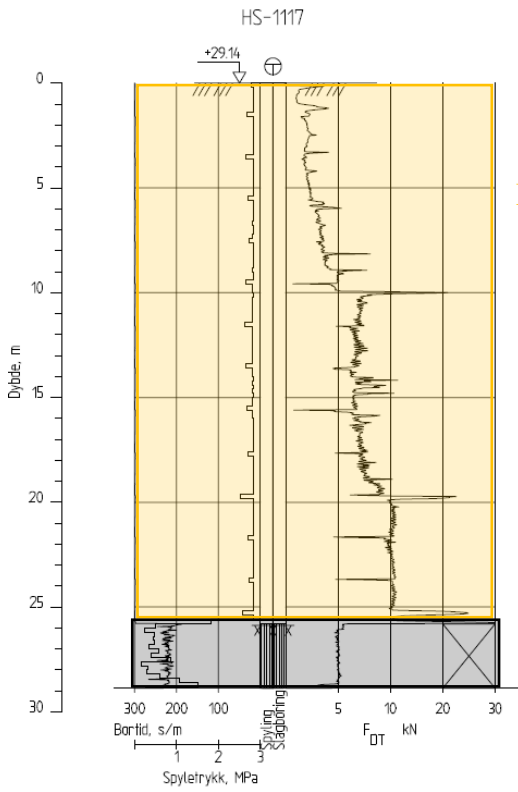


Figur 0-4 Totalsondring 1106, sone 2 (COWI AS, 2017a)

Område 2

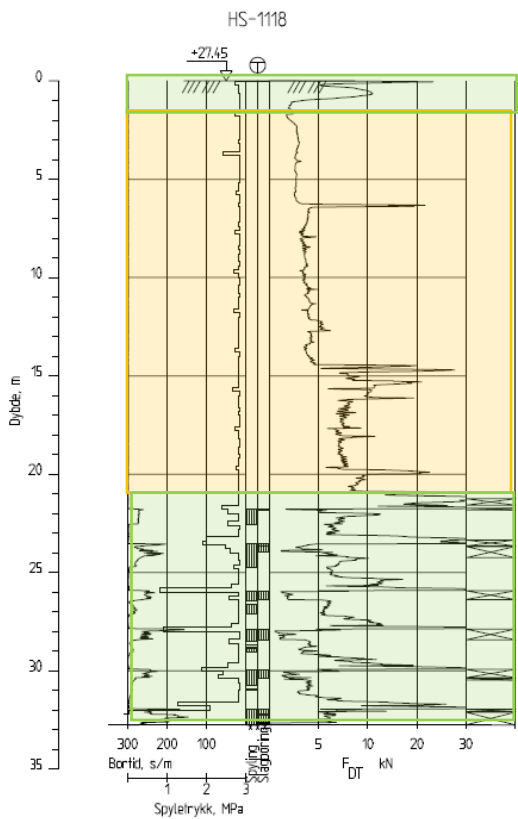
Sone 2

	Påvist sprøbruddmateriale
	Mulig sprøbruddmateriale
	Ikke sprøbruddmateriale
	Berg



Middels sensitiv leire med innslag av sand

Figur 0-5 Totalsondering 1117, sone 2 (COWI AS, 2017a)



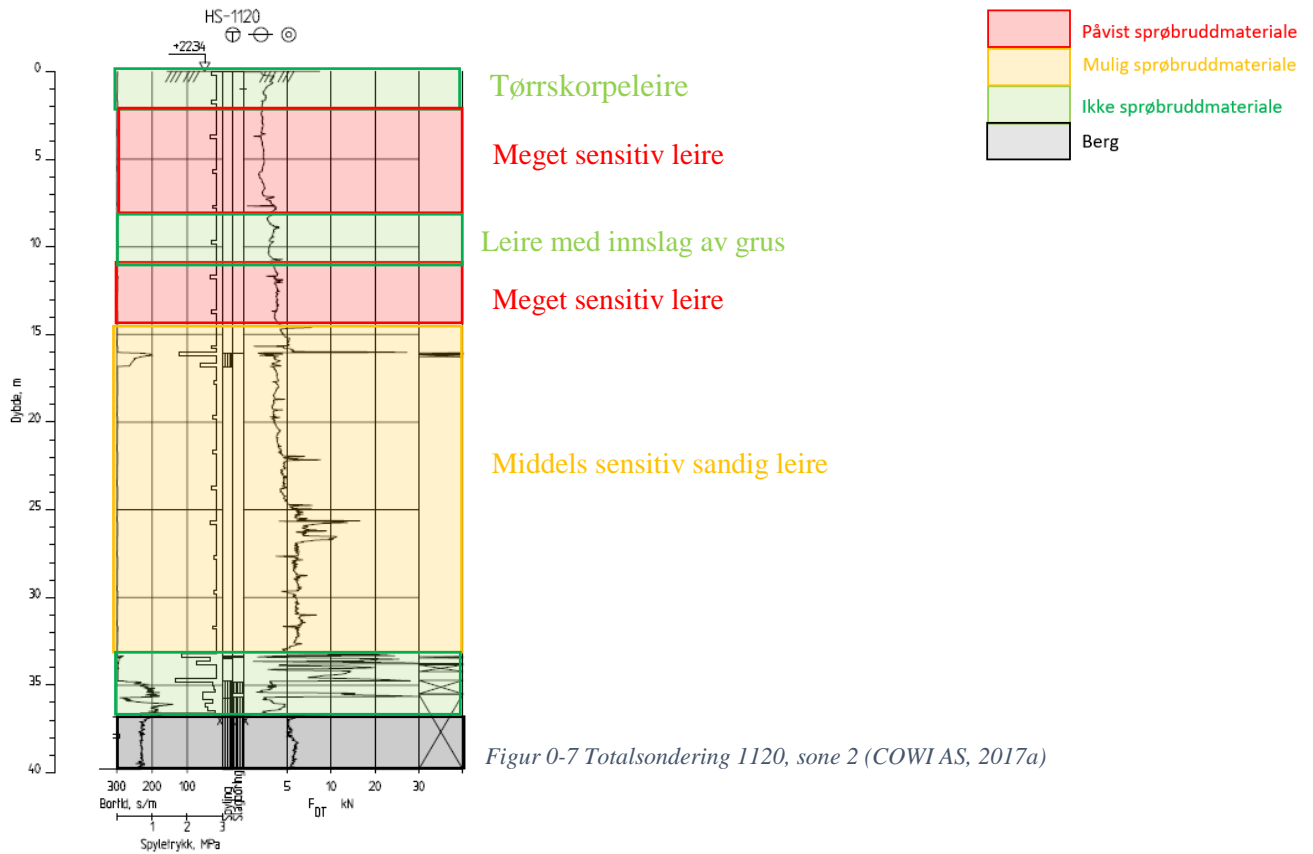
Tørrskorpeleire

Sensitiv leire

Middels sensitiv leire med innslag av sand

Leire med innslag av grus og morenemateriale

Figur 0-6 Totalsondering 1118, sone 2 (COWI AS, 2017a)



Figur 0-7 Totalsondering 1120, sone 2 (COWI AS, 2017a)

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve Forsøk	Vanninnhold (%)					Tyngdetetthet (KN/m ³)					Porevann (%)		Skjærfasthet (KN/m ²)					S ₁ Konus							
			10	20	30	40	50	18	19	20	21	22	P	H	10	20	30	40	50								
0-2	LEIRE, tørrskorpe noe ratter, mørk brun	1																									
2-8	LEIRE middels fast til bløt humusholdig, noen trebiter, brungrå	2																									
8-11	LEIRE bløt mørk grå	3																									
11-15	LEIRE enklete gruskorn, mørk grå	4																									
15-23	LEIRE siltig, bløt til middels fast noen gruskorn, mørk grå	5																									
23-28	LEIRE siltig, bløt til middels fast enkelte skjellrester, mørk grå	6																									
28-35	LEIRE bløt til middels fast enkelte skjellrester, mørk grå	7																									
35-38	LEIRE sandig, meget bløt til bløt flere gruskorn, mørk grå	8																									
38-40	LEIRE sandig, middels fast til bløt noe grus, mørk grå	9																									
40-42	LEIRE grusig, sandig middels fast, mørk grå	10																									
42-44	LEIRE sandig, bløt til fast mørk grå	11																									
44-46	LEIRE sandig, grusig middels fast, mørk grå	12																									
46-48	LEIRE bløt til middels fast noen gruskorn, mørk grå	13																									
48-50	LEIRE sandig, bløt til middels fast noen gruskorn, skjellrester, mørk grå	14																									
50-52	LEIRE noe gruskorn, mørk grå	15																									
52-54	LEIRE sandig, fast noe grus, mørk grå	16																									

TEGNFORKLARING:

- Flastisitetsgrense/Vanninnhold/Elytegrense
- Enaks trykkforsøk/def. ved brudd
- Trealsial forsøk, aktiv
- Trealsial forsøk, passiv
- Konus forsøk, uforstyrt
- Konus forsøk, omrørt
- Vinneboring
- Trealsial forsøk, aktiv
- Trealsial forsøk, passiv
- Direkte skjærforsøk
- S₁ Sensitivitet
- P = Permeabilitetsforsøk
- K = Korngraderingsanalyse
- T = Trealsial forsøk
- K/S = Kalk-/Sement stabilisering
- Ø = Ødometer forsøk
- D = Direkte skjærforsøk (DSS)

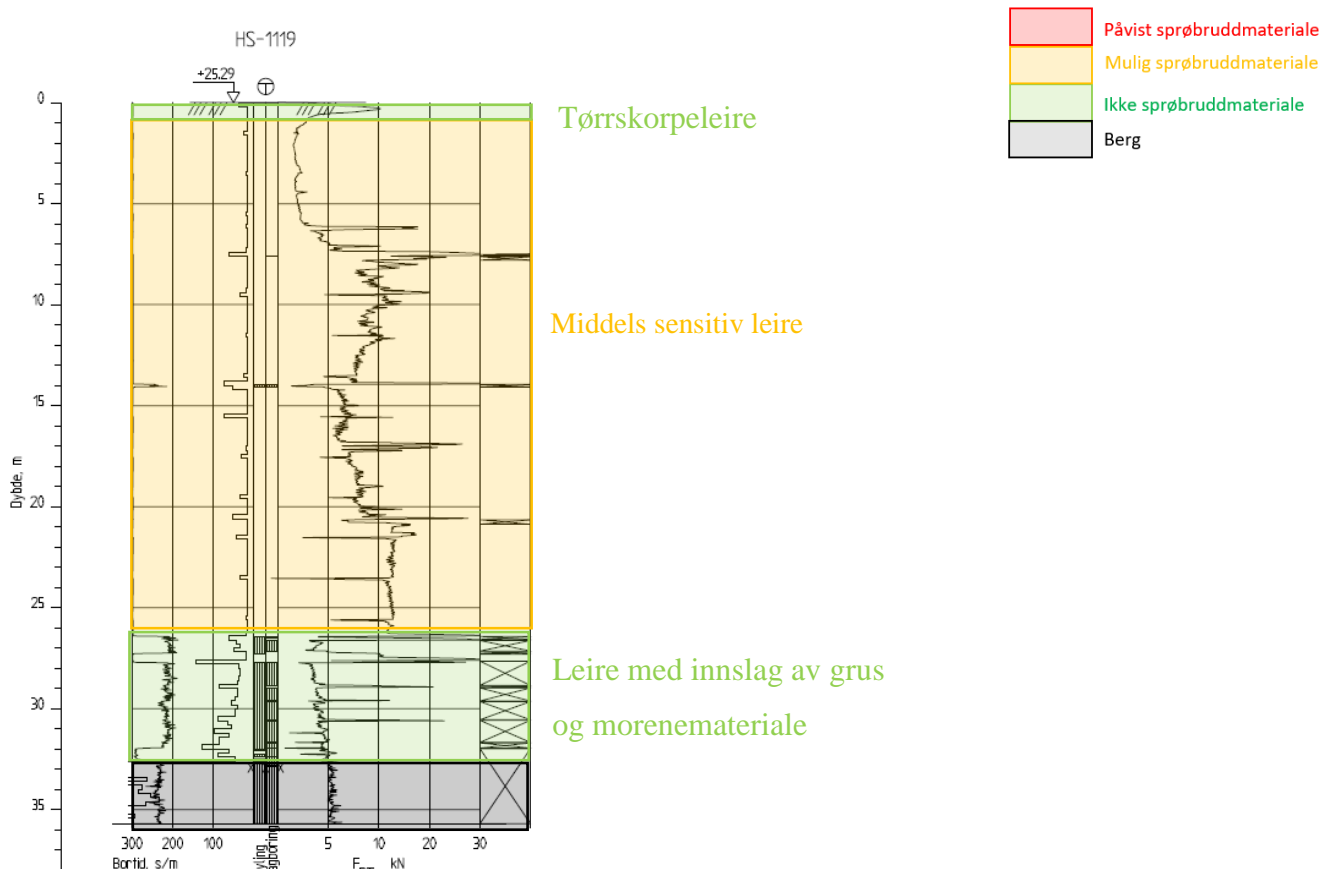
Østfoldbanen, Haug - Seut, Avrop Ø-HS-45

Borprofil: pose/54 mm
 Prøvetype: pose/54 mm
 Terrenkote: - moh
 Grunnvannst. dybde: - m
 Dato boret: 2017-01-04

Dokument nr.: 20170127
 Rev. nr.: 02
 Dato: 2017-03-27
 Utarbeidet av: THV / MAS

NGI

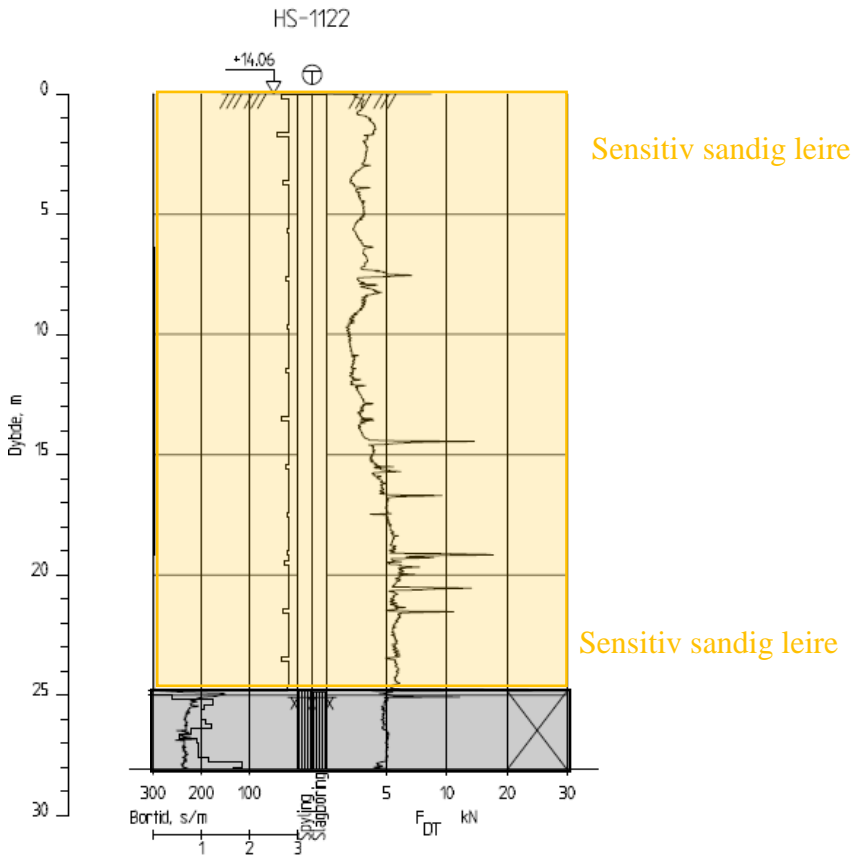
Figur 0-8 Borprofil 1120, sone 2 (COWI AS, 2017a)



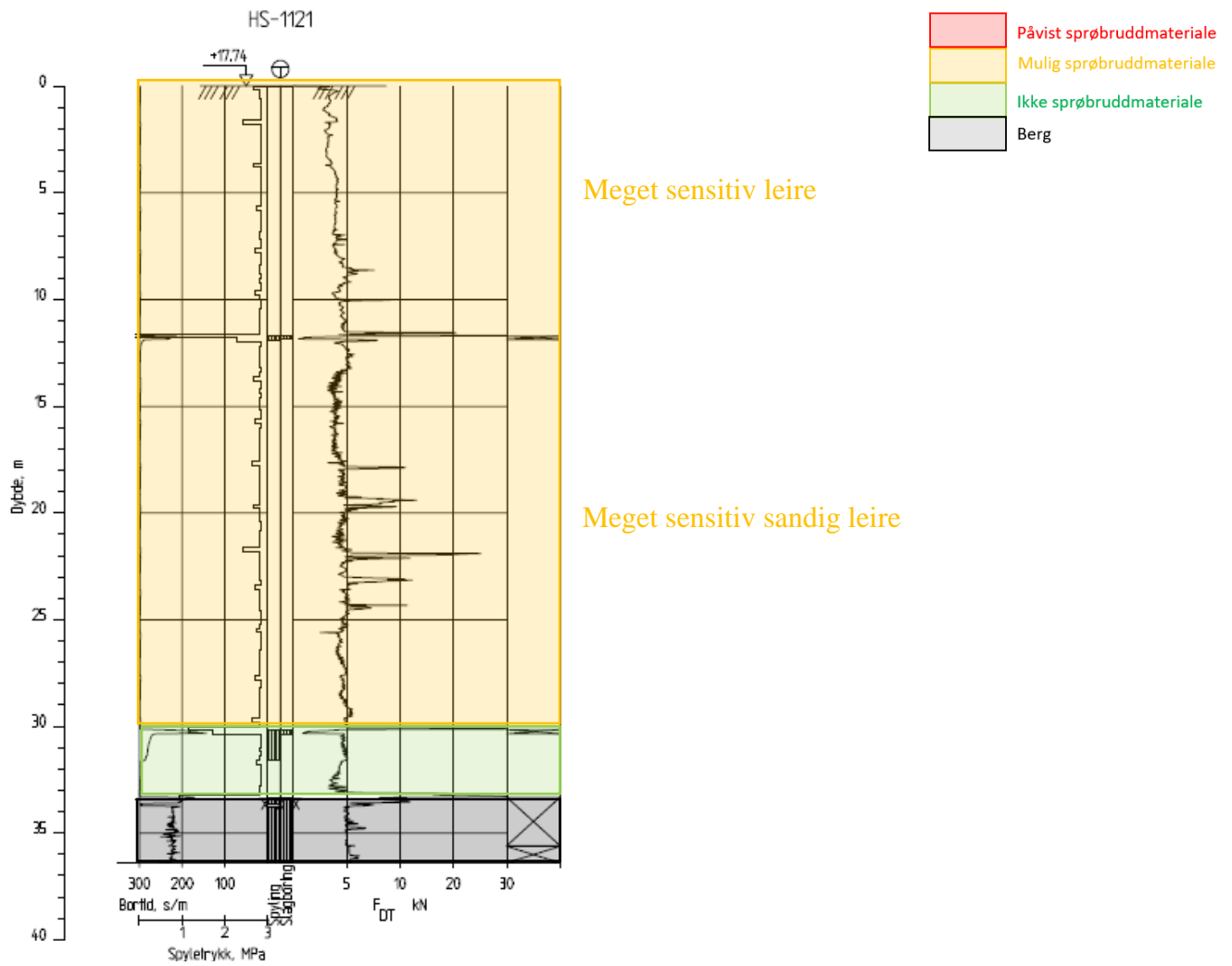
Figur 0-9 Totalsondering 1119, sone 2 (COWI AS, 2017a)

Område 3

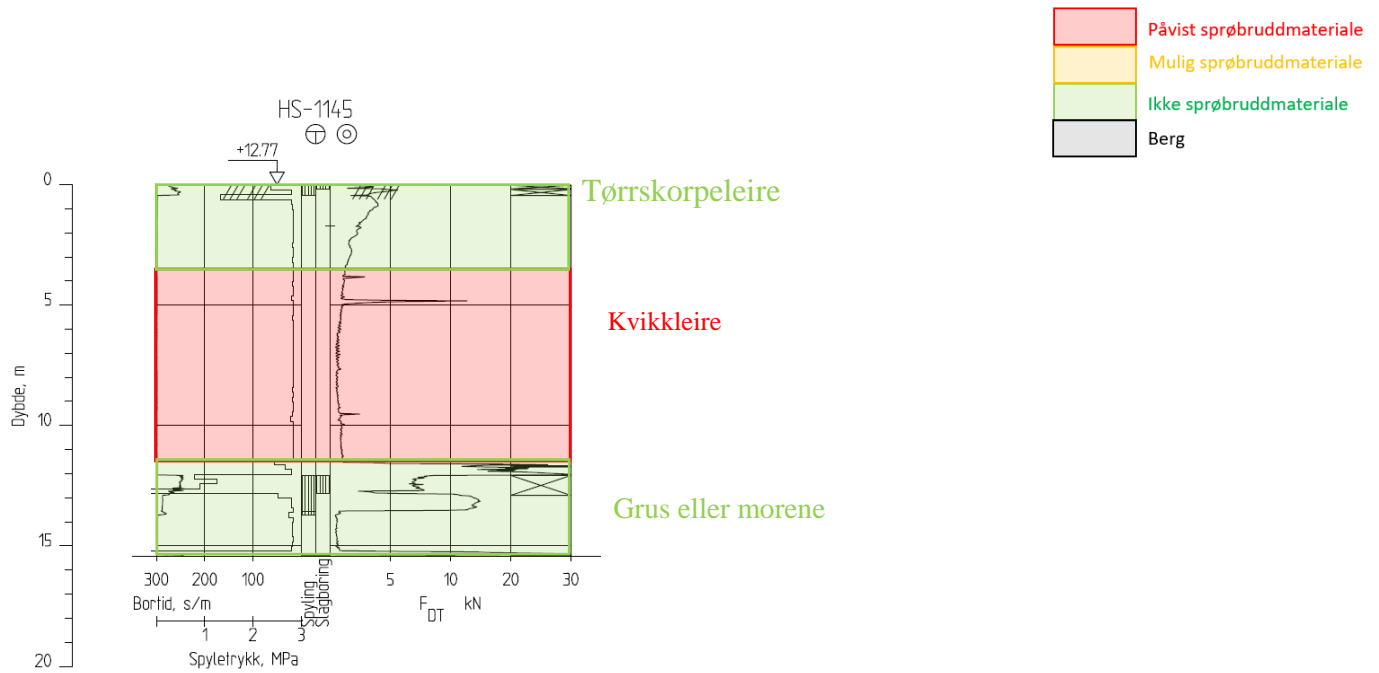
Sone 3



Figur 0-10 Totalsondering 1122, sone 3 (COWI AS, 2017a)



Figur 0-11 Totalsondering 1121, sone 3 (COWI AS, 2017a)



Figur 0-13 Totalsondering 1145, sone 3 (COWI AS, 2018)

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve Forsøk	Vanninnhold (%)							Tyngdetetthet (kN/m³)					Foresitet (%)	Humus (%)	Skjærfasthet (kN/m²)							S _i Konus			
			10	20	30	40	50	60	70	16	17	18	19	20			10	20	30	40	50	60	70		80	90	100
0	LEIRE, tørrskorpe	humustholdig gråbrun																									
0	LEIRE	noen tørrskorpeflekker humustholdig, gråbrun																									
0	LEIRE	middels fast til bløt																									
0	LEIRE, KVIKK	middels skjellrester, noe finsand, gråsvart																									
5	LEIRE, KVIKK	bløt til middels fast																									
5	LEIRE, KVIKK	mørk grå																									
5	LEIRE, KVIKK	enkelt skjell og gruskorn, grå																									
5	LEIRE, KVIKK	middels fast til bløt																									
5	LEIRE, KVIKK	enkelt skjellrester, noe gruskorn, gråsvart																									
5	LEIRE, KVIKK	bløt																									
5	LEIRE, KVIKK	enkeltskiltlag, noe gruskorn, gråsvart																									
5	LEIRE, KVIKK	bløt																									
5	LEIRE, KVIKK	noen gruskorn, noe finsand, gråsvart																									
10	LEIRE, KVIKK	forstyrt prøve, bløt																									
10	LEIRE, KVIKK	noen gruskorn, gråsvart																									
10	LEIRE, KVIKK	middels fast																									
10	LEIRE, KVIKK	enkeltskiltlag, noe gruskorn, gråsvart																									
10	LEIRE, KVIKK	bløt																									
10	LEIRE, KVIKK	enkelt skjellrester og gruskorn, mørk grå																									
15																											
20																											

TEGNFORKLARING:

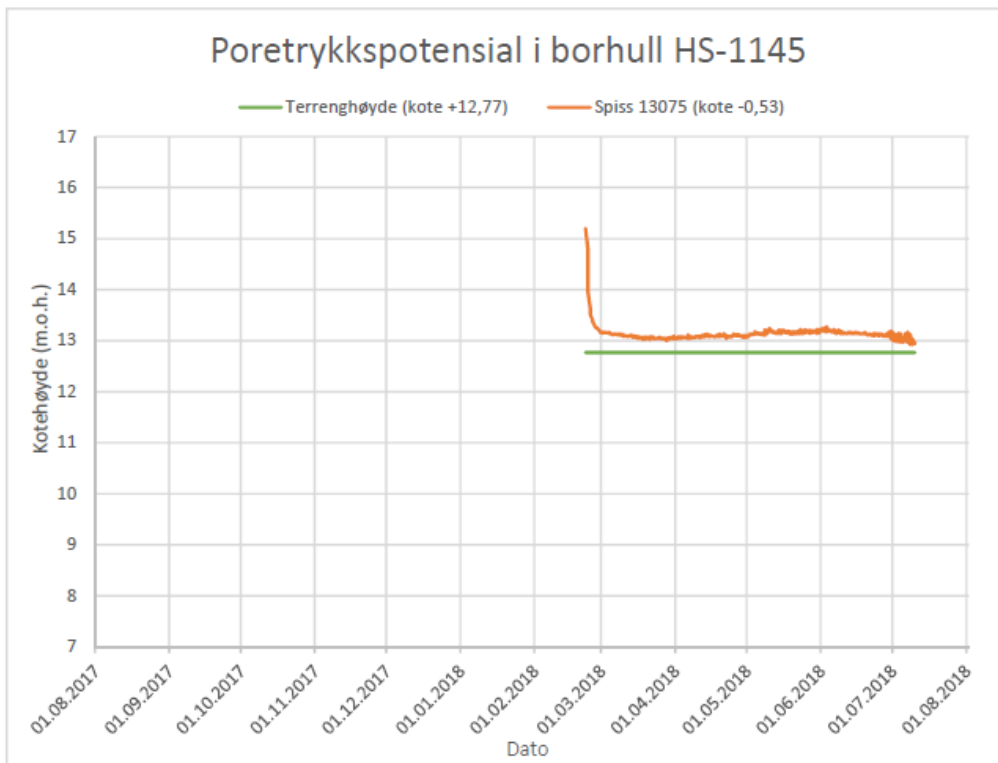
- Plastisitetsgrense/Vanninnhold/Flytegrense
- Enaks. trykkforsøk/def. ved brudd
- △ Konus forsøk, uforstyrt
- ▲ Konus forsøk, ømrørt
- + Vingeboring
- Trealsial forsøk, aktiv
- Trealsial forsøk, passiv
- Direkte skjærforsøk
- S_i Sensitivitet
- Ø = Ødometer forsøk
- D = Direkte skjærforsøk (DSS)
- P = Permeabilitetsforsøk
- K = Korngraderingsanalyse
- T = Trealsial forsøk
- K/S = Kalk-/Sement stabilisering

Østfoldbanen Haug-Seut Ø-HS-60

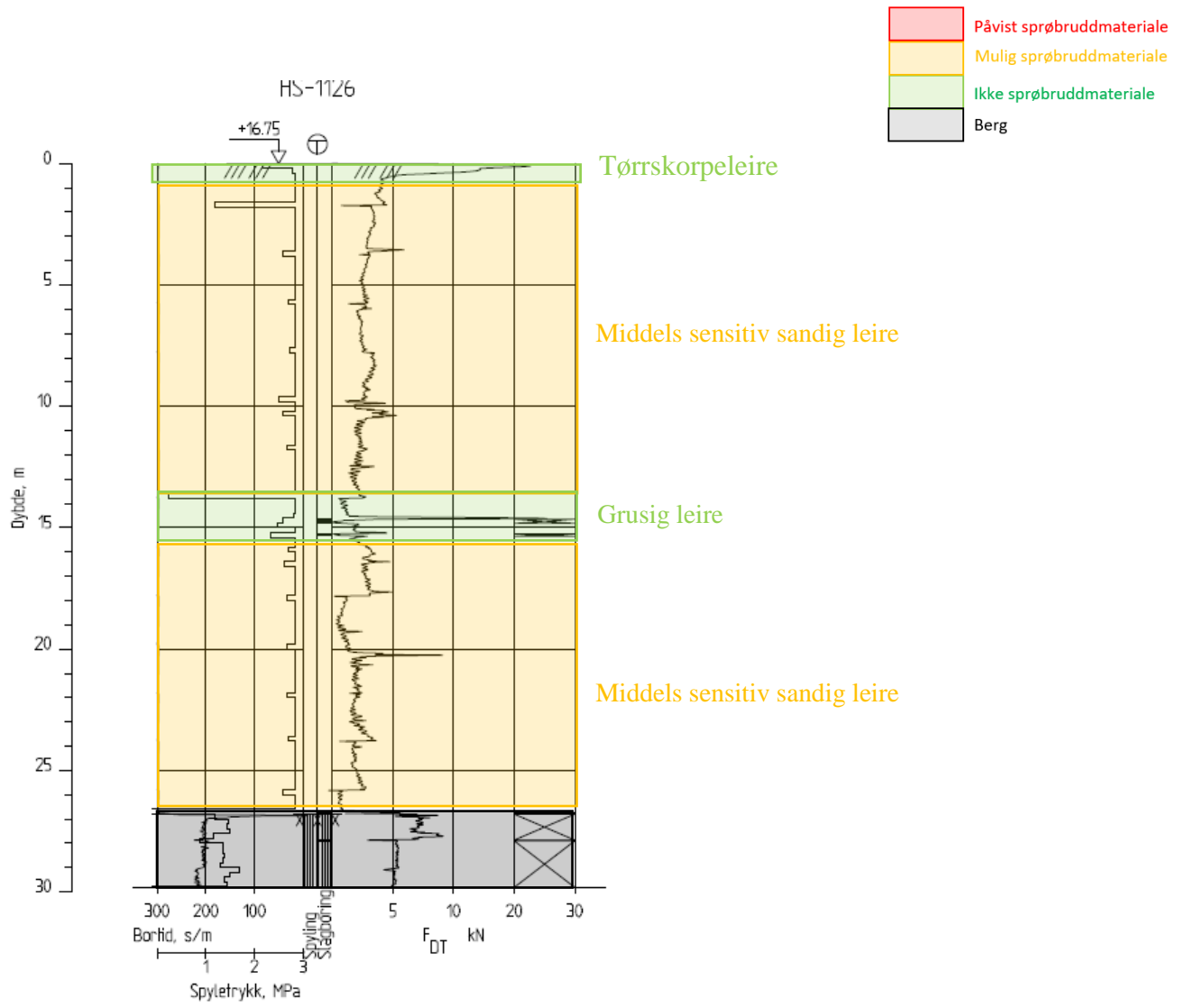
Borprofil: HS-1145_NY
 Prøvetype: poser/54 mm
 Terrenghøyde: 12.8 moh
 Grunnvannst. dybde: m
 Dato boret: 2018-05-08

Revisjon: 2017-09-25/26
 Dokument nr.: 20180253
 Side: 125
 Date: 2018-08-03
 Tegnet av / Boret: Thv / JRB
 NGI

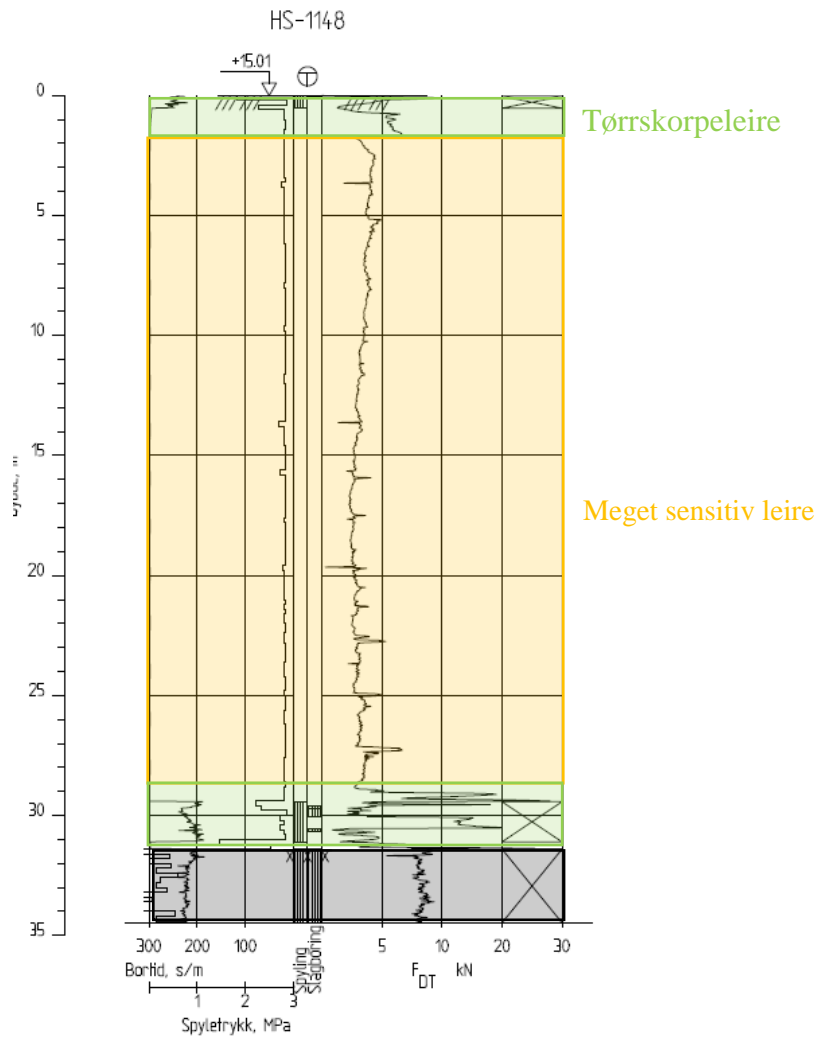
Figur 0-12 Borprofil 1145, sone 3 (COWI AS, 2018)



Figur 0-14 Poretrykkspotensial 1145, sone 3 (COWI AS, 2018)

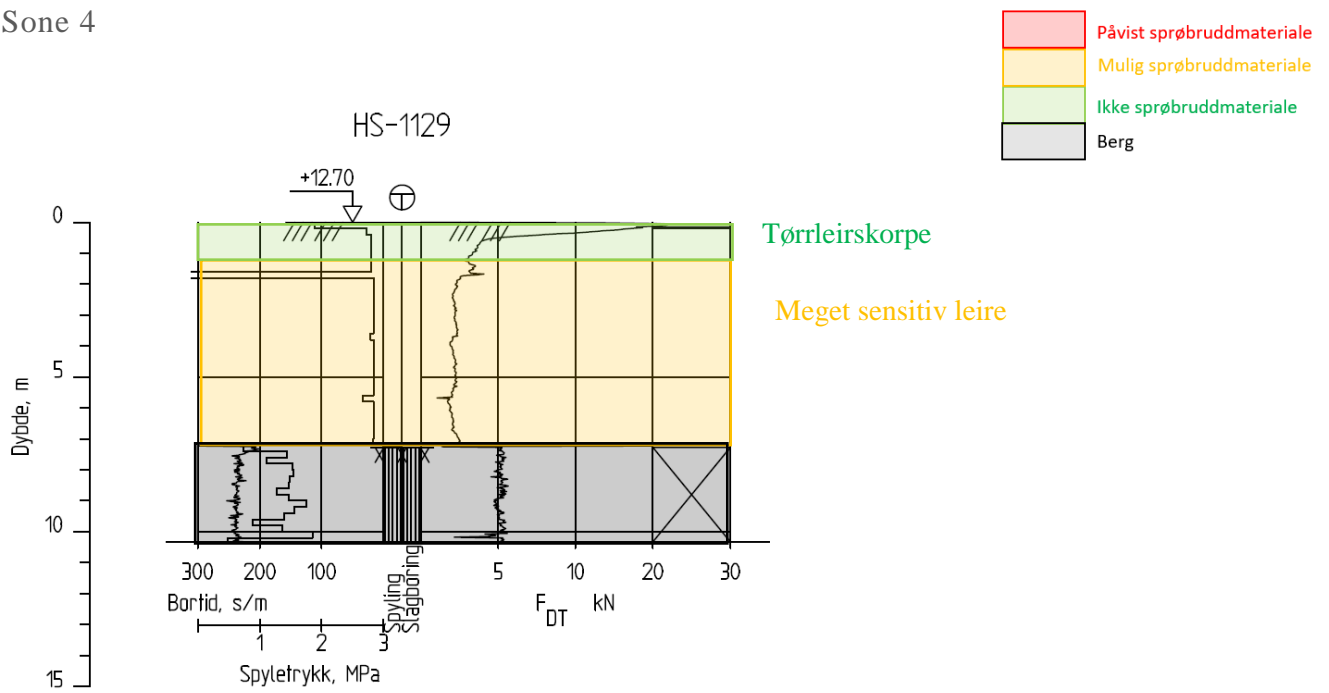


Figur 0-15 Totalsondering 1126, sone 3 (COWI AS, 2018)

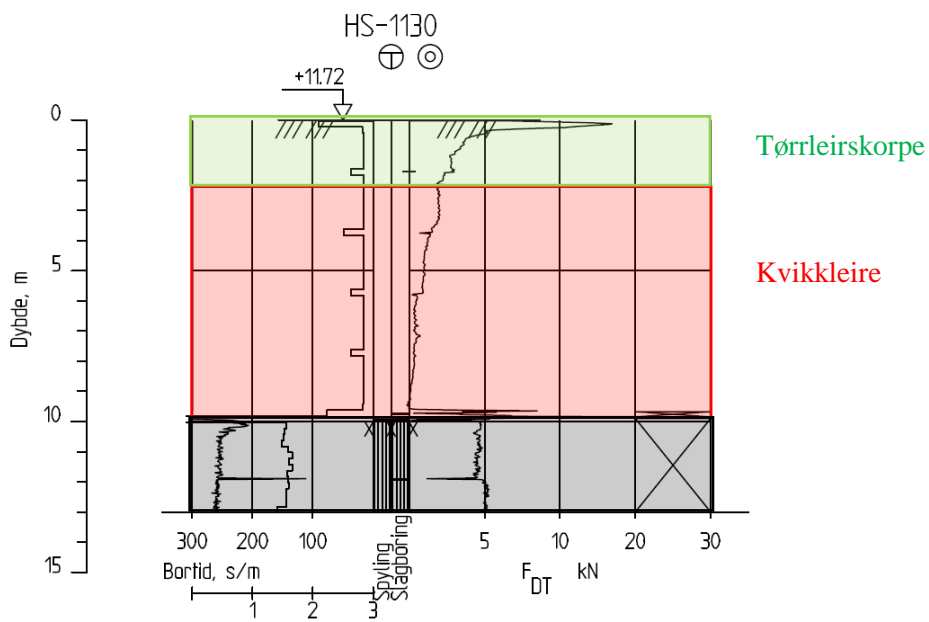


Figur 0-16 Totalsondering 1148, sone 3 (COWI AS, 2018)

Sone 4

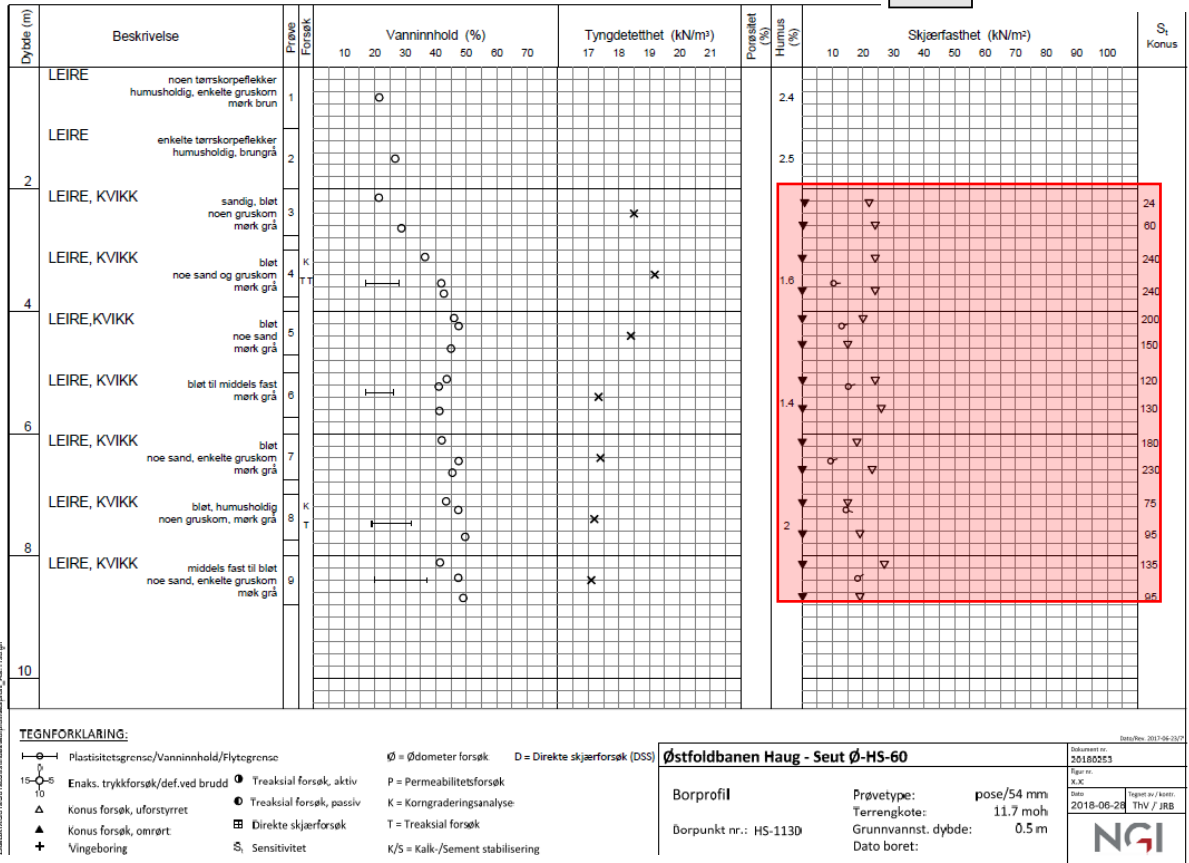


Figur 0-17 Totalsondering 1129, sone 4 (COWI AS, 2018)

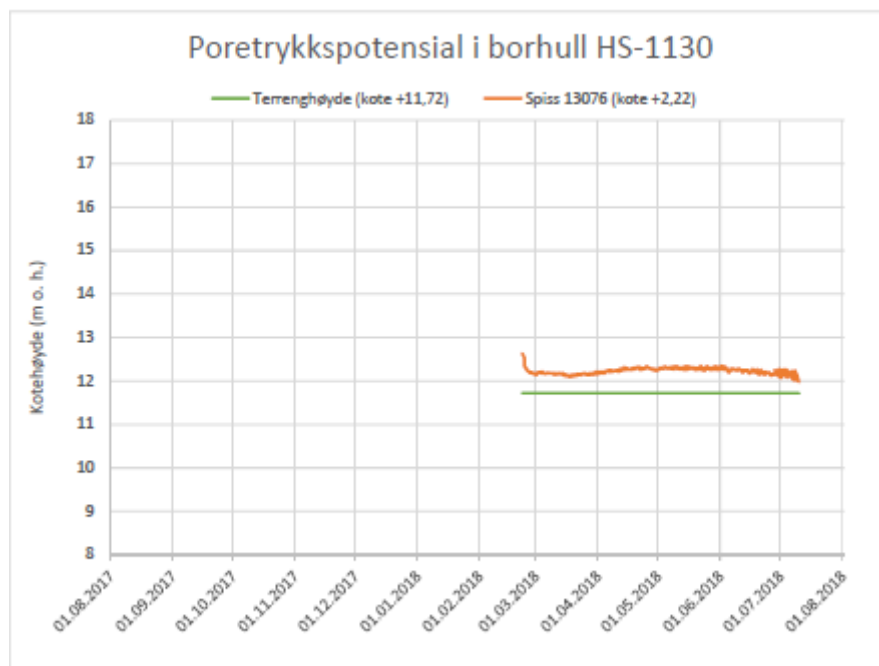


Figur 0-18 Totalsondering 1130, sone 4 (COWI AS, 2018)

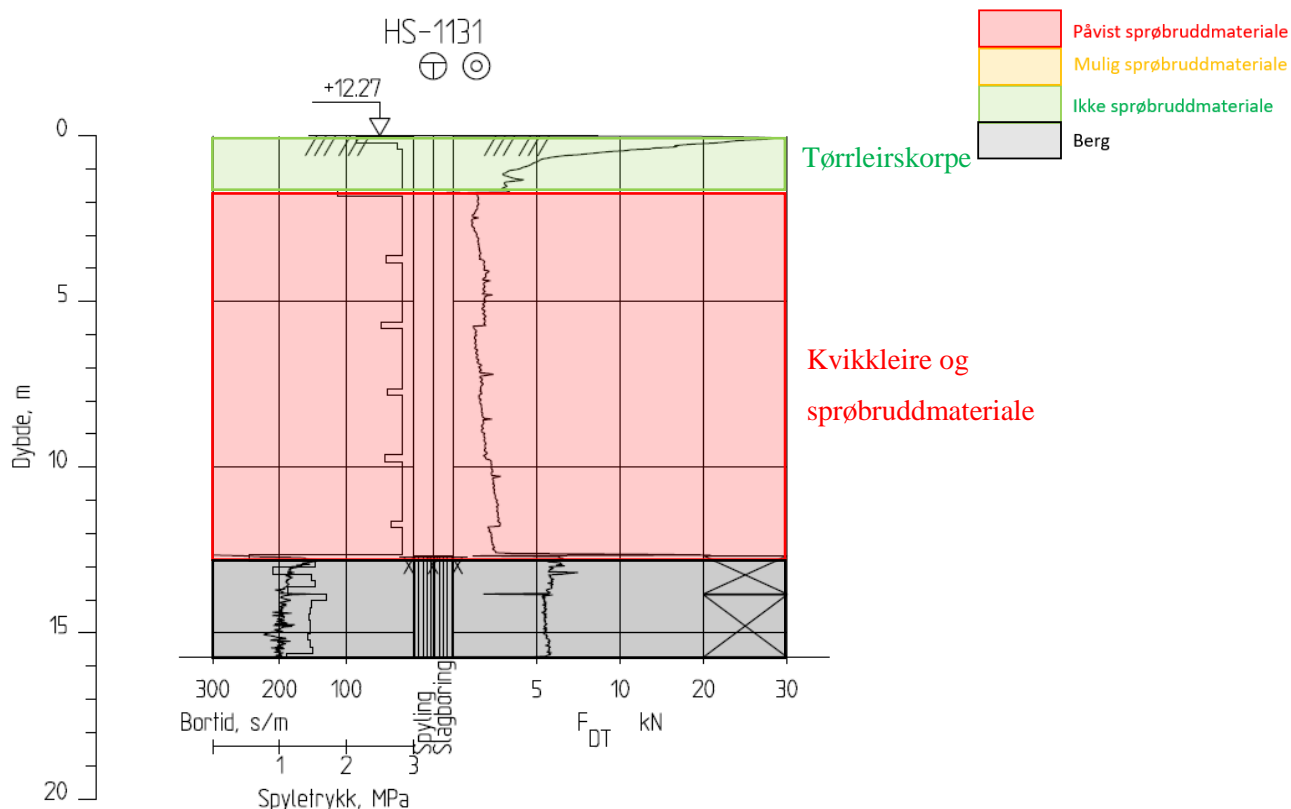
Påvist sprøbruddmateriale
 Mulig sprøbruddmateriale
 Ikke sprøbruddmateriale
 Berg



Figur 0-20 Poretrykkspotensial 1130, sone 4 (COWI AS, 2018)



Figur 0-19 Borprofil 1130, sone 4 (COWI AS, 2018)



Figur 0-22 Totalsondering 1131, sone 4 (COWI AS, 2018)

87

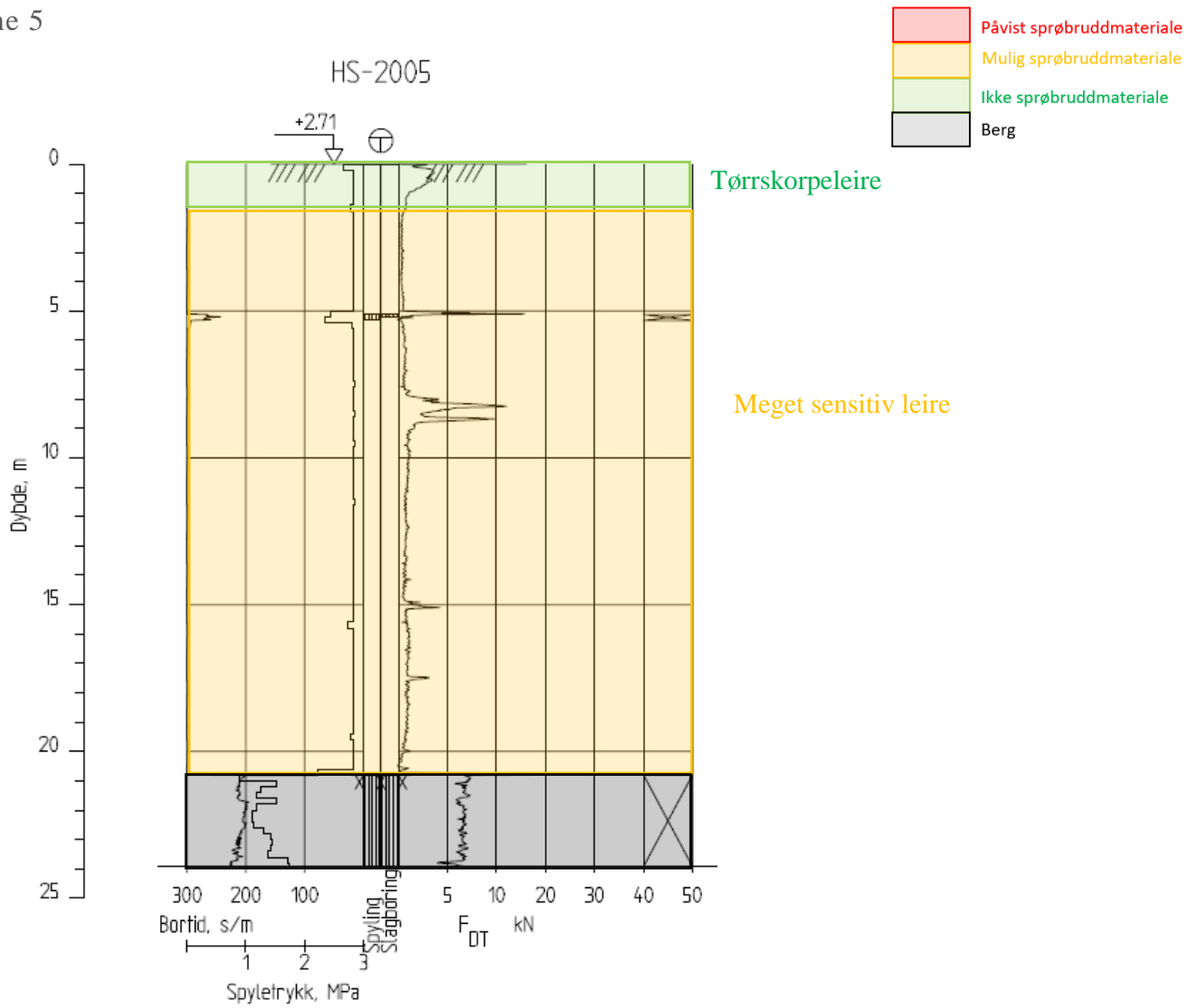
Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve Forsøk	Vanninnhold (%)					Tyngdetetthet (kN/m ³)					Porevann (%)	Humus (%)	Skjærfasthet (kN/m ²)										S _v Konus					
			10	20	30	40	50	60	70	16	17	18			19	20	10	20	30	40	50	60	70	80		90	100			
0 - 15	LEIRE, tørrskorpe	humusholdig enkelte gruskorn, brun	1																											
	LEIRE	finsandig, enkelte gruskorn, brungrå	2																											
	LEIRE	finsandig, enkelte gruskorn, grå	3																											
	LEIRE	bløt, noe sand, mørk grå	4																											
	LEIRE	bløt til middels fast, noen gruskorn, enkelte sandlormer, mørk grå	5																											10
	LEIRE, KVIKK	bløt sandig, noen gruskorn, gråsvart	6																											15
	LEIRE, KVIKK	bløt, noe sand, enkelte gruskorn, mørk grå	7																											25
	LEIRE, KVIKK	bløt, noe finsand, enkelte skjellestener, gråsvart	8																											35
	LEIRE, KVIKK	middels fast, humusholdig, noe finsand, enkelte skjellestener, gråsvart	9																											45
	LEIRE, KVIKK	middels fast, enkelte gruskorn og sandlormer, mørk grå, svarte flekker	10																											65
	LEIRE	middels fast, enkelte gruskorn og skjellestener, gråsvart	11																											30
	LEIRE	middels fast, bløt til middels fast, noe sand, enkelte gruskorn, gråsvart, svarte flekker	12																											40
LEIRE, KVIKK	bløt, enkelte gruskorn, mørk grå	13																											31	
15 - 20																													40	

TEGNFORKLARING:
 ○ Plastisitetsgrense/Vanninnhold/Flytegrense Ø = Ødometer forsøk D = Direkte skjærforsøk (DSS) Østfoldbanen Haug - Seut Ø-HS-60
 ● Enaks. trykkforsøk/def. ved brudd ● Trealsis forsøk, aktiv P = Permeabilitetsforsøk

Dokumentnr: 20180053

Figur 0-21 Borprofil 1131, sone 4 (COWI AS, 2018)

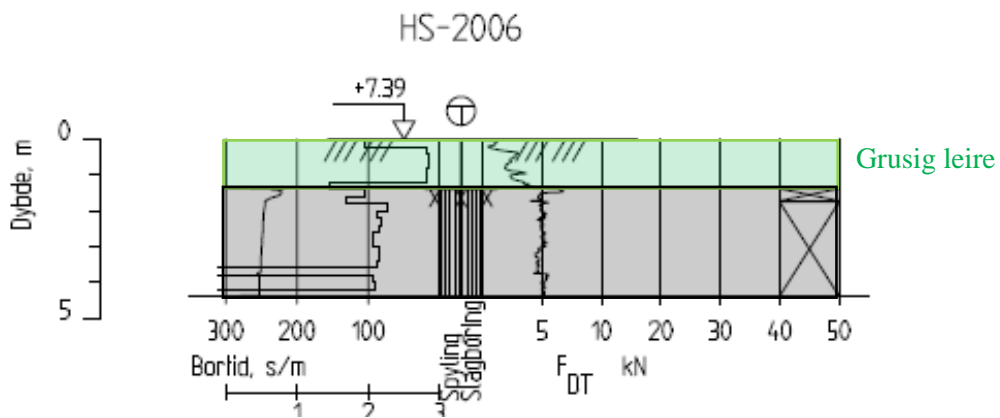
Sone 5



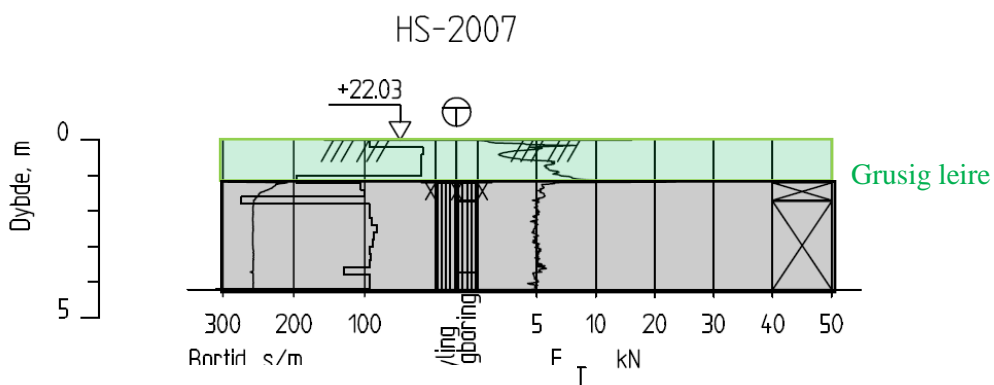
Figur 0-23 Totalsondering 2005, sone 5 (COWI AS, 2017b)

Område 4

Sone 6



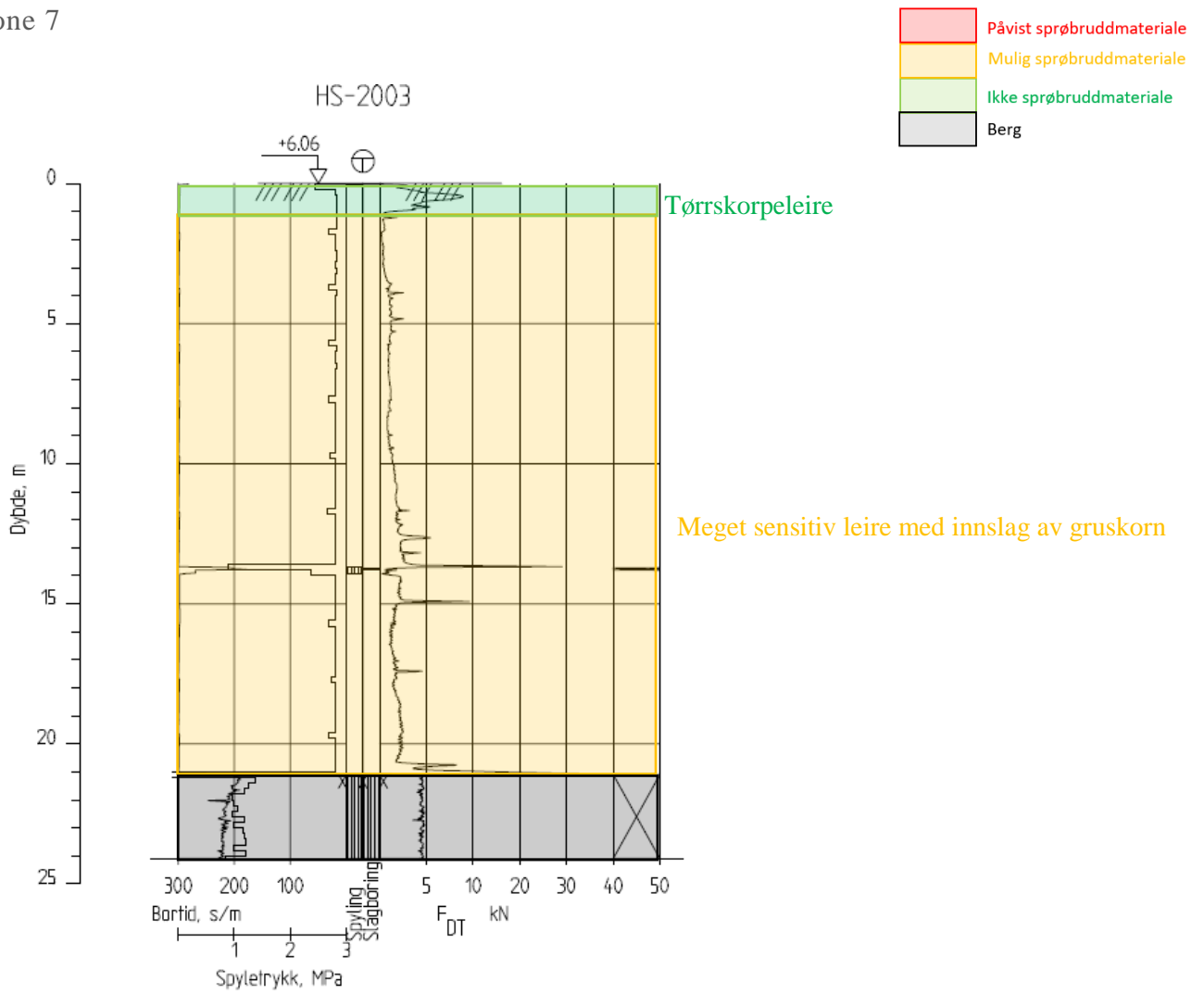
Figur 0-24 Totalsondering 2006, sone 6 (COWI AS, 2017b)



Figur 0-25 Totalsondering 2007, sone 6 (COWI AS, 2017b)

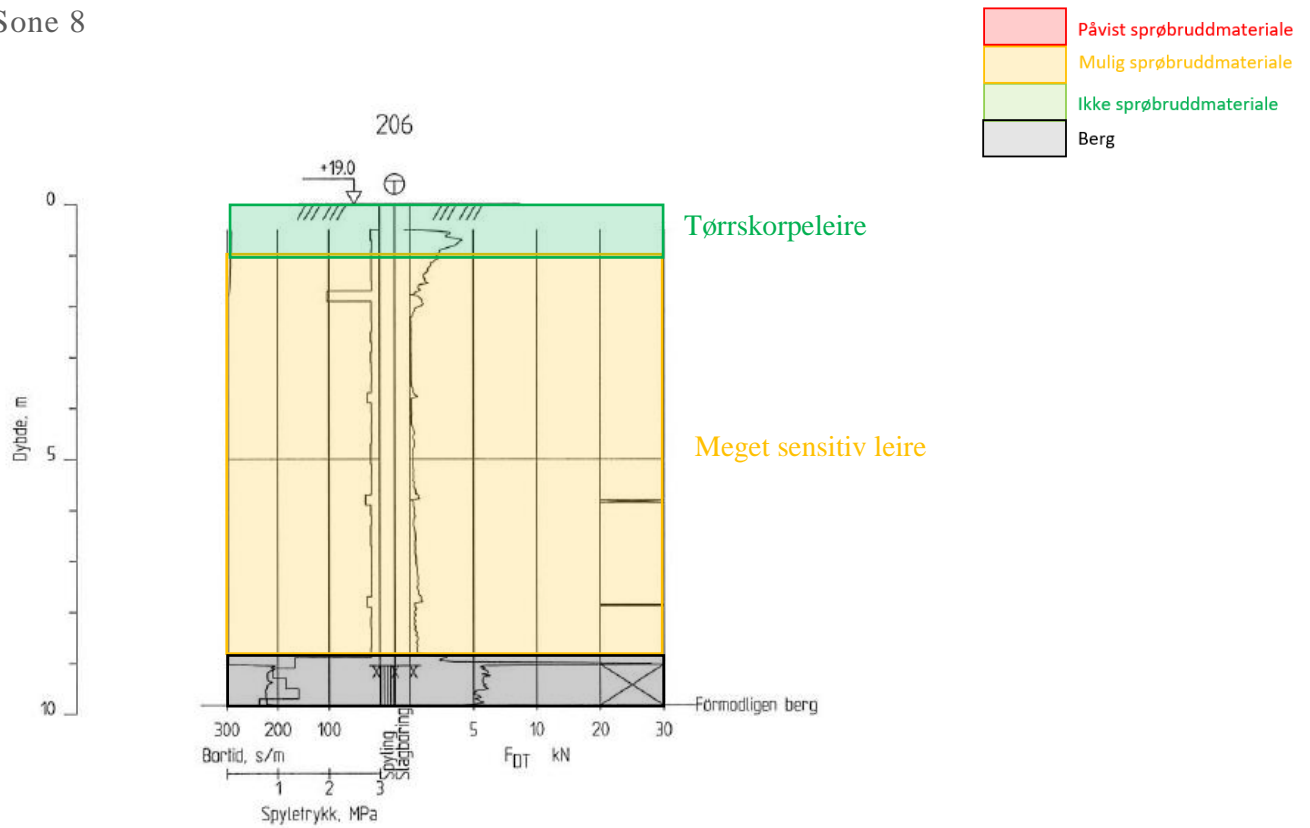
20170114 11:14

Sone 7



Figur 0-26 Totalsondering 2003, sone 6 (COWI AS, 2017b)

Sone 8

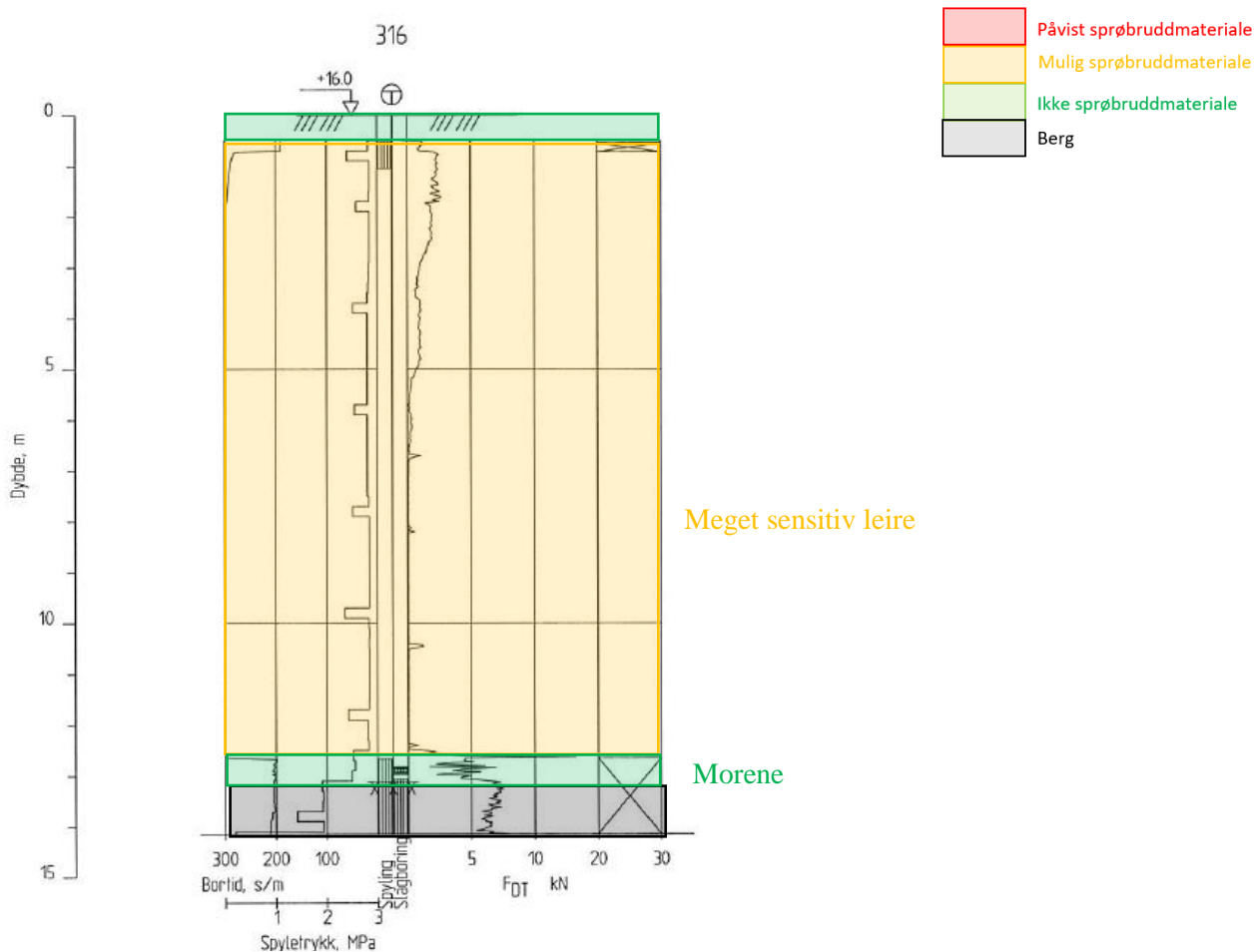


Figur 0-27 Totalsondering 206, sone 8 (SWECO, 2012)

Vingeboring						mesta
Sted:	råde stasjon		Instr. nr.:	1646		
Oppdragsnr:	808610		Ving:	65	* Velg 55 eller 65	
Hull:	206		Grunnvannst.:	2 m		
Dato:	19.12.2011		Terrengkote:	19,01		

Dybde i meter	Uomrørt		Omrørt		S _i	Merknad
	Avlesning	Kn/m ²	Avlesning	Kn/m ²		
2						får ikke ut ving
3	40	22,4	6	3,4	7	
4	43	24,1	4	2,2	11	
5	45	25,2	4	2,2	11	
6	44	24,6	3	1,7	16	
7	42	23,5	2	1,1	21	
8						får ikke ut ving,stein
9	40	22,4	1	0,6	40	
9,2						stopp

Figur 0-28 Vingeboring 206, sone 8 (SWECO, 2012)



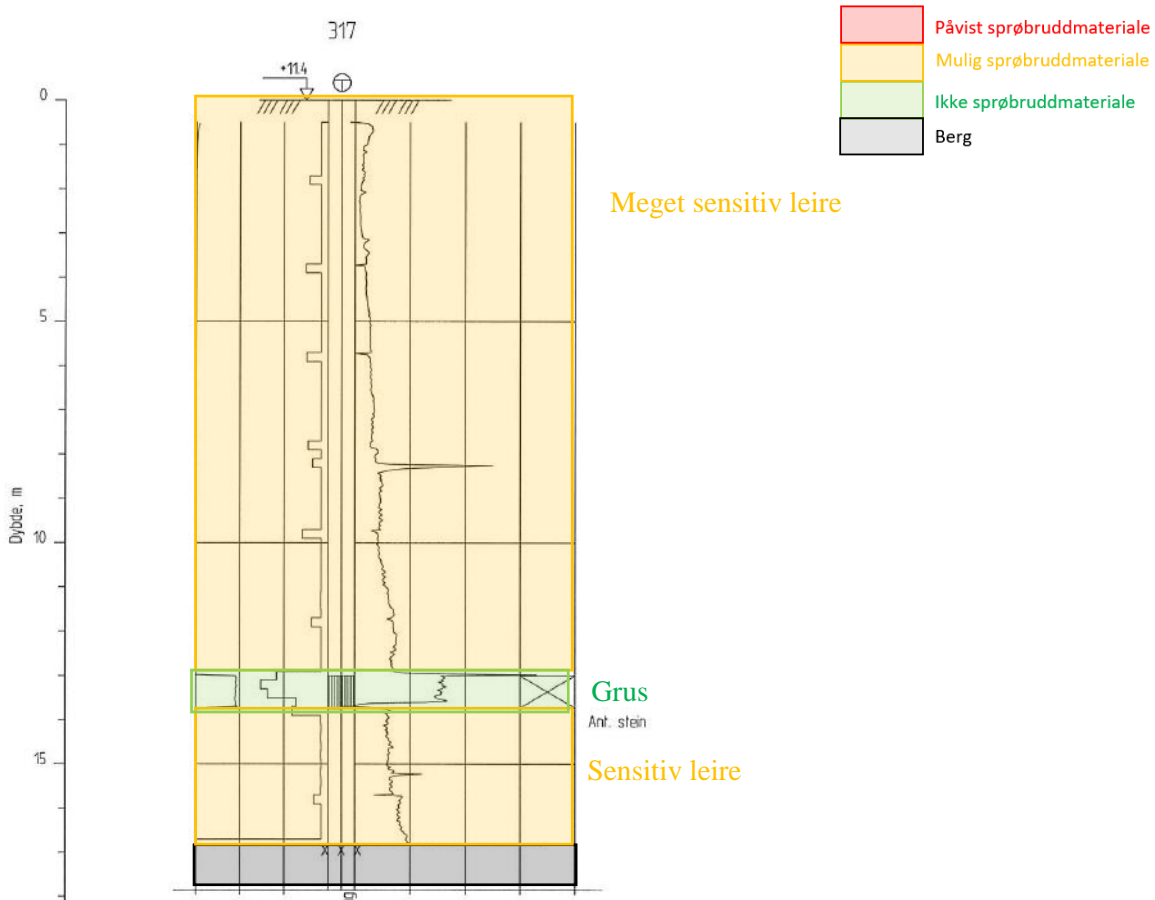
Figur 0-30 Totalsondering 316, sone 8 (SWECO, 2012)

Vingeboring			
Sted:	råde stasjon	Instr. nr.:	1646
Oppdragsnr.:	808610	Ving:	65 * Velg 55 eller 65
Hull:	316	Grunnvannst.:	2 m
Dato:	09.01.2012	Terrengkote:	15,99



Dybde i meter	Uomrørt		Omrørt		S _r	Merknad
	Avlesning	Kn/m ²	Avlesning	Kn/m ²		
2	86	48,2	24	13,4	4	
3	36	20,2	4	2,2	9	
4	16	9,0	1	0,6	18	
5	28	15,7	1	0,6	28	
6	22	12,3	1	0,6	22	
7	35	19,6	2	1,1	18	
8	29	16,2	2	1,1	18	
9	31	17,4	1	0,6	31	
10	34	19,0	2	1,1	17	
11	31	17,4	2	1,1	16	
12	28	15,7	2	1,1	14	

Figur 0-29 Vingeboring 316, sone 8 (SWECO, 2012)



Figur 0-32 Totalsondering 317, sone 8 (SWECO, 2012)

20

Vingeboring			
Sted:	råde stasjon	Instr. nr.:	1646
Oppdragsnr.:	808610	Ving:	65 * Velg 55 eller 65
Hull:	317	Grunnvannst.:	2 m
Dato:	10.01.2012	Terrengkote:	11,44






Dybde i meter	Uomrørt		Omrørt		s	Merknad
	Avlesning	kn/m ²	Avlesning	kn/m ²		
2	73	40,9	8	4,5	9	
3	47	26,3	5	2,8	9	
4						får ikke ut ving
5	39	21,8	3	1,7	13	
6	28	15,7	4	2,2	7	
7	38	21,3	4	2,2	19	
8	34	19,0	5	2,8	7	
9	46	25,8	6	3,4	8	
10	47	26,3	6	3,4	8	
11	57	31,9	6	3,4	19	
12	55	30,8	7	3,9	8	
13	58	32,5	7	3,9	8	

Figur 0-31 Vingeboring 317, sone 8 (SWECO, 2012)

VEDLEGG 3: INTERCITY-PROSJEKTET, ØSTFOLDBANEN HAUG-SEUT,

OMRÅDESTABILITETSRAPPORT

Det gjøres oppmerksom på at områdestabilitetsrapporten er kopiert og limt inn, fordi skjerm bilde av rapporten ble utydelig. Rapporten i vedlegget vil av den grunn se ulik ut fra originalen.

<h2>InterCity-prosjektet</h2> <h3>Østfoldbanen Haug-Seut</h3> <h3>Områdestabilitetsrapport</h3>									
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block; color: red;"> Godkjent av 3.parskontrollør (kontrollrapport fra Golder datert 09.06.2017) </div>									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Akseptert</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Akseptert m/kommentarer</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Ikke akseptert / kommentert Revider og send inn på nytt</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Kun for informasjon</td> </tr> </table>						<input type="checkbox"/> Akseptert	<input checked="" type="checkbox"/> Akseptert m/kommentarer	<input type="checkbox"/> Ikke akseptert / kommentert Revider og send inn på nytt	<input type="checkbox"/> Kun for informasjon
<input type="checkbox"/> Akseptert									
<input checked="" type="checkbox"/> Akseptert m/kommentarer									
<input type="checkbox"/> Ikke akseptert / kommentert Revider og send inn på nytt									
<input type="checkbox"/> Kun for informasjon									
Sign:  <div style="font-size: small; margin-left: 20px;"> Digitalt signert av Hanna Lundkvist DN: cn:Hanna Lundkvist, o:Haug-Halden, ou:InterCity, email:lundha@iv.no, c:NO Date: 2017.06.09 09:18:17 +0200 </div>									
01A	Etter kommentarer fra 3. partskontroll	24.05.2017	SIU	GUB	KS				
00A	Områdestabilitetsrapport	23.03.2017	SIU	GUB	KS				
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av				
Tittel: InterCity-prosjektet Østfoldbanen Haug-Seut Områdestabilitetsrapport		Sider: 42 + 1 vedlegg	Produsert av: 						
Prosjekt: InterCity-prosjektet Parsell: 14 Haug - Seut		Dokumentnummer: ICP-14-V-25042		Revisjon: 01A					
		Drift dokumentnummer:		Drift rev:					

1. BAKGRUNN

Bane NOR planlegger dobbeltspor for jernbane på strekningen Haug-Halden.

Foreliggende rapport er utarbeidet av COWI Multiconsult (2G), Tunnel og geofag v/Geoteknikk, som er prosjekteringsrådgiver (PR).

Rapporten inneholder utredning/vurdering av områdestabiliteten på strekningen Haug-Seut.

Vurderingene er utført i henhold til NVEs veileder nr. 7 – 2014, «Sikkerhet mot kvikkleireskred».

Ifølge Teknisk Designbasis for InterCity-prosjektet i Bane NOR, er ikke rapportene fra NIFS-prosjektet en del av grunnlaget som skal benyttes i vurdering av områdestabiliteten ennå, men de vil innarbeides etter behov.

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsdistansen av et skred.

Det foreligger heller ingen metode for vurdering av utløpsdistansen i NVE – veilederen. Utløpsdistansen avhenger også svært mye av lokale forhold og leiren sine egenskaper. På bakgrunn av dette er vår vurdering av utløpsdistanse basert på NIFS rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» i tillegg til vurdering av topografi.

Det er besluttet at omfanget av vurderingene i denne rapporten skal omfatte punkt 1 – 9 som beskrevet i kapittel 4.5 i NVE – veilederen. Punktene 1 -10 i tabellen under beskriver NVE – prosedyren for identifisering og avgrensning av kvikkleireområder med potensiell skredfare (aktsomhetsområder, punkt 1-5), avgrensning og faregradsevaluering av faresoner (faregradsklassifiserte faresoner, punkt 6-9) og stabilitetsvurdering (punkt 10). For definerte faresoner 3-1 til 3-4 samt faresone 2-5 er det gjort et unntak og utredningen er stoppet på punkt 8 i NVEs prosedyre. Grunnen til dette er at flere av faktorene i faregradsklassifiseringen er ukjente og det vil være behov for supplerende grunnundersøkelser for å kunne plassere faresonene innenfor en faregradsklasse. De nevnte faresonene må derfor faregradsklassifiseres etter supplerende grunnundersøkelser i neste planfase.

Evalueringer er utført med utgangspunkt i eksisterende terreng da sporplassering ikke er endelig bestemt.

Fullstendig utredning av faresoner med stabilitetsvurderinger (punkt 10) utføres ikke i denne rapporten, men først i detaljplanarbeidet med endelig sporplassering. For områdestabilitetsberegninger vil krav til sikkerhetsfaktor avhenge av tiltakskategori definert i NVEs veileder. Utbygging av ny jernbane vurderes som et prosjekt i tiltakskategori K4. For krav til sikkerhetsfaktor ved beregning av

lokalstabilitet gjelder krav i BaneNors tekniske regelverk og teknisk designbasis. Teknisk designbasis legges til grunn for bestemmelse av grense mellom lokal- og områdestabilitet og innebærer at glideflater som berører jernbanetiltaket defineres som lokalstabilitet, med krav til materialfaktor 1,6.

Tabell 1-1 Oversikt over prosedyre NVE 7/2014

Pkt.	Overskrift
1.	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være
2.	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense
3.	Avgrens områder med marine avsetninger
4.	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området
5.	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred
6.	Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/ vurdering av grunnlag
7.	Avgrens løsnemråder nøyaktig
8.	Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser
9.	Avgrens og faregradsklassifiser faresoner
10.	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet. <i>Utføres i neste fase</i>

Kartleggingen presenteres som tekst for hvert av delområdene inndelt i underkapitler som samsvarer med hvert punkt i NVE – prosedyren.

I tillegg er det utarbeidet kart som ligger i vedlegg; dvs. tegninger som viser utbredelse av sprøbruddmaterialer (punkt 1 – 6) og tegninger med faregradsklassifisering av faresoner (punkt 7 – 9).

Det geotekniske grunnlaget for kartleggingen består av nye grunnundersøkelser for IC-prosjektet som er utført av COWI i egen kontrakt samt eksisterende grunnundersøkelser utført for SVV, JBV tidligere. Alle disse undersøkelsene ligger på e-rom for Bane NOR. Det er også trukket inn noen grunnundersøkelser fra tidligere prosjekter i Multiconsult. Grunnundersøkelser er klassifisert med hensyn på sprøbrudd-oppførsel og er vist på tegninger med nummer Vx-1x som også viser utbredelse av antatt sprøbruddmateriale.

Det er utført befaringer i området i flere omganger av flere saksbehandlere. Befaringene er i hovedsak gjennomført for å få en generell kjennskap til området, vurdere behov for grunnundersøkelser og registrere berg i dagen. Hver enkelt faresone er ikke befart. Befaringer er utført av Marit Isachsen, Ragnhild Håøy Grue og Siri Ulvestad. Befaringer er utført 24. september og 2. desember i 2015 samt

7. april og 3. mai i 2016

2. SAMMENDRAG

Det er utført en utredning av områdestabiliteten for dagens situasjon langs planlagt ny jernbanestrekning mellom Haug og Seut i henholdsvis Råde og Fredrikstad kommune.

Basert på en vurdering av topografi og grunnforhold er det funnet totalt 24 faresoner. Av disse faresonene er 20 faregradsevaluert som følger; 2 soner i klasse lav faregrad, 18 soner i klasse middels faregrad og ingen i klasse høy faregrad. Det er 4 soner som ikke er faregradsevaluert.

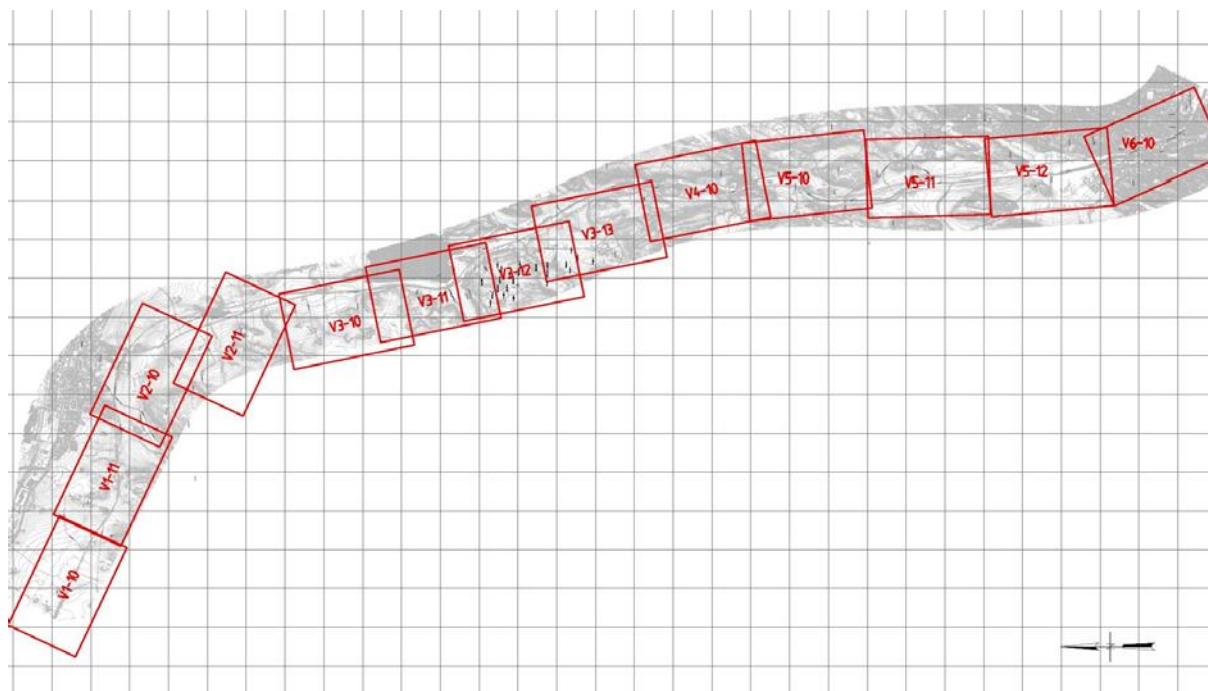
De sonene som ikke er faregradsevaluert har ikke tilstrekkelig grunnlagsdata for evaluering. Årsaken til det ligger delvis i at sonene ligger langt utenfor forventet sporområde, slik at det ikke er undersøkt så perifert, og delvis at vi ikke har mottatt alle data fra planlagte grunnundersøkelser.

Det er anbefalt videre undersøkelser og utredning for flere faresoner for neste planfase (detaljplanfasen) både for bedre begrensning av sonene og for faregradsevaluering.

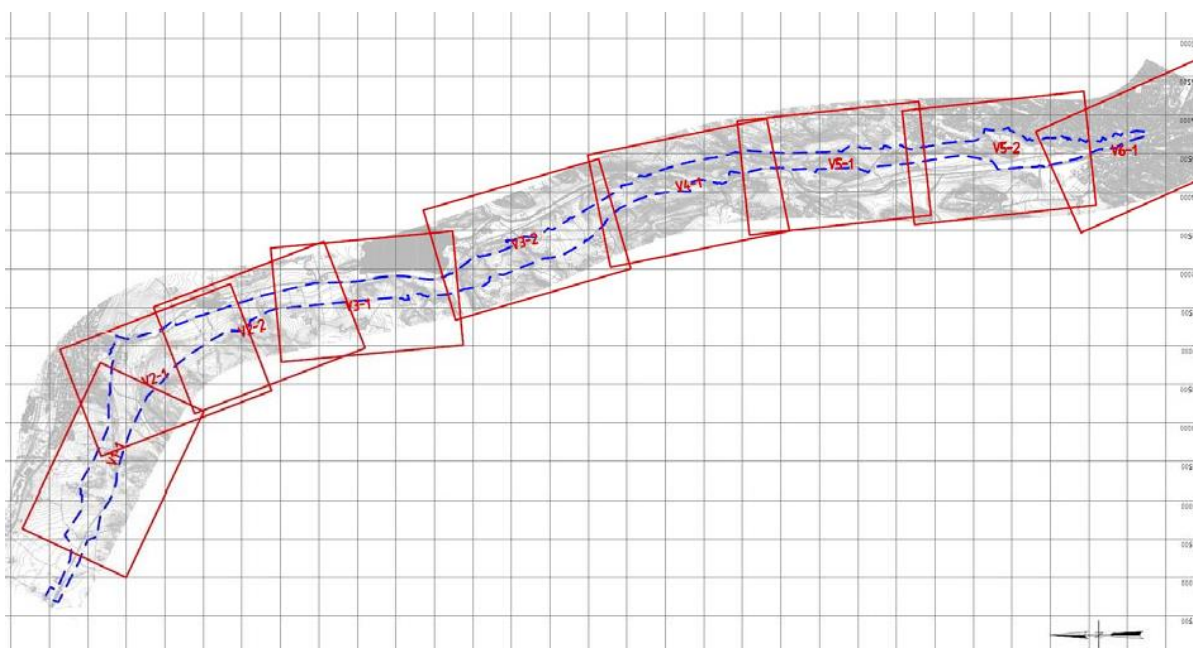
Der vi har hatt tilstrekkelig informasjon om grunnforholdene har faresonene blitt faregradsevaluert i henhold til poengsystemet gitt i NVEs veileder [1]. Der informasjonen om grunnforholdene ikke er tilstrekkelig for å utføre en faregradsevaluering p.t. har sonene kun blitt avmerket i kartet og må evalueres i en senere planfase. Faresonene har blitt delt opp i løsneområder og utløpsområder.

Det er vedlagt tegninger fra 2 ulike steg i prosedyren. Tegninger med nummer V_x-1_x viser utbredelse av antatt sprøbruddmateriale basert på utførte grunnundersøkelser, registrert berg i dagen og NGUs løsmassekart. Tegninger med nummer V_x-x viser de avdekkede faresonene etter at en helhetsvurdering av topografi og grunnforhold er gjennomført.

Figur 2-1 og Figur 2-2 viser oversiktsplaner over vedlagte tegninger.



Figur 2-1 Oversiktsplan over tegninger som viser utbredelse av sprøbruddmateriale.



Figur 2-2 Oversiktsplan over tegninger som viser faresoner og planavgrensning

3. OMRÅDEBESKRIVELSE

Aktuelt område strekker seg fra Haug i Råde kommune til Seut i Fredrikstad kommune.

Området er karakterisert av oppstikkende bergpartier med liten eller ingen løsmasseoverdekning. Mellom disse er det slake eller tilnærmet flate områder med bløt, stedvis sensitiv eller kvikk leire til stor dybde. Under leirmassene er det stedvis morene mot berg.

Generelt gjelder det for hele området at bergoverflaten er svært kupert både over og under terreng. Det er flere steder registrert flere titalls meter til berg kun få meter unna områder med registrert berg i dagen. Dvs. at bergoverflaten ofte faller tilnærmet loddrett.

Det er påvist poreovertrykk i grunnen i flere områder.

Siden det er påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i utførte grunnundersøkelser, må fare for kvikkleireskred utredes for å tilfredsstille krav i NVE-veileder og TEK-10, kfr. ref. [1] og [2].

For videre beskrivelse av områdestabilitet er området delt inn i 6 delområder:

Område 1 – Kobling Haug. Se Figur 3-1.

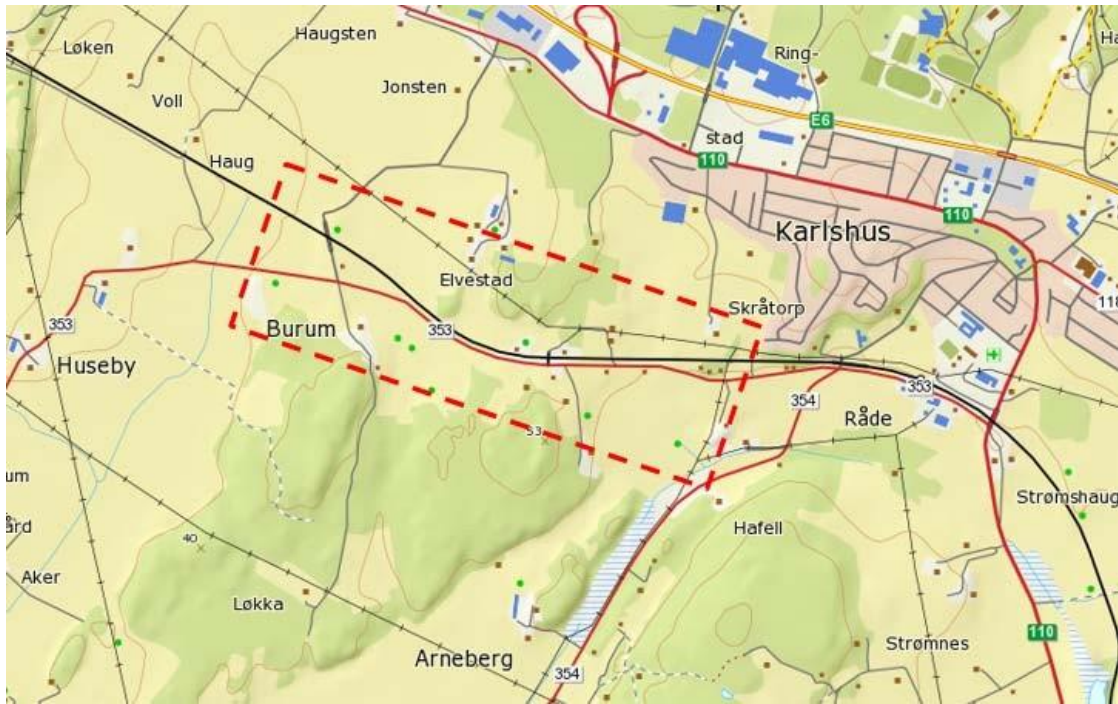
Område 2 – Råde stasjon. Se Figur 3-2.

Område 3 – Skinnerflo. Se Figur 3-3.

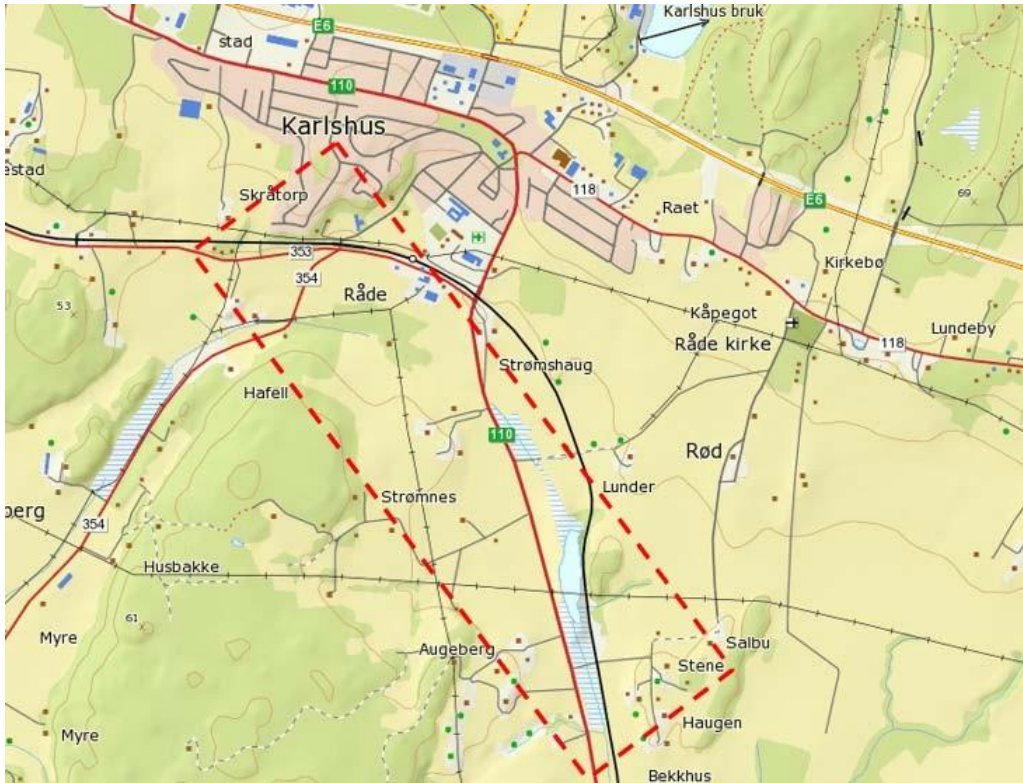
Område 4 – Kryssing Seutelva. Se Figur 3-4.

Område 5 – Korpeknotten. Se Figur 3-5.

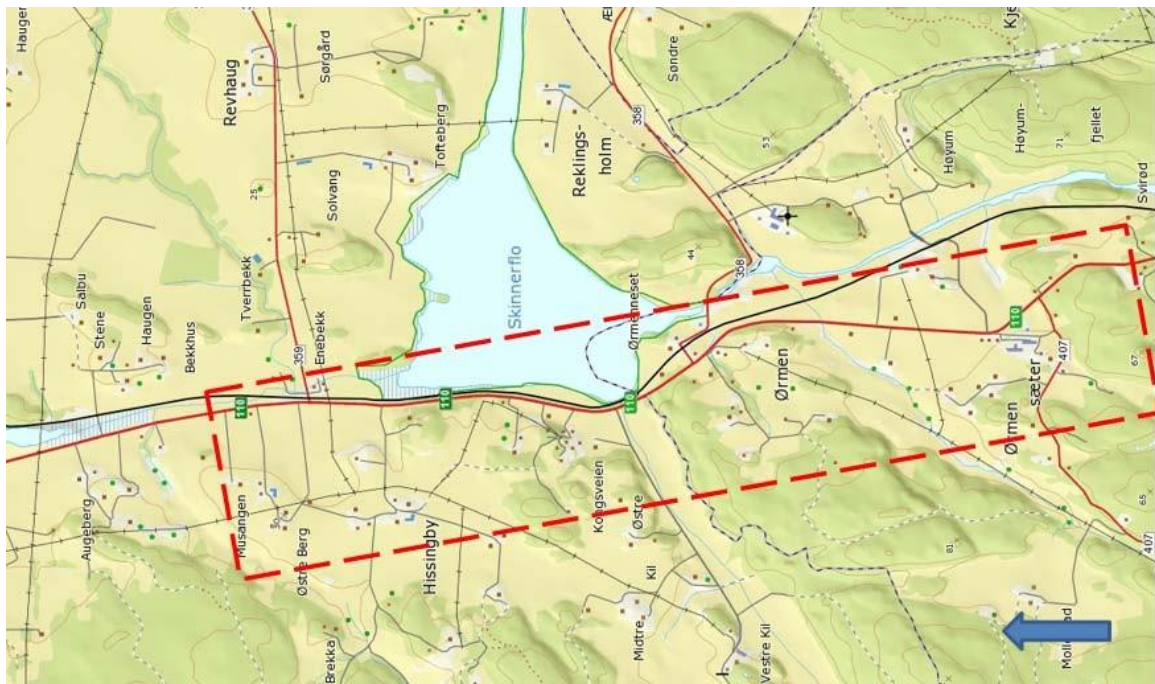
Område 6 – Kobling Seut. Se Figur 3-6.



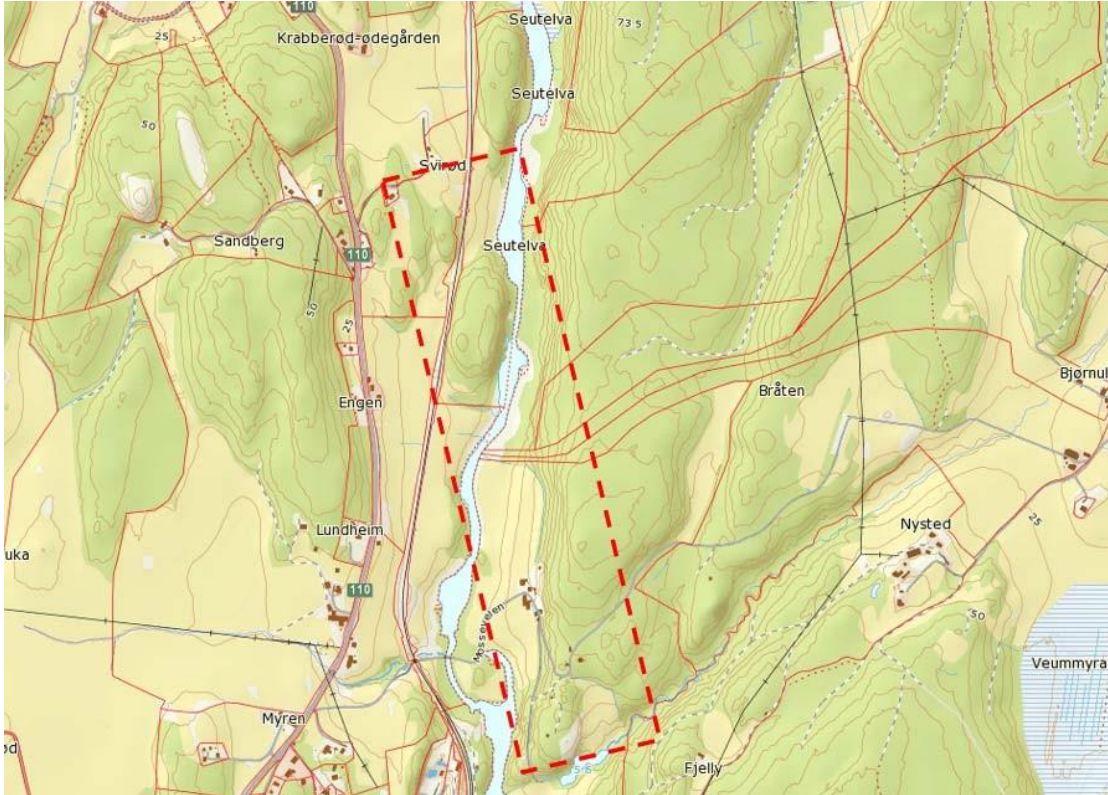
Figur 3-1 Oversiktskart over delområde 1 Kobling Haug



Figur 3-2 Oversiktskart over delområde 2 Råde stasjon



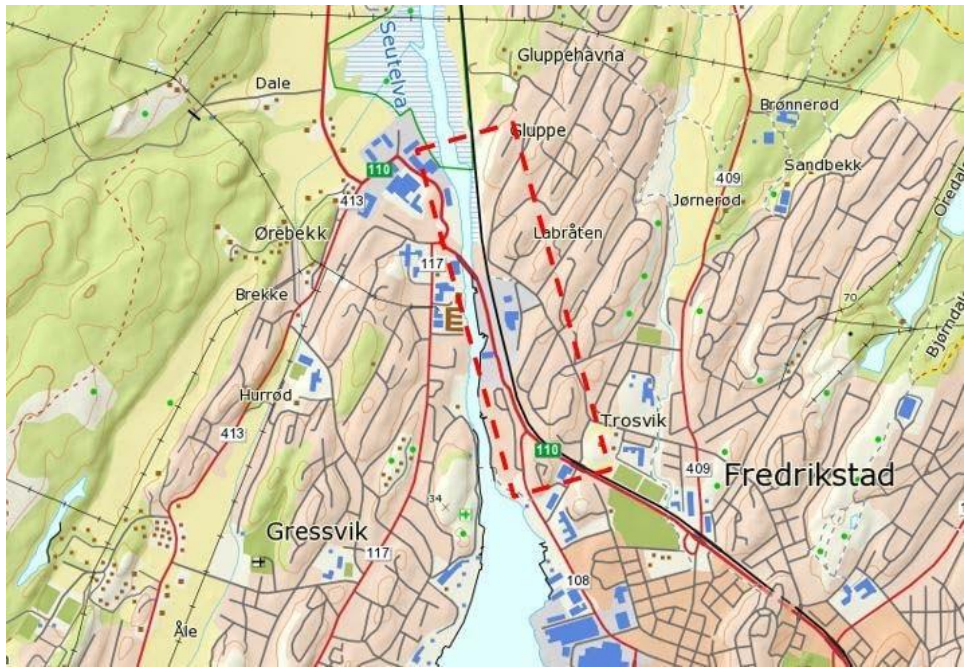
Figur 3-3 Oversiktskart over delområde 3 Skinnerflo



Figur 3-4 Oversiktskart over delområde 4 Kryssing Seutelva



Figur 3-5 Oversiktskart delområde 5 Korpeknotten



Figur 3-6 Oversiktskart delområde 6 Kobling Seut

4. DELOMRÅDE 1 – KOBLING HAUG

Tabell 4-1 viser en oppsummering av gjennomgang av prosedyren i henhold til avsnitt 4.5 i ref. [1].
En fullstendig vurdering gitt i kapittel 4.1 - 4.9.

Tabell 4-1 Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2014

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1.	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være	Utredningen utføres for fase i forkant av teknisk detaljplan. Utredning skal bekrefte eller avkrefte reell fare for områdeskred.
2.	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense	Hele området ligger under marin grense.
3.	Avgrens områder med marine avsetninger	Se kap. 4.3 og vedlagte tegninger V1-10 og V1-11.
4.	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området	Området ligger ikke innenfor tidligere kartlagte faresoner
5.	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred	Se kap. 4.5.
6.	Gjennomføring av befarings og grunnundersøkelser/ vurdering av grunnlag	Utførte grunnundersøkelser ansees som tilstrekkelig. Se kap. 4.6.
7.	Avgrens løsneområder nøyaktig	Løsneområder er vist på vedlagte tegninger V1-1 og beskrevet i kap. 4.7
8.	Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser	Se kap. 4.8 og vedlagt tegning V1-1.
9.	Avgrens og faregradsklassifiser faresoner	Se kap. 4.9.
10.	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet.	Må utføres i senere planfase.

4.1 Avklar hvor nøyaktig utredning skal være

Utredningen utføres for fase i forkant av teknisk detaljplan. Krav til utredningen er at den skal bekrefte eller avkrefte reell fare for områdeskred. Videre er det bestemt i prosjektet at det skal tilstrebes en gjennomgang av NVEs prosedyre til og med punkt 9 «faregradsklassifisering».

4.2 Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense

Hele området ligger under marin grense.

4.3 Avgrens områder med marine avsetninger

Ved gjennomgang av kvartærgeologiske kart og utførte grunnundersøkelser er området for mulig utbredelse av sprøbruddmateriale skissert. Områdene er vist på vedlagte tegninger V1-10 og V1-11. Der det ikke er utført grunnundersøkelser har vi støttet oss til de kvartærgeologiske kartene for å avgrense mulig område med sprøbruddmateriale. Der disse områdene har blitt svært store har vi valgt å avslutte avgrensingen av områdene når avstanden fra jernbanelinja er så stor at området ikke lenger er relevant for prosjektet.

Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vår vurdering av utbredelsen av kvikkleire/sprøbruddmateriale. Rapporter fra utført grunnundersøkelser er tilgjengelig via Bane Nor på e-room [5]. Borpunktens plassering er vist på overnevnte tegninger med egne fargekoder. Boringer der det er påvist sprøbruddmateriale er vist med rød farge, mens boringer med mulig sprøbruddmateriale (usikre boringer) er vist med oransje farge. Boringer med grønn farge angir borpunkt hvor det ikke er antatt sprøbruddmateriale.

4.4 Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området

Området ligger ikke innenfor tidligere kartlagt faresone iht. kart på skrednett.no.

4.5 Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred

NVEs retningslinjer [1] beskriver hvordan terrenganalyse utføres for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir muligheter for områdeskred. For jevnt hellende terreng er kriteriet satt til terreng med helning brattere enn 1:20 og en høydeforskjell større enn 5 meter.

For å finne aktsomhetsområder er det utført en GIS-analyse av terrenget hvor områder med helning brattere enn 1:20 har blitt avdekket. Denne informasjonen er videre sammenstilt med områder med sannsynlig sprøbruddmateriale og har gitt grunnlag for å vurdere aktuelle løsneområder beskrevet i kapittel 4.7.

4.6 Vurdering av grunnlag/Utførte grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser ansees tilstrekkelig til å kunne utføre en fullstendig områdestabilitetsvurdering, men det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser for muligens å kunne redusere fareområdenes størrelse der avgrensingene er valgt konservativt på grunn av få undersøkelser.

4.7 Aktuelle bruddtyper og løsneområder

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sonen kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse nedstrøms sonen et skred kan medføre.

Basert på topografi og grunnforhold vurderer vi at mest sannsynlig skredtype for området er et retrogressivt skred. Et retrogressivt skred karakteriseres ved serie av hurtig bakovergripende skred. Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressivt skred blir ofte utløst ved et monolittisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

Løsneområdene er avmerket basert på vurdering av topografi, registrert berg i dagen, NGUs løsmassekart og tidligere utførte totalsonderinger. Videre er det gjort en vurdering av potensielt utløpsområdet, ref. kap. 4.8.

Løsneområder og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger V1-1.

4.8 Aktuelle utløpsområder

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsdistansen av et skred. Det avhenger svært mye av lokale forhold og leiren sine egenskaper.

Vår vurdering av utløpsdistanse baserer seg på NIFS rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» [6]. Følgende sammenheng benyttes for beregning av utløpsdistanse:

Ved retrogressive skred i kanalisert terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 3 * \text{Løsnedistanse}$$

Ved retrogressive skred i åpent terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * \text{Løsnedistanse}$$

I tillegg til den beregnede utløpsdistansen gjøres det en vurdering av sannsynlig utløpsområde basert på områdets topografi med forventning om at skredmassene vil følge forsenkninger/raviner/daler i terrenget og stoppes eller endre retning ved møte med stigende terreng

Løснеområder og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger V1-1.

4.9 Faregradsevaluering

Det vises til vedlagte tegninger V1-1 for oversikt over beliggenheten av avdekte faresoner. I det følgende presenteres evalueringen gjort for bestemmelse av faregrad.

4.9.1 Faresone 1-1

Terrenget heller fra vest mot øst og begrenses i vest av berg i dagen og i nord av flatt terreng og ikke sensitiv leire. I sørøst begrenses sonen av flatt terreng. Området består hovedsakelig av dyrket mark, men utløpsområdet kan nå Tombveien.

Det er registrert mellom 7 til 33,5 m til berg innenfor sonen. Nærmeste prøveserier som ligger i faresonens utløpsområde viser leire som er kvikk fra ca. 4 m under terreng.

Tabell 4-2 viser utført evaluering av faregrad for sonen.

Tabell 4-2

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Skråningshøyde	2	1	2	Terrenget har en relativt jevn stigning og høydeforskjell på
OCR	2	3	6	Prøveserie ca. 150 m fra aktuell faresone (borpunkt HS- 1120)
Poretrykk	+3/-3	1	3	Poretrykksmåler ca. 150 m fra aktuell faresone (borpunkt HS- 1120) viser et poreovertrykk på ca. 10 kPa.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Prøveseriene i området med påvist kvikkleire er relativt grunne, men sonderinger indikerer at mektigheten av
Erosjon	3	2	6	Flyfoto fra 1947 er studert og sammenlignet med flyfoto fra 2016. Flyfoto kan indikere at bekkene i området eroderer noe.
Inngrep	+3/-3	0	0	Det er ikke utført terrenginngrep i området som har ført til

Faregradsevalueringen gir en poengverdi på 25 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse

«Middels» som omfatter soner med poengverdi fra 17 til 34 poeng.

5 DELOMRÅDE 2 - RÅDESTASJON

Tabell 5-1 viser en oppsummering av gjennomgang av prosedyren i henhold til avsnitt 4.5 i ref. [1].
En fullstendig vurdering gitt i kapittel 5.1-5.9.

Tabell 5-1 Gjennomgang av prosedyre NVE 7/2014

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1.	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være	Utredningen utføres for fase i forkant av teknisk detaljplan. Utredning skal bekrefte eller avkrefte reell fare for områdeskred.
2.	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense	Hele området ligger under marin grense.
3.	Avgrens områder med marine	Se kap. 5.3 og vedlagte tegninger V2-10 og V2-11
4.	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området	Området ligger ikke innenfor tidligere kartlagte faresoner
5.	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred	Se kap. 5.5.
6.	Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/ vurdering av	Utførte grunnundersøkelser ansees som tilstrekkelig til å utføre vurdering av faresoner.
7.	Avgrens løsneområder nøyaktig	Løsneområdene er vist på vedlagte tegninger V2-1 og V2-2 og beskrevet i
8.	Vurder og avgrens sannsynlige	Utløpsområder er vist på vedlagte tegninger V2-1 og V2-2 og beskrevet i
9.	Avgrens og faregradsklassifiser	Se kap. 5.9.
10.	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet.	Utføres ikke i denne planfasen.

5.1 Avklar hvor nøyaktig utredning skal være

Utredningen utføres for fase i forkant av teknisk detaljplan. Krav til utredningen er at den skal bekrefte eller avkrefte reell fare for områdeskred. Videre er det bestemt i prosjektet at det skal tilstrebes en gjennomgang av NVEs prosedyre til og med punkt 9 «faregradsklassifisering».

5.2 Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense

Hele området ligger under marin grense.

5.3 Avgrens områder med marine avsetninger

Ved gjennomgang av kvartærgeologiske kart og utførte grunnundersøkelser er området for sannsynlig mulig utbredelse av sprøbruddmateriale skissert. Områdene er vist på vedlagte tegninger V2-10 og V2-11. Der det ikke er utført grunnundersøkelser, har vi støttet oss til de kvartærgeologiske kartene for å avgrense mulig område med sprøbruddmateriale. Der disse områdene har blitt svært store har vi valgt å avslutte avgrensingen av områdene når avstanden fra jernbanelinja er så stor at området ikke lenger er relevant for prosjektet.

Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vår vurdering av utbredelsen av kvikkleire/sprøbruddmateriale. Rapporter fra utført grunnundersøkelser er tilgjengelig via BaneNor på e-room [5]. Borpunktens plassering er vist på overnevnte tegninger med egne fargekoder. Boringer der det er påvist sprøbruddmateriale er vist med rød farge, mens boringer med mulig sprøbruddmateriale (usikre boringer) er vist med oransje farge. Boringer med grønn farge angir borpunkt hvor det ikke er antatt sprøbruddmateriale.

5.4 Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området

Området ligger ikke innenfor tidligere kartlagt faresone iht. kart på skrednett.no.

5.5 Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred

NVEs retningslinjer [1] beskriver hvordan terrenganalyse utføres for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir muligheter for områdeskred. For jevnt hellende terreng er kriteriet satt til terreng med helning brattere enn 1:20 og en høydeforskjell større enn 5 meter.

For å finne aktsomhetsområder er det utført en GIS-analyse av terrenget hvor områder med helning brattere enn 1:20 har blitt avdekket. Denne informasjonen er videre sammenstilt med områder med sannsynlig sprøbruddmateriale og har gitt grunnlag for å vurdere aktuelle løsneområder beskrevet i kapittel 5.7.

5.6 Vurdering av grunnlag/Utførte grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser ansees ikke tilstrekkelig til å kunne utføre en fullstendig områdestabilitets- vurdering, og det må derfor utføres supplerende grunnundersøkelser. Foreløpig

vurdert utstrekning av faresoner ansees å være konservativt anslått. Supplerende grunnundersøkelser vil kunne redusere omfanget av faresoner i tillegg til å gi grunnlag for stabilitetsberegninger og vurdering av nødvendige tiltak for å sikre sonene.

5.7 Aktuelle bruddtyper og løsneområder

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sonen kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse nedstrøms sonen et skred kan medføre.

Basert på topografi og grunnforhold vurderer vi at mest sannsynlig skredtype for området er et retrogressivt skred. Et retrogressivt skred karakteriseres ved serie av hurtig bakovergripende skred. Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressivt skred blir ofte utløst ved et monolittisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

Løsneområdene er avmerket basert på vurdering av topografi, registrert berg i dagen, NGUs løsmassekart og tidligere utførte totalsonderinger. Videre er det gjort en vurdering av potensielt utløpsområdet, ref. kap. 5.8.

Løsneområder og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger V2-1 og V2-2.

5.8 Aktuelle utløpsområder

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsdistansen av et skred. Det avhenger svært mye av lokale forhold og leiren sine egenskaper.

Vår vurdering av utløpsdistanse baserer seg på NIFS rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» [6]. Følgende sammenheng benyttes for beregning av utløpsdistanse:

Ved retrogressive skred i kanalisert terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 3 * \text{Løsnedistanse}$$

Ved retrogressive skred i åpent terreng:

$$\text{Utløpsdistanse} = 1,5 * \text{Løsnedistanse}$$

I tillegg til den beregnede utløpsdistansen gjøres det en vurdering av sannsynlig utløpsområde basert på områdets topografi med forventning om at skredmassene vil følge forsenkninger/raviner/daler i terrenget og stoppes eller endre retning ved møte med stigende terreng.

Løsneområder og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger V2-1 og V2-2.

5.9 Faregradsevaluering

Det vises til vedlagte tegninger V2-1 og V2-2 for oversikt over beliggenheten av avdekte faresoner. I det følgende presenteres evalueringen gjort før bestemmelse av faregrad.

Faresone 2-1

Faresonen ligger i nordhellingen av Strømnesåsen. Løsneområdet begrenses i overkant av berg i dagen og i underkant av flatt terreng. Området består hovedsakelig av dyrket mark, men utløpsområdet krysser Tombveien.

Det er kun utført totalsonderinger innenfor sonen. Sonderingene viser liten motstand noe som kan indikere spørbruddmateriale. Bergdybde er registret mellom 3-21 m under terreng.

Tabell 5-2 viser utført evaluering av faregrad for sonen.

Tabell 5-2 Evaluering av faregrad for faresone 2-1

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert skredaktivitet i området.
Skråningshøyde	2	2	4	Terrenget har en relativt jevn stigning på mellom 15- 25 meter
OCR	2	1	2	Nærmeste prøveserie er HS-2016, og viser en OCR på litt over 1,5.
Poretrykk	+3/-3	1	3	Poretrykksmåler HS-2027 viser et proeovertrykk på ca. 10 kPa. Denne er lokalisert på sør-østsiden av Strømnesåsen i et flatere område og det ansees konservativt å benytte målinger herfra.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	SV14-135/SV14-137, viser at sprøbruddmateriale er varierende og settes konservativt i H/2-H/4.
Sensitivitet	1	2	2	SV14-137 har høyeste sensitivitet på 43
Erosjon	3	2	6	Flyfoto fra 1947 er studert og sammenlignet med flyfoto fra 2016. Flyfoto kan indikere at bekkene i området eroderer noe.
Inngrep	+3/-3	0	0	Det er ikke utført terrenginngrep i området som har ført til forbedring eller forverring av stabiliteten.
Sum poengverdi			21	Gir faregradsklasse «middels»

Faregradsevalueringen gir en poengverdi på 21 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse «Middels» som omfatter soner med poengverdi fra 17 til 34 poeng.

Faresone 2-2

Faresonen ligger i nordenden av Strømnesåsen og løsneområdet begrenses i overkant av mindre bergdybder og ikke sensitiv leire. I underkant av løsneområdet er terrenget flatt. Sonen er i dag utmark og dyrket mark.

Det er kun utført totalsonderinger innenfor sonen. Sonderingene viser liten motstand noe som kan indikere sprøbruddmateriale. Bergdybde er registret ca. 4 m under terreng.

Tabell 5-3 viser utført evaluering av faregrad for sonen.

Tabell 5-3 Evaluering av faregrad for faresone 2-2

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	1	Det er ikke registrert skredaktivitet i området.
Skråningshøyde	2	2	4	Total skråningshøyde innenfor faresonen er ca. 22 m
OCR	2	1	2	Nærmeste prøveserie er HS-2016, og viser en OCR på litt over 1,5.
Poretrykk	+3/-3	1	3	Poretrykksmåler HS-2027 viser et proeovertrykk på ca. 10 kPa. Denne er lokalisert på sør-østsiden av Strømnesåsen i et flatere område og det ansees konservativt å benytte målinger herfra.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	SV14-135/SV14-137, viser at sprøbruddmateriale er varierende og settes konservativt i H/2-H/4.
Sensitivitet	1	2	2	SV14-137 har høyeste sensitivitet på 43.
Erosjon	3	2	6	Flyfoto fra 1947 er studert og sammenlignet med flyfoto fra 2016. Flyfoto kan indikere at bekkene i området eroderer noe.
Inngrep	+3/-3	0	0	Det er ikke utført terrenginngrep i området som har ført til forbedring eller forverring av stabiliteten.
Sum poengverdi			22	Gir faregradsklasse «middels»

Faregradsevalueringen gir en poengverdi på 22 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse

«Middels» som omfatter soner med poengverdi fra 17 til 34 poeng.

Faresone 2-3

Faresonen ligger rett sør for eksisterende bane og ligger på tvers av rv. 110 og omfatter også et gårdsbruk. Faresonen begrenses på alle kanter av flatt terreng.

Totalsonderinger i området viser ca. 13 m dybde til berg. Nærmeste prøveserie ligger rett nord for jernbanen og viser kvikkleire fra ca. 4 m under terreng til ca. 15 m dybde hvor prøveserien er avsluttet.

Tabell 5-4 viser utført evaluering av faregrad for sonen.

Tabell 5-4 Evaluering av faregrad for faresone 2-3

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert skredaktivitet i området.
Skråningshøyde	2	1	2	Terrenget har en relativt jevn stigning på opptil 10-15 meter.
OCR	2	1	2	OCR er målt til ca. 1,8 ved 6 m dybde i borpunkt J1-1- 205.
Poretrykk	+3/-3	2	6	Generelt har poretrykkmålinger i området vist et poreovertrykk på ca. 10 kPa.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Prøveserie J1-1-205 rett nord for faresonen vier en mektighet på kvikkleirelaget >H/2
Sensitivitet	1	3	3	Prøveserie J1-1-205 rett nord for faresonen viser en sensitivitet på opptil 270.
Erosjon	3	0	0	Flyfoto fra 1947 er studert og sammenlignet med flyfoto fra 2016. Vi har ikke klart å finne indikasjon på erosjon i området.
Inngrep	+3/-3	2	6	Etablering av eksisterende infrastruktur kan ha forverret stabiliteten.
Sum poengverdi			25	Gir faregradsklasse «middels»

Faregradsevalueringen gir en poengverdi på 25 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse «Middels» som omfatter soner med poengverdi fra 17 til 34 poeng.

10. VIKTIGE OG KRITISKE MOMENTER

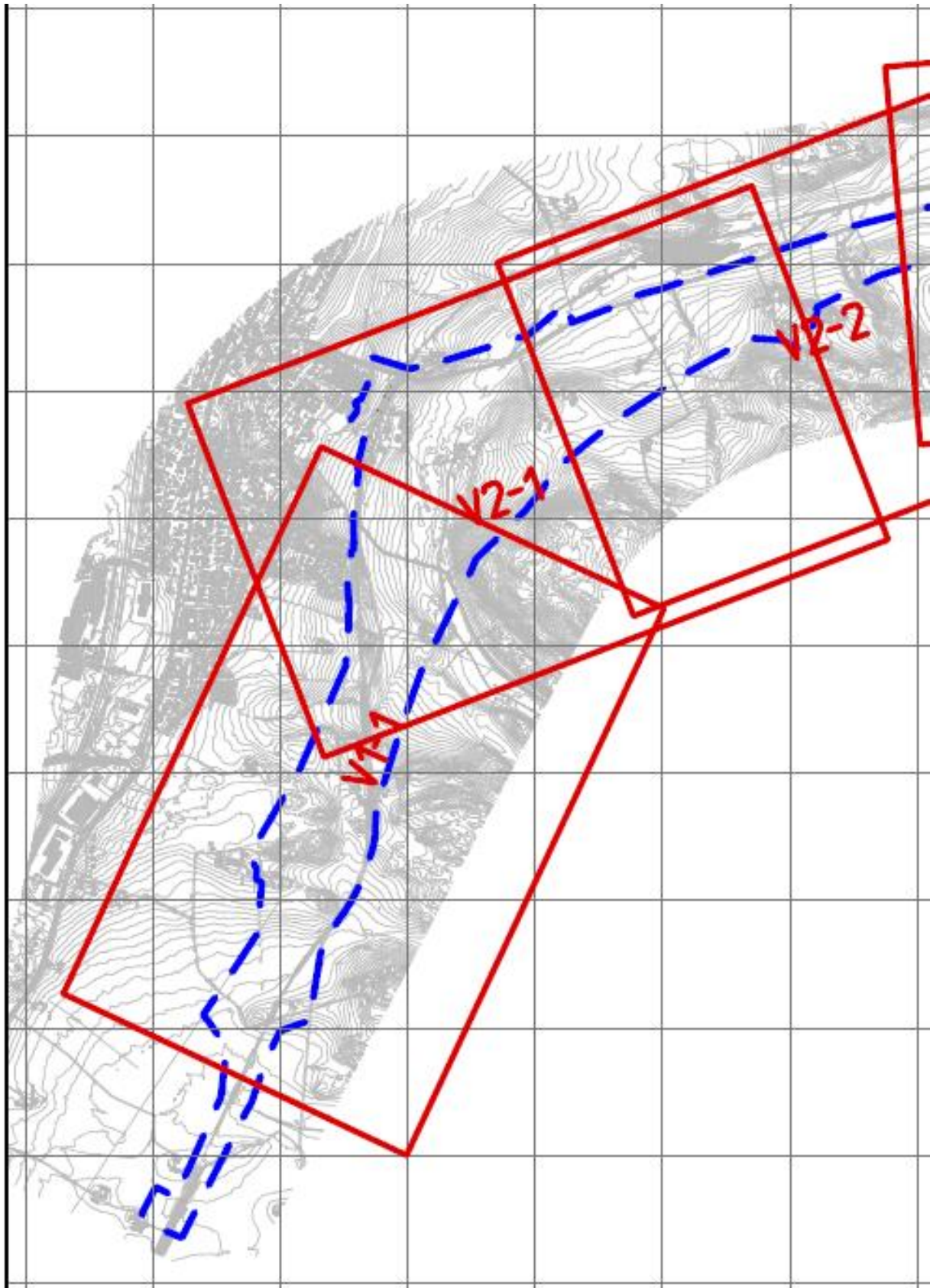
Det vil være nødvendig å vurdere lokalstabiliteten og områdestabiliteten i sammenheng med konstruksjoner, fyllinger og skjæringer som skal etableres i området. Denne utredningen har kun vurdert dagens situasjon før noe bygges eller tiltak gjennomføres.

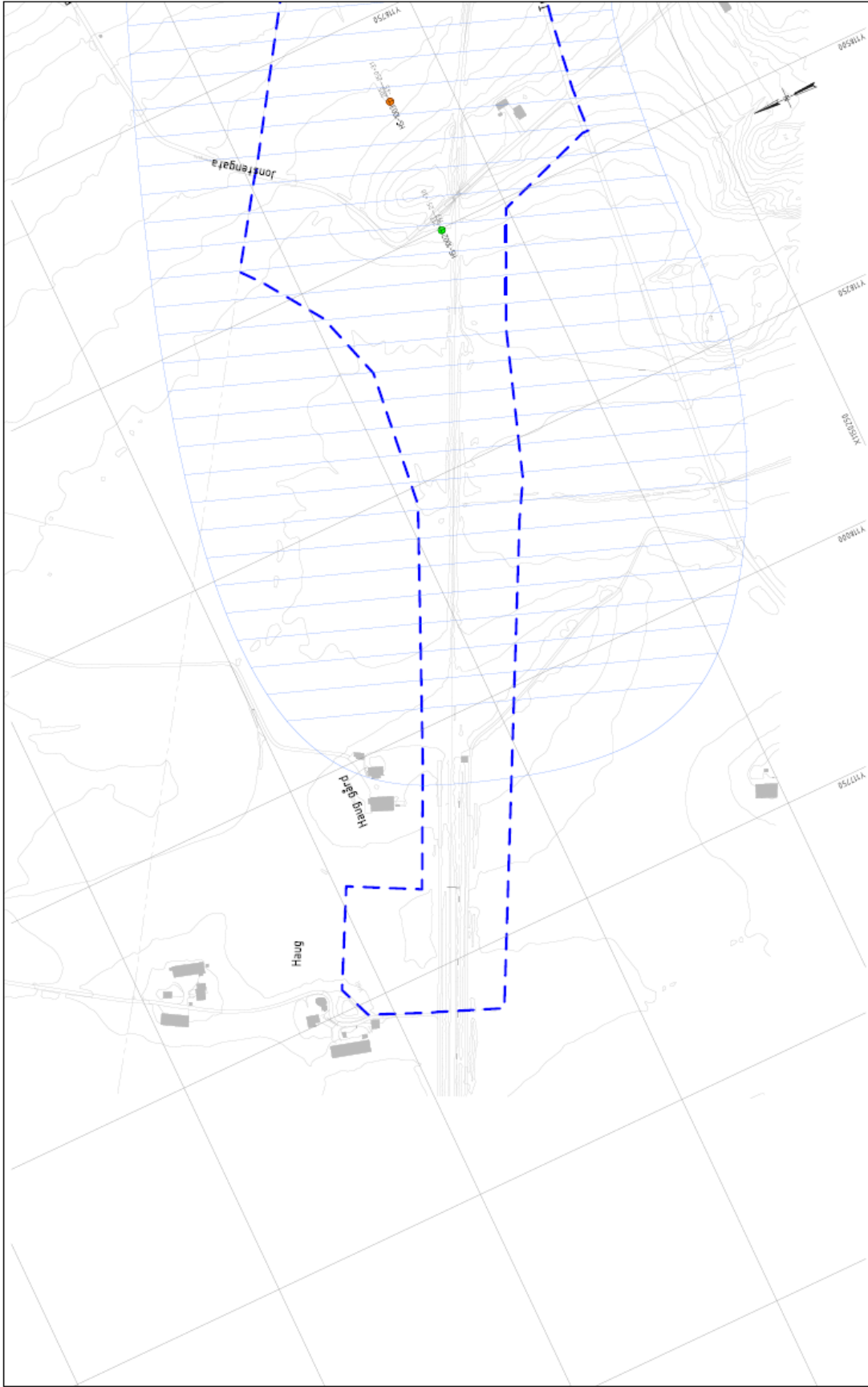
11. REFERANSER

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat, "Sikkerhet mot kvikkleireskred: Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper (V:7-2014)", NVE, Oslo, Veileder 7-2014, apr. 2014.
- [2] KRD (kommunal- og regionaldepartementet), *FOR 2010-03-26 nr 489 - Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift/TEK10)*. 2010.
- [3] (NVE) Norges vassdrags- og energidirektorat og Norges geologiske undersøkelse, www.skrednett.no, *Skrednett*. [Online]. Tilgjengelig på: <http://www.skrednett.no/no/>.
- [4] NGU kvartærgeologisk kart. [Online]. Tilgjengelig på: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- [5] Geotekniske datarapporter for Haug - Seut. Tilgjengelig på: e-room fra Bane NOR.
- [6] NIFS, Rapport 14/2016 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred.

VEDLEGG 4: INTERCITY-PROSJEKTET, ØSTFOLDBANEN HAUG-SEUT,

OMRÅDESTABILITETSRAPPORT, VEDLEGG





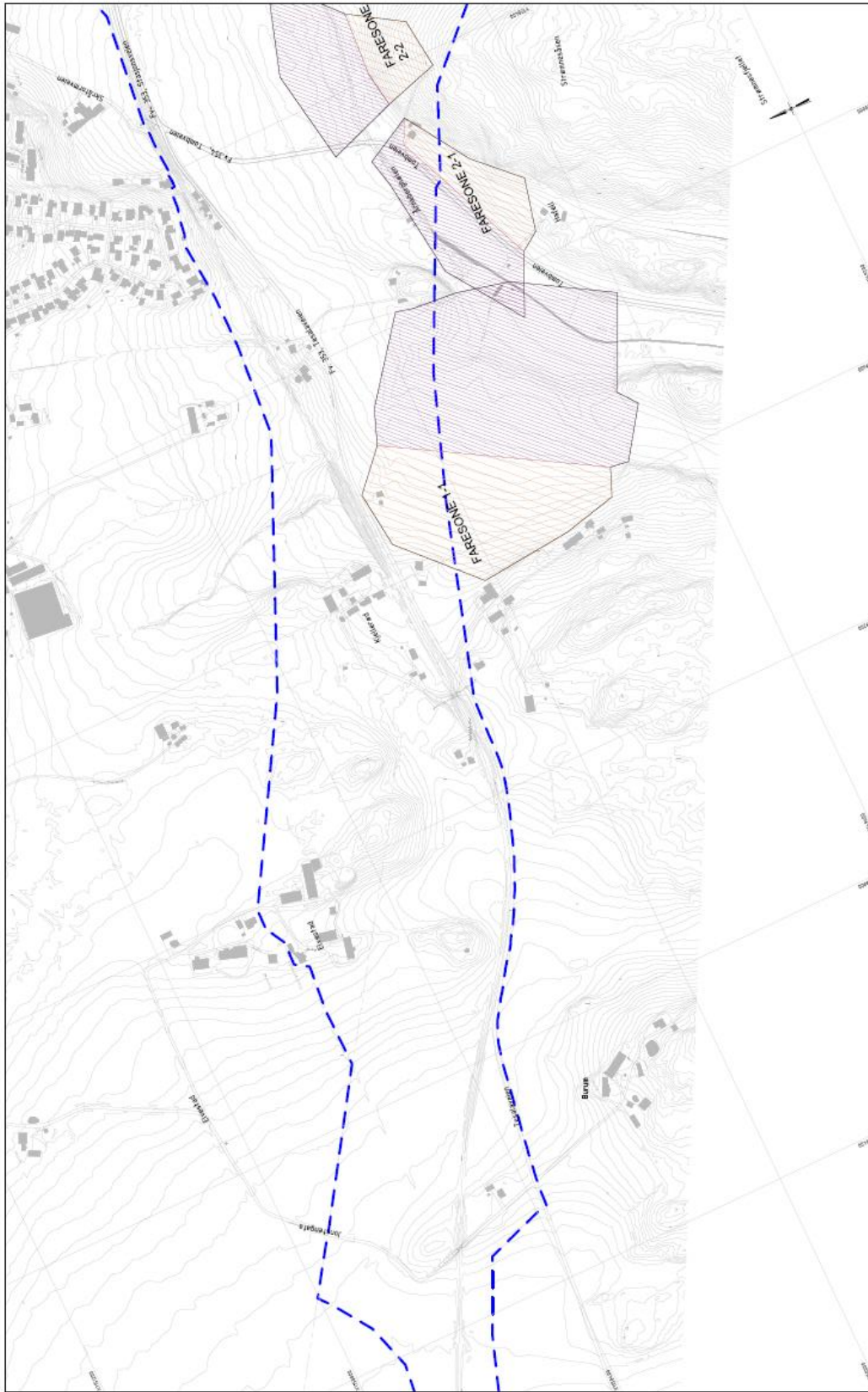
SYMBOLER

- Dekningslinje
- Bygning
- Utsiktspunkt
- ⊕ Utsiktspunkt
- ⊙ Prosjekt / Bygning
- ⊖ Prosjekt / Bygning
- ⊕ Prosjekt / Bygning
- ⊖ Prosjekt / Bygning

 Område med stiftet sprøskattelskule
 Område med stiftet sprøskattelskule
● Høydepunkt
● Høydepunkt
● Høydepunkt

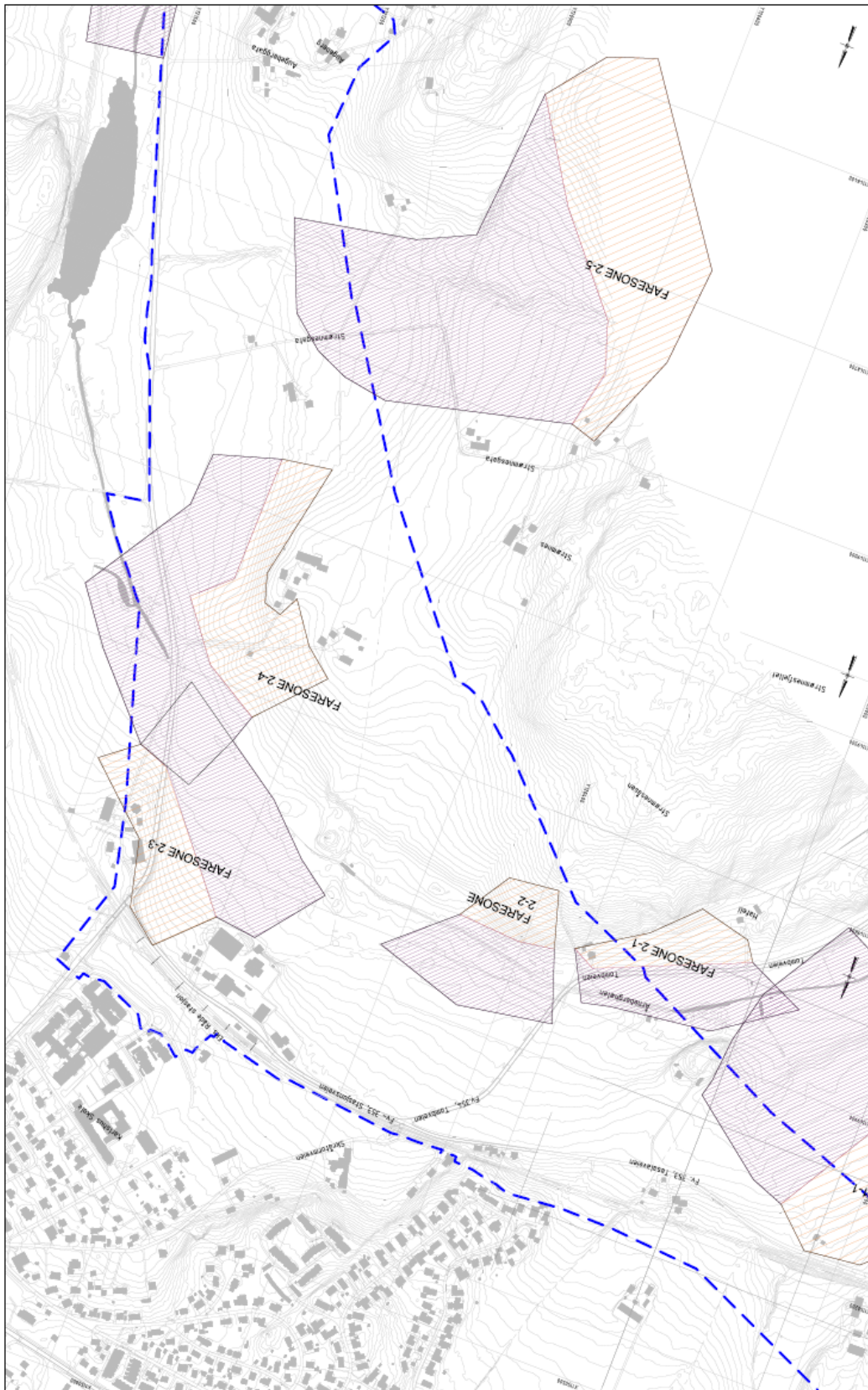
InterCity-prosjektet
 Zestridledbanen Håug-Seut
 Områdeskattelskule rapport
 Side: 12 av 24
 Dok.M.Nr.: ICP-HL-V-25042-Vedlegg 1
 Rev.: 01A
 Dato: 24.05.2017

JERNBANEVERKET
IC HÅUG-HALLIEN
 Vedlegg 1: sprøskattelskule
 2017-198
 2017-198
 0



SYMBOLER	
	Utvalgt område
	Planlagt utvidelse
	Planlagt utvidelse
	Planlagt utvidelse
	Planlagt utvidelse
	Utvalgt område

InterCity-prosjektet	
Åsfrøddalen Haug-Sauf	
Dimensjonering rapport	
Side:	3 av 24
Dok.nr.:	ICP-N-V-25042-Vedlegg 1
Rev.:	01A
Date:	24.05.2017
Prosjektleder: 2G Tegning: 02/1498 Prosjekt: V1-1 Tegning: 0	



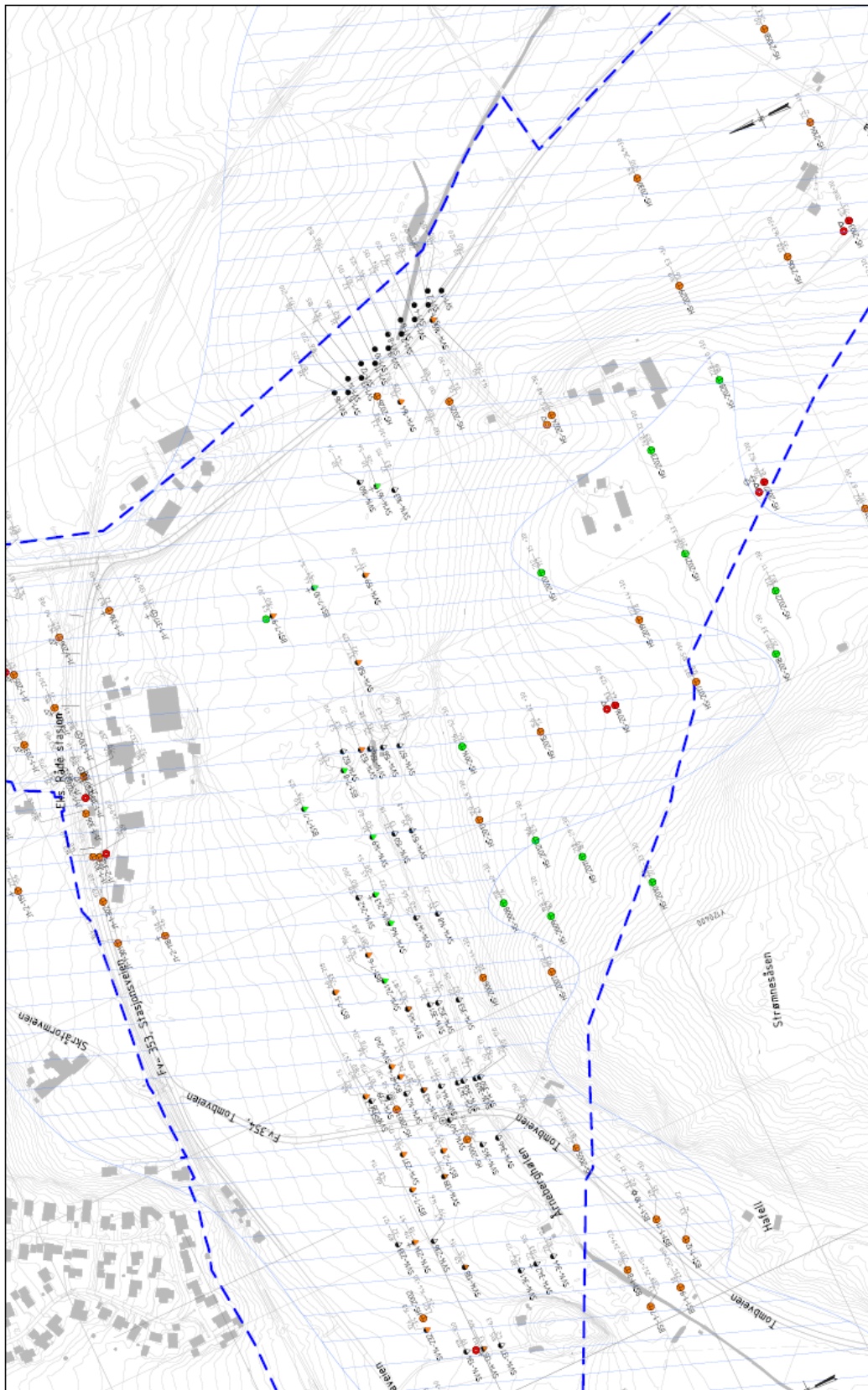
SYMBOLER

Planstadi
 Planstadi
 Planstadi
 Utvalgsområde
 Reguleringslinje

InterCity-prosjektet
 Bstfödanen Haug-Saulf
 Områdestabilitetsrapport
 Sida: 4 av 24
 Dok.nr.: ICP-N-V-25042-Vedlegg 1
 Rev.: 01A
 Dato: 26.05.2017

JERNBANE-EMNET
 IC, H-VUG-HALDEN
 Vedlegg 2: Rapport om stabilitet
 Rev.: 01A
 Dato: 07.11.98

Rev. nr.	Rev. dato	Rev. beskrivelse
01	07.11.98	V2-1
02		
03		
04		
05		
06		
07		
08		
09		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		



SYMBOLER

- ☉ Planlagt stasjon
- ☐ Eksisterende stasjon
- ⊕ Trafikk
- ⊖ Trafikk
- ⊕ Trafikk
- ⊖ Trafikk

◉ Høyeste punkt (over 20 m) ◉ Trafikkmåling
 ◉ Høyeste punkt (over 10 m) ◉ Trafikkmåling
 ◉ Høyeste punkt (over 5 m) ◉ Trafikkmåling
 ◉ Høyeste punkt (over 0 m) ◉ Trafikkmåling

- ▭ Område med stift grunnstabilitet
- Område med stift grunnstabilitet
- Område med stift grunnstabilitet
- Område med stift grunnstabilitet
- Område med stift grunnstabilitet

InterCity-prosjektet
8stiftdelplan Haug-Seaif
Områdestabilitet rapport

Side: 16 av 24
 Dokan: (P-14-V-25042-Verdlegg 1
 Rev.: 01A Høytidsplan 2017
 Dato: 24.05.2017

VEDLEGG 1
 Områdestabilitet rapport
 Høytidsplan 2017
 2017-10

2G

Proj. nr.	14/17	Rev.	01A
Dato	24.05.2017	Forfatter	TR-5000
Oppgave	InterCity-prosjektet	Rev.	01A
Oppgave	8stiftdelplan Haug-Seaif	Oppgave	16 av 24
Oppgave	Områdestabilitet rapport	Oppgave	(P-14-V-25042-Verdlegg 1
Oppgave	Jernbaneområdet	Oppgave	Høytidsplan 2017
Oppgave	IC-HAUG-HAUGEN	Oppgave	2017-10
Oppgave	JERNBANEOMRÅDET	Oppgave	0

