



# Nordby Maskin AS

## Bjørkåsen Nannestad

17210 Rapport nr. 2 rev02  
Vurdering av områdestabilitet



*Flyfoto over området [1]*

Prosjektnr: 17210	Dato: 31.03.20	Saksbehandler: <i>Kristin Helene</i>
Kundenr: 10228	Dato: 29.05.20	Kollegakontroll: <i>Kristin Helene</i>

Fylke:	Viken	Kommune:	Nannestad	Sted:	Bjørkemåsan
Adresse:	-	Gnr/bnr:	151/24 m.fl.		

Tiltakshaver: -  
Oppdragsgiver: Nordby Maskin AS v/ Karl Kristoffer Nordby  
Rapport: 17210 Rapport nr. 2 rev02 Vurdering av områdestabilitet  
Rapporttype: Geoteknisk rådgivning  
Stikkord: Områdestabilitet  
Euref UTM: Sone 32V – Ø612000, N6678800

Revisjon	Grunnlag	Dato
00	Original	20.05.2019
01	Oppdatering iht. NGIs dokument 20180619-01-tn rev2	24.03.2020
02	Oppdatering iht. NGIs dokument 20180619-01-tn rev3	31.03.2020

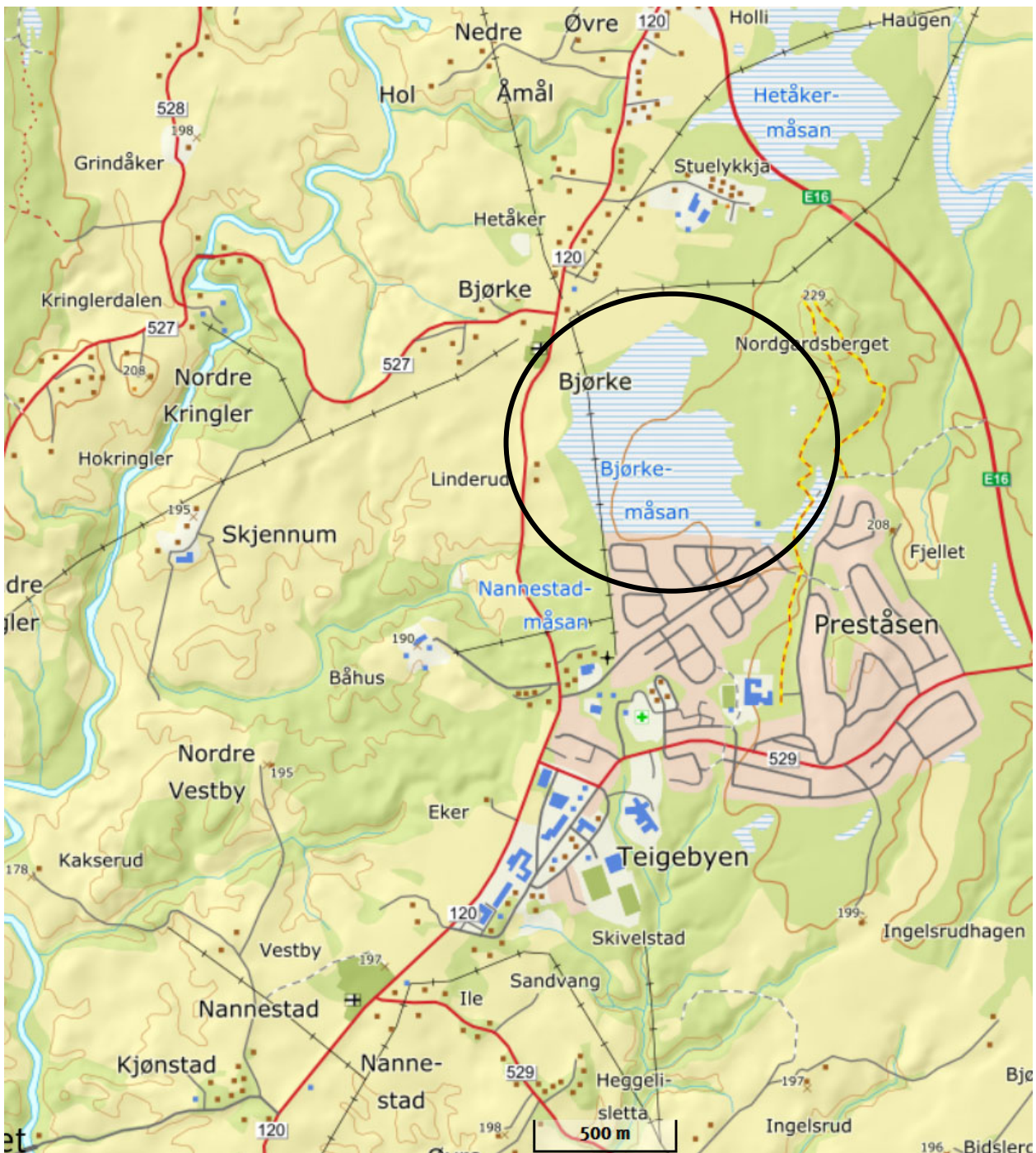
## Sammendrag

Nordby Maskin AS planlegger oppføring av nye boenheter på Bjørkåsen i Nannestad kommune. Det er påvist kvikkleire i området, og Løvlien Georåd AS har fått i oppdrag å vurdere stabilitetsforholdene, herunder risiko for områdeskred.

Reguleringsområdet ligger delvis innenfor en eksisterende faresone for områdeskred. Basert på supplerende grunnundersøkelser og vurderinger ang. mulig utbredelse, er det konkludert med at det ikke er risiko for områdeskred med utbredelse til reguleringsområdet, og geometrien av eksisterende faresone bør derfor reduseres.

Lokal stabilitet for reguleringsområdet er tilfredsstillende.

p



Figur 0-1-1 Oversiktskart [1]

## Oversiktskart

## Tegninger

	Tegn. nr.
Oversiktskart med terrengprofil M=1:5000	R02A01
Foreslått endring av faresone 536 Linderud	R02A02
Terrengprofil med vurdering av utbredelse til tiltaksområde	R02D01
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 1 fra CPTU	R02E01
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 2 fra CPTU	R02E02
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 3 fra CPTU	R02E03
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 4 fra CPTU	R02E04
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 7 fra CPTU	R02E05
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 9 fra CPTU	R02E06
Tolket udrenert skjærstyrke borpunkt 12 fra CPTU	R02E07
Profil A-A: Stabilitetsberegning	R02E08
Profil C-C: Stabilitetsberegning	R02E09
Faregradsevaluering	R02E10

## Vedlegg

Tolket lagdeling og mulige forekomster av sprøbruddleire i borpunkter  
Tolkning av treaksialforsøk

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	6
1.1	Bakgrunn.....	6
1.2	Tiltakskategori.....	6
2	Identifisering og avgrensning av faresonen.....	6
2.1	Plannivå.....	6
2.2	Marin grense.....	6
2.3	Marine avsetninger.....	6
2.4	Aktsomhetsområder.....	8
2.5	Resultater av grunnundersøkelsene.....	8
2.6	Avgrensning av løsneområder.....	8
2.7	Videre utredning av faresonen.....	8
2.8	Erosjon.....	9
2.9	Topografi/omgivelser.....	9
2.10	Poretrykksforhold.....	9
2.11	Faregradsevaluering.....	9
2.12	Utløpsområder.....	9
3	Sikkerhetskrav.....	10
3.1	Tiltak.....	10
4	Materialparametere.....	11
4.1	Udrenert skjærstyrke.....	11
4.2	Drenert skjærstyrke.....	13
5	Stabilitetsvurderinger.....	13
5.1	Lokalstabilitet.....	13
6	Konklusjon.....	13
7	Referanser.....	14

## 1 Innledning

### 1.1 Bakgrunn

Nordby Maskin AS planlegger oppføring av nye boenheter på Bjørkåsen i Nannestad kommune.

Det er påvist kvikkleire i området, og Løvlien Georåd AS har fått i oppdrag å vurdere stabilitetsforholdene, herunder risiko for områdeskred.

### 1.2 Tiltakskategori

Det planlegges småhusbebyggelse uten kjeller. Atkomstveg planlegges fra nord. All torv fjernes og erstattes med 0,5-1,0 meter grus. Hele utbyggingen vil bli kompensert/lett overkompensert. Enkelte bygg kan bli fundamentert på friksjonspeler.

## 2 Identifisering og avgrensning av faresonen

I det følgende vises til punkt 1-10 i veilederens kapittel 4.5.

### 2.1 Plannivå

Foreliggende rapport skal tilfredsstille krav til sikkerhet ved søknad om rammetillatelse.

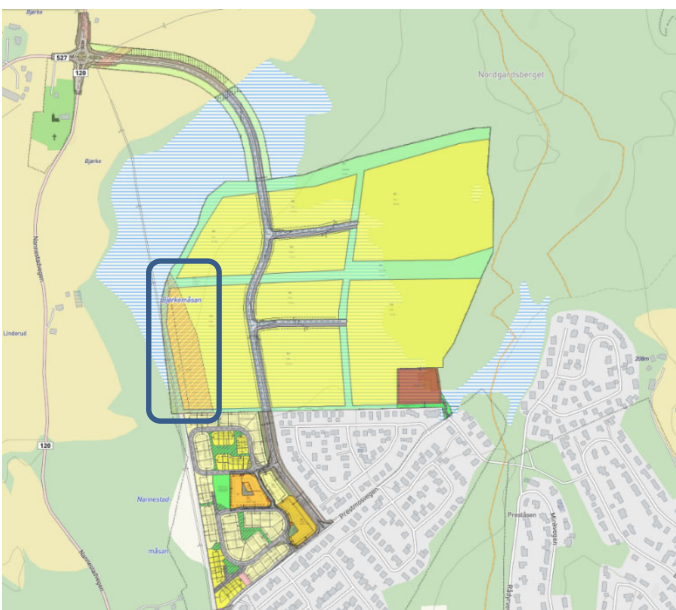
### 2.2 Marin grense

Hele området ligger under marin grense. Marin grense skimtes i nordøstre hjørne av Figur 2-2.

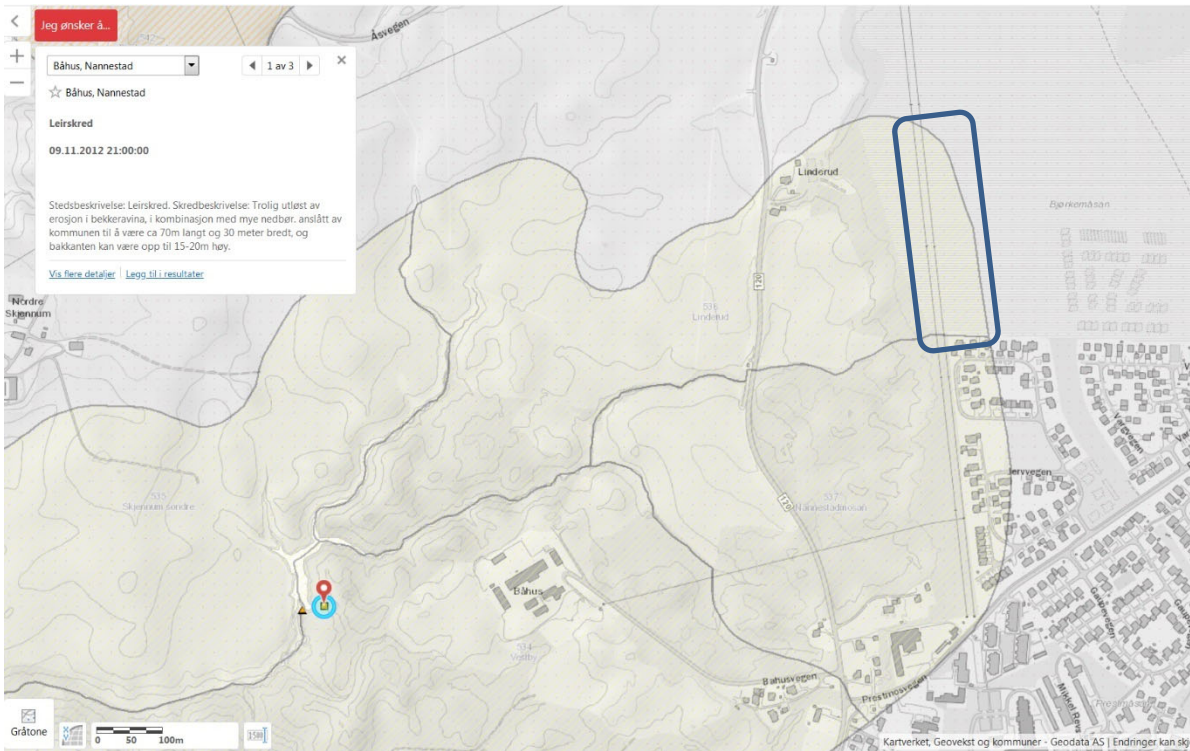
### 2.3 Marine avsetninger

Kvartærgeologisk løsmassekart ref. [2] og utførte undersøkelser viser at det er marine avsetninger på hele tiltaksområdet.

Sørvestre del av tiltaksområdet ligger innenfor en kartlagt faresone, 536 Linderud, med faregrad lav. Reguleringsområdet grenser også mot sonen 537 Nannestadmåsan i sør.



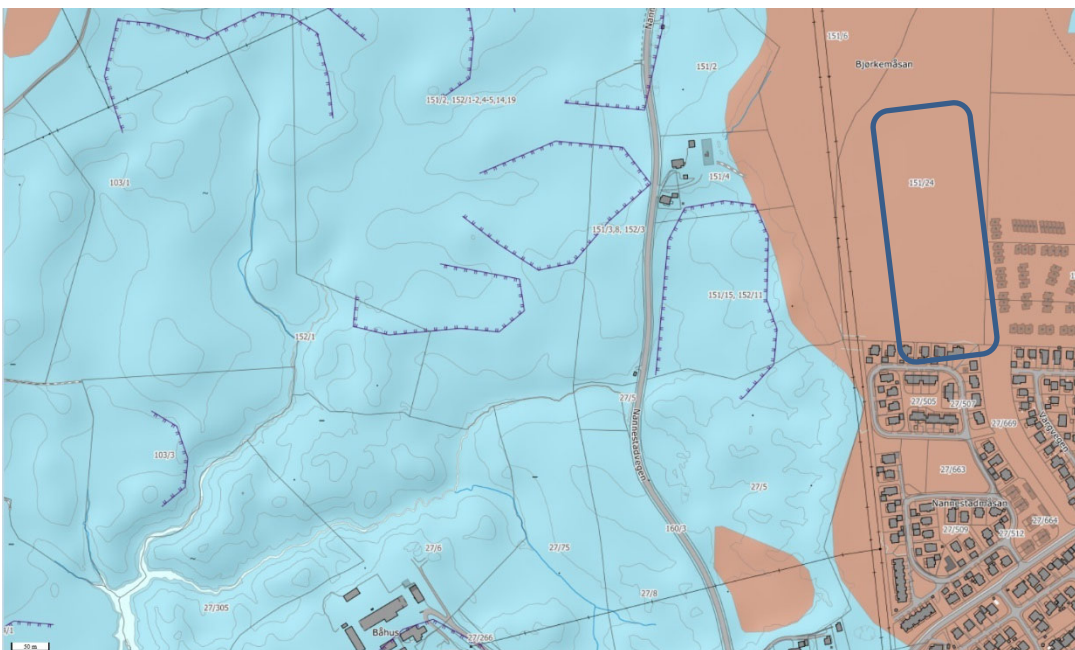
Figur 2-1 Reguleringskart med markert område innenfor kartlagt faresone



Figur 2-2 Kartutsnitt fra NVE-Atlas [9]

Det er ingen andre typer faresoner i området.

Det er registrert en skredhendelse fra 2012 i ravinesystemet på vestsiden av sonen, se markering på Figur 2-2. Skredet er vurdert trolig utløst ved erosjon i kombinasjon med mye nedbør. Skredet er ikke registrert som kvikkleireskred/områdeskred. Det finnes også en del gamle skredgroper i området, se Figur 2-3.



Figur 2-3 Kartutsnitt fra NGUs løsmassekart [2]

## 2.4 Aktsomhetsområder

Like vest for reguleringsområdet er terrenget brattere enn 1:15 og høydeforskjellen er mer enn 5 m. Potensiell utbredelse til reguleringsområdet fra et evt. initialscred utløst vest for reguleringsområdet må vurderes nærmere.

## 2.5 Resultater av grunnundersøkelsene

Løvlies Georåd har utført grunnundersøkelser for prosjektet. Resultatene er presentert i ref. [3].

Tolket lagdeling med registrert og/eller antatt forekomst av sprøbruddmateriale er vedlagt rapporten. Tolkningene er presentert på totalsonderingene i punktet, unntaksvis på utført CPTu der hvor det ikke foreligger totalsonderinger i samme borpunkt. Selv om tolkningene er presentert kun på en type sondering, så er tolkningene basert på en helhetlig vurdering av alle undersøkelsesmetoder (CPTu og prøver) i samme borpunkt. Resultat fra evt. prøvetaking vektlegges høyest, deretter resultat fra evt. CPTu og til slutt totalsonderingen.

Dybden til registrert eller antatt sprøbruddmateriale varierer, men sprøbruddleire ser ut til å ligge høyere jo lengre øst og nord man kommer. I borpunkt 5, 6 og 8 i øst ligger sprøbruddleira fra 4-8 m dybde. Langs vestsiden av reguleringsområdet, i borpunkt 1 og 3, ligger sprøbruddleira fra ca. 9-25 m dybde. Mtp. vurdering av soneavgrensning i vest tas det utgangspunkt i mulig sprøbruddleire fra ca. kote +189 oppe på reguleringsområdet, og fra ca. kote +165 midt i skråningen jf. tolkning i borpunkt 2. Dette vurderes som en forsiktig vurdering av sprøbruddleiras beliggenhet.

## 2.6 Avgrensning av løsneområder

Et evt. skred ved elva Leira kan ikke nå reguleringsområdet.  
Et initialscred øst for Rv120 kan heller ikke nå tiltaksområdet.

For terrenget like vest for reguleringsområdet nevnt i punkt 2.5, er det vurdert mulig utbredelse i snitt A-A og snitt C-C. I snitt A-A er det kun en mindre del av skråningen som har helning brattere enn 1:15, men denne delen av skråningen har høydeforskjell mindre enn 5 m. I snitt C-C er det funnet at et evt. skred ikke vil kunne nå ned i sprøbruddleire, jf. utbredelse iht. [4]. Det er da brukt lagdeling i snitt C-C mtp. at det er påvist sprøbruddleire på ca. 9 m dybde i borpunkt 3, selv om det er påvist minimum 26 m dybde til sprøbruddleire i borpunkt 1.

Grunnere forekomster av sprøbruddleire er vurdert å ligge såpass langt inne på det flate myrområdet, at de ikke er relevante med tanke på løsneområdets omfang.

Vurdering av mulig utbredelse av områdescred er presentert i R02D01.  
Foreslått endret geometri av eksisterende faresone basert på dette er vist i bilag R02A02. Resten av sonen beholdes slik den er i dag, da vi ikke har tilstrekkelig grunnlag for å vurdere ny sonegeometri vest for riksvegen.

## 2.7 Videre utredning av faresonen

Basert på mulig utbredelse som vurdert i avsnitt 2.6 er det tydelig at omfanget av eksisterende faresone 536 Linderud bør reduseres.

Det er gjort grunnundersøkelser for å få nok grunnlag til å kunne redusere omfanget av sonen i det aktuelle området.



Det er ikke tidligere utført vurderinger av utløpsområder ifm. faresonen. Dette er derfor gjort nå, se avsnitt 2.12.

## 2.8 Erosjon

Det er ikke bekker eller elveløp i nærheten som kan medfølge skred med utbredelse til reguleringsområdet via et initialskred utløst ved erosjon.

I ravinen i vestre del av faresonen gikk det i 2012 et leirskred nedenfor Båhus, sannsynlig årsak til skredet er vurdert å være erosjon i ravina. Fra befaring i ravina ifm. et annet prosjekt i 2014 vurderes det å være aktiv erosjon i ravina.

## 2.9 Topografi/omgivelser

Selve reguleringsområdet er i praksis flatt. Mot vest er det dyrket mark og vest for Rv120 er det ravinert terreng ned til Leira.

## 2.10 Poretrykksforhold

Det er installert flere poretrykksmålere på reguleringsområdet. I borpunkt 1 ble det installert to målere i forskjellige dybder for å undersøke poretrykksfordelingen som grunnlag for stabilitetsberegninger og faresoneevaluering. Poretrykket er her tilnærmet hydrostatisk mellom 5 og 12 m dybde.

Poretrykket ser videre ut til å øke svakt østover mot Bjørkåsen.

## 2.11 Faregradsevaluering

Faresonekartet viser faregrad lav for eksisterende sone.

På bakgrunn av foreslått flytting av sonegrensen i øst og resultat fra supplerende undersøkelser, er det utført en faregradsevaluering av sonen iht. [5]. Siden grunnforholdene lengst vest i sonen er ukjent, er det gjort forsiktige antagelser om grunnforholdene her. Se tegning R02E08 for faregradsevalueringen.

Det er beregnet høy faregrad for faresonen.

Sett i lys av at de fleste kriteriene vedr. faregrad kommer av forhold lengst vest i ravina og ikke nær revidert sonegrense, ville det være naturlig å tenke at faregraden ikke burde ha blitt påvirket av at sonegrensen endres. Vurdert faregrad ligger på grensen mellom middels og høy, men vi vurderer at sonen bør ha høy faregrad som en forsiktig vurdering.

## 2.12 Utløpsområder

Vurderinger angående omfang av utløpsområder gjøres iht. NVE-rapport 14/2016 [4].

For vestre del av faresonen er ikke grunnforholdene kjent i detalj, og det antas derfor konservativt at det ligger kvikkleire rett under et tørrskorpelag på ca. 1-2 m tykkelse i områdene vest/sørvest i sonen.

Retrogressive skred opptrer når mektighet av sprøbruddmaterialer er mer enn 40% over kritisk glideflate.

Det medregnes at skredtypen vil være retrogressiv ved et skred i ravinen vest/sørvest for fylkesveien, med utløpt i ravinen/kanalisert terreng. Det tilsier et utløpsområde med utbredelse på ca. 3 x løsneområdet.

For områdene lengre øst i sonen mener vi at evt. sprøbruddleire ligger såpass dypt at retrogressive skred ikke kan forekomme. Dette er en skjønnsmessig vurdering basert på grunnforhold i borpunkt 2, samt at terrenget øst i faresonen har mindre høydeforskjeller enn i vest slik at bunnen av de aktuelle skråningene ligger relativt høy og med god margin til registrert kote for sprøbrudd i borpunkt 2. Siden det ikke er utført grunnundersøkelser vest for fylkesveien, påregnes det at det kan ligge kvikkleire noe høyere enn kotenivå i borpunkt 2, men det vurderes likevel som usannsynlig at evt. sprøbruddleire kan ligge høyt nok til at retrogressive skred kan forekomme. Utløpsområde vurderes dermed å få utstrekning på 0,5 x løsneområdet, jf. [4], for områdene øst i faresonen.

Det er funnet at det største skredet som kan skje i vest vil kunne utgjøre ca. 600.000 m<sup>3</sup> skredmasse, løsneområdets lengde vil kunne bli opp mot ca. 360 m. Videre er det funnet at ravinens lengde er kortere enn 3x løsneområdet. Skredmassene vil måtte renne gjennom en relativt skarp sving, samt at terrenget stiger i vestre ende av ravina – begge deler vil være med på å bremse skredmassene. I tillegg finnes det flere sidearmer i ravina som skredmassene også vil fordeles ut i. Ravinas lengde fra det største skredet løsnepunkt er ca. 820 m, dvs. ca. 75% av det som ville tilsi 3 x løsneområdets lengde. Om man inkluderer lengden av sidearmene, oppnår man ca. 90% av den teoretiske lengden. Ut fra dette vurderes det at skredmassene trolig vil fylle det meste av ravina, men at den også vil være en naturlig avgrensning for utløpsområde. Det vurderes at det kan renne noe skredmasse over veien og ut i mer åpent landskap mellom ravinens ende og elva Leira, men at dette trolig vil være en begrenset mengde.

Med bakgrunn i volumbetraktninger for løsneområder vs. utløpsområder og skjønnsmessig vurdering av utstrekning som skissert ovenfor, er det gjort vurderinger ang. utløpsområde for faresonen. Utstrekning av utløpsområdet er skissert i tegning R02A02.

### 3 Sikkerhetskrav

#### 3.1 Tiltak

Iht. [6] plasseres tiltaket i tiltakskategori K4, da det anses å medføre større tilflytting/personopphold sammenlignet med dagens situasjon.

Følgende krav til sikkerhet mot leirskred er gjeldende for tiltakskategori K4 og faregrad *høy* iht. [6];

- Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet  $F \geq 1,4$  eller
- Vesentlig forbedring hvis  $F < 1,4$
- Kvalitetssikring av uavhengig foretak (kontrollomfang er angitt i [6])

Det står spesielt i [6] at for tiltakskategori K4, skal hele sonen utredes. Hva som ligger i dette i forbindelse med å revurdere en allerede eksisterende sone sier kvikkleireveilederen lite om.

Med de supplerende undersøkelsene som er gjort, finnes det nå bedre grunnlag for å vurdere sonegeometrien øst for riksvegen. Undersøkelsene gir imidlertid ikke grunnlag for endring av sonegeometrien vest for riksvegen. Siden grunnlaget for å vurdere eksisterende sonegeometri vest for riksvegen er uendret sammenlignet med da faresonen ble etablert, vurderer vi det til at

geometrien på sonen vest for riksvegen bør beholdes slik den er i dag, frem til den dagen det evt. gjøres flere undersøkelser lenger vest som evt. avdekker andre forhold enn det som er forutsatt i den opprinnelige soneutredningen. Vi mener også at supplerende undersøkelser vest for riksvegen ikke bør tillegges dette prosjektet.

Foreslått endret geometri av eksisterende faresone er vist i bilag R02A02.

Siden reguleringsområdet egentlig ikke ligger i et område med risiko for kvikkleireskred, er ikke krav til materialfaktor lenger styrt av ref. [6]. Våre vurderinger ang. områdestabiliteten må likevel kontrolleres av uavhengig foretak.

Eventuelle skjærflater som i hovedsak går gjennom reguleringsområdet vurderes generelt som lokalstabilitet og skal oppfylle stabilitetskrav i henhold til NS-EN-1997-1-1 tabell NA.A.4:

- $F \geq 1,40$  for totalspenningsanalyser
- $F \geq 1,25$  for effektivspenningsanalyser

## 4 Materialparametere

### 4.1 Udrenert skjærstyrke

Det er utført 9 trykksonderinger som gir følgende anvendelsesklasser basert på NGF melding 5:

Punkt	Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	1	1	2
6	1	1	1
7	1	1	1
9	1	1	1
12	1	1	1
14	1	1	2

Kvaliteten på utførte treaksialforsøk vurderes ut fra klassifisering iht. [7]:

Punkt	Dybde	Utpresset porevann [cm <sup>3</sup> ]	Utpresset porevann [volum %]	Klassifisering
1	5,5	6,1	2,7	Akseptabelt forsøk
2	10,4	6,7	2,9	Akseptabelt forsøk
3	9,5	6,4	2,8	Akseptabelt forsøk
3	11,4	21,4	9,3	Dårlig forsøk

Målt udrenert skjærstyrke fra treaksialforsøkene bekrefter at prøvene har vært noe forstyrret, ved at tolket skjærstyrke ligger så vidt høyere enn skjærstyrke fra utførte enaksforsøk og generelt lavere enn skjærstyrken fra konusforsøkene i samme prøvesylinder. Forhøyede enkeltverdier i konusforsøk kan skyldes siltlag/-lommer eller sandkorn, men konusverdiene i sylindrene er relativt samlet og viser generelt vesentlig høyere verdier enn enaksialforsøkene i samme prøvesylinder. Unntaksvis ligger utført treaksialforsøk i borpunkt 2 vesentlig høyere enn rutineforsøkene i lab, og korrelerer godt med tolket CPTU-data.

Tolkning av relevante CPTU-sonderinger er vist på bilag R02E01-R02E07. Designlinjer for udrenert skjærstyrke er valgt med bakgrunn i både sonderingene og laboratorieundersøkelsene på følgende måte i prioritert rekkefølge:

1. CPTU-sonderinger anvendelsesklasse 1
2. Treaksialforsøk med akseptabel kvalitet iht. ovenstående. Dårlige forsøk sees bort i fra.
3. Klassifiseringsforsøk (enaks og konus)

Det er en del usikkerheter rundt valgte designprofil for den udrenerte skjærstyrken, pga. dårlig korrelasjon mellom rutineforsøk, treaksialforsøk og CPTU-data. Valgte styrkeprofil gir en direkte udrenert skjærstyrke på samme nivå eller vesentlig lavere enn rutineforsøkene på lab, og vurderes derfor likevel som en forsiktig tolkning.

Det er ikke benyttet SHANSEP-teori, da det ikke har vært behov for det. Det er utført trykksonderinger i de ulike terrengnivåene som er relevante, og det er dermed ikke behov for å lage korrelasjoner for styrkeparametere ved høyere eller lavere terrengnivå.

#### *Tolkning av CPTU-sondering*

Aktiv udrenert skjærstyrke,  $s_u^A$ , tolket fra CPTU-sonderinger er basert på korrelasjoner for norske leirer som er utarbeidet av Karlsrud m.fl. [8]. Korrelasjonsfaktorene  $N_{kt}$  og  $N_{\Delta u}$  er gitt som funksjon av sensitivitet ( $S_t$ ), plastisitetsindeks ( $I_p$ ) og grad av overkonsolidering (OCR). Verdier for sensitivitet og plastisitetsindeks fastsettes på bakgrunn av målinger fra laboratorieforsøk eller forsiktige antakelser. OCR-profil som inngår i korrelasjonsfaktorene velges på bakgrunn av følgende i prioritert rekkefølge:

1. Ødometerforsøk
2. OCR-profil beregnet ut fra antatt opprinnelig terrengnivå for de marine avsetningene
3. Beregnet OCR-profil basert på CPTU-sondering ( $Q_t$ ,  $B_q$  og  $u$ )  
(beregnet etter prosedyrer foreslått av Karlsrud m.fl. [8])

Ved etablering av OCR-profil basert på opprinnelig terrengnivå, er det lagt til grunn at tidligere terreng lå på ca. kote +203. Det er omtrent samme kote som kvartærgeologisk løsmassekart viser skille mellom havavsetninger og morene eller bart fjell/tynt løsmassedekke.

#### *Anisotropi (ADP-forhold)*

Udrenert styrke i leire er avhengig av retning for skjærdeformasjon, sett i forhold til retningen av in situ hovedspenning. Dette betyr at leiren har ulik styrke avhengig av retningen av skjærbevegelsen, altså anisotropisk styrkeforhold (ADP). Forholdet mellom aktiv, direkte, og passiv skjærstyrke velges på bakgrunn av NIFS-rapport: «*En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*», ref. [9]. I rapporten er det anbefalt å velge anisotropiforhold på bakgrunn av målt plastisitetsindeks ( $I_p$ ) som vist i tabell 4.1.

*Tabell 4.1 Anbefalt relasjon mellom  $I_p$  og ADP-faktorer, ref. [9]*

$I_p$ (%)	$s_u^D / s_u^A$ (-)	$s_u^P / s_u^A$ (-)
$I_p \leq 10$ %	0,63	0,35
$I_p > 10$ %	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

I prosjektet er det målt  $I_p$  på ca. 11-12% i leira. Leire med høyre siltinnhold vil ha lavere  $I_p$ . Forskjeller i ADP-faktor for en leire med  $I_p \leq 10\%$  vs. en leire med  $I_p = 12\%$  er minimal. det er

derfor valgt å legge til grunn  $I_p < 10\%$  i leira som et gjennomsnitt, som gir følgende anisotropiforhold:

- $s_u^D / s_u^A = 0,63$
- $s_u^P / s_u^A = 0,35$

Planlagte tiltak i reguleringsområdet vil kun gi små spenningsendringer i leira. Torva fjernes og det vil bli tilbakefylt med friksjonsmasser til et nivå som gir tilnærmet samme belastning på leira som tidligere. Bygningslastene på planlagt bebyggelse er lave, da det skal bygges lette trehus. Vi vurderer det til at evt. spenningsendringer som følge av tiltaket vil bli så små at evt. effekt på skjærstyrken i leira kan neglisjeres.

#### 4.2 Drenert skjærstyrke

Ut fra utførte treaksialforsøk anslås følgende parametere:

Leire uten sprøbruddegenskaper	$\phi' = 28^\circ$	og	$a = 10$ kPa
Leire med sprøbruddegenskaper*:	$\phi' = 26^\circ$	og	$a = 0$ kPa

Utførte treaksialforsøk bærer preg av noe prøveforstyrrelse, men det er vurdert at prøveforstyrrelse evt. vil føre til reduserte styrkeparametere ved tolkning av resultatet, og gi et forsiktig grunnlag for stabilitetsberegninger.

Ellers benyttes følgende erfaringsverdier iht. Figur 2.39 i [7] i stabilitetsberegninger:

Tørreskorpeleire med evt. sandlag:	$\phi' = 30^\circ$	og	$a = 0$ kPa
Sand:	$\phi' = 34^\circ$	og	$a = 0$ kPa

Etter skjønn har vi også valgt følgende parametere:

Torv:	$\phi' = 20^\circ$	og	$a = 0$ kPa
-------	--------------------	----	-------------

Parameterne for torv er høyst usikre, men torva består av kun tynne lag i toppen av skråningen, og valg av styrkeparametere har minimal betydning i stabilitetsberegningene.

## 5 Stabilitetsvurderinger

### 5.1 Lokalstabilitet

Vi har benyttet Geosuite Stability som beregningsverktøy.

Det er utført stabilitetsberegninger i to profil som viser tilfredsstillende sikkerhet, jf, bilag R02E08 og R02E09.

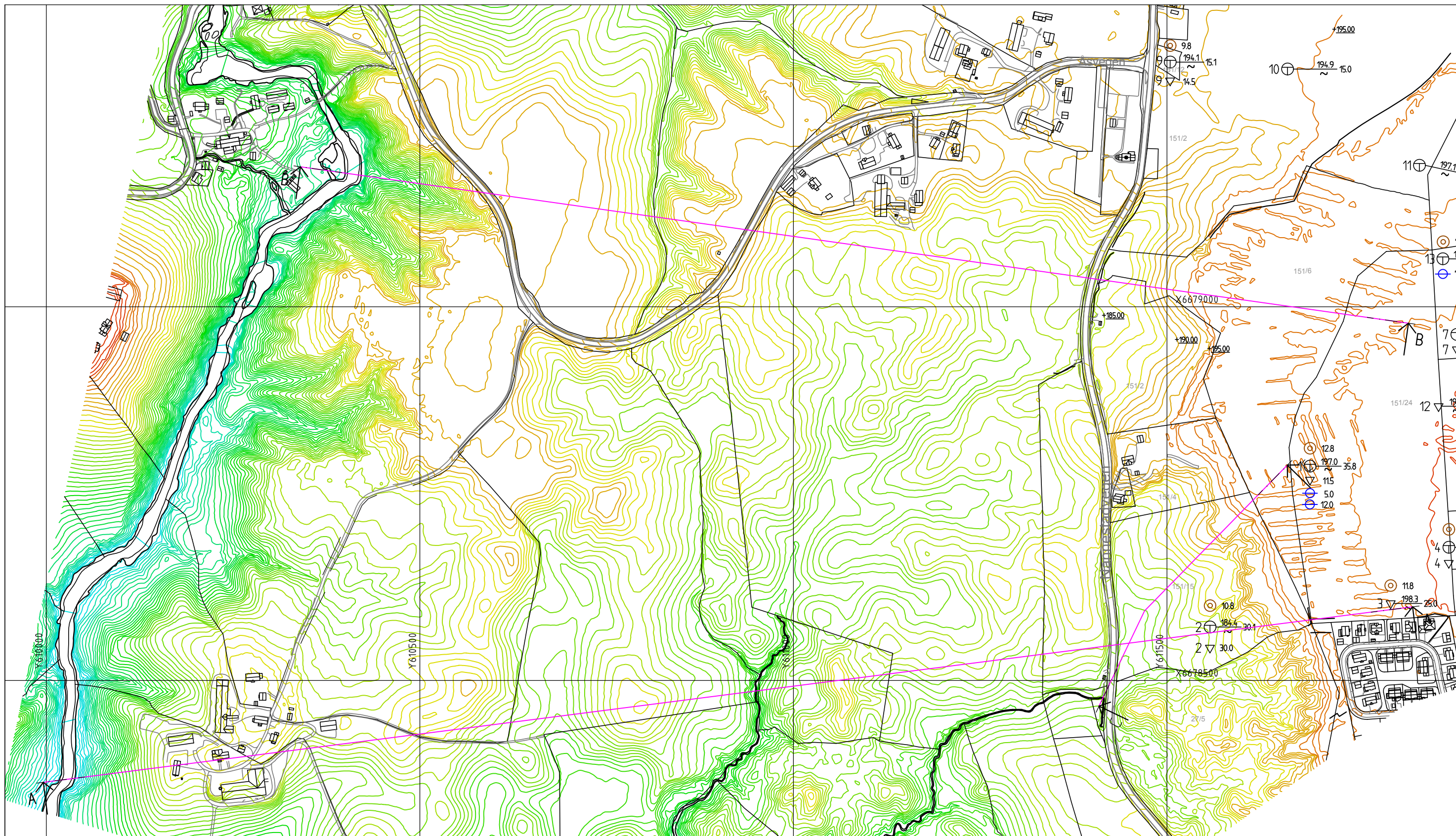
Årstidsvariasjoner i grunnvannstand vil påvirke effektivspenningsanalysene, men marginene er så store at dette ikke kan endre konklusjonen.

## 6 Konklusjon

Det forventes behov for geoteknisk bistand ifm. detaljprosjektering for de kommende byggeprosjektene i reguleringsområdet.

## 7 Referanser

- [1] Kartverket, Geovekst og kommuner, «Norgeskart,» [Internett]. Available: <http://kart.statkart.no/adaptive2/default.aspx?gui=1&lang=2>.
- [2] Norges Geologiske Undersøkelser (NGU), «Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>.
- [3] Løvlien Georåd AS, «17210 Rapport nr. 1 rev.04,» 2019.
- [4] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Rapport nr. 14-2016 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016.
- [5] Norges Geotekniske Institutt (NGI), «Program for økt sikkerhet mot leirskred - metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» Rev. 3 i 2008.
- [6] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr. 7-2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred,» 2011.
- [7] Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 2014.
- [8] K. Karlsrud, T. Lunne, D. A. Kort og S. Strandvik, «CPTU correlations for clays,» *International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 16. Osaka*, pp. 693-702, 2005.
- [9] Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire, «Rapport 14-2014 En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [10] NVE, «NVE Atlas,» [Internett].



**MERKNADER:**

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

-

**BESTEMMELSER:**

-

**FORKLARINGER:**

-

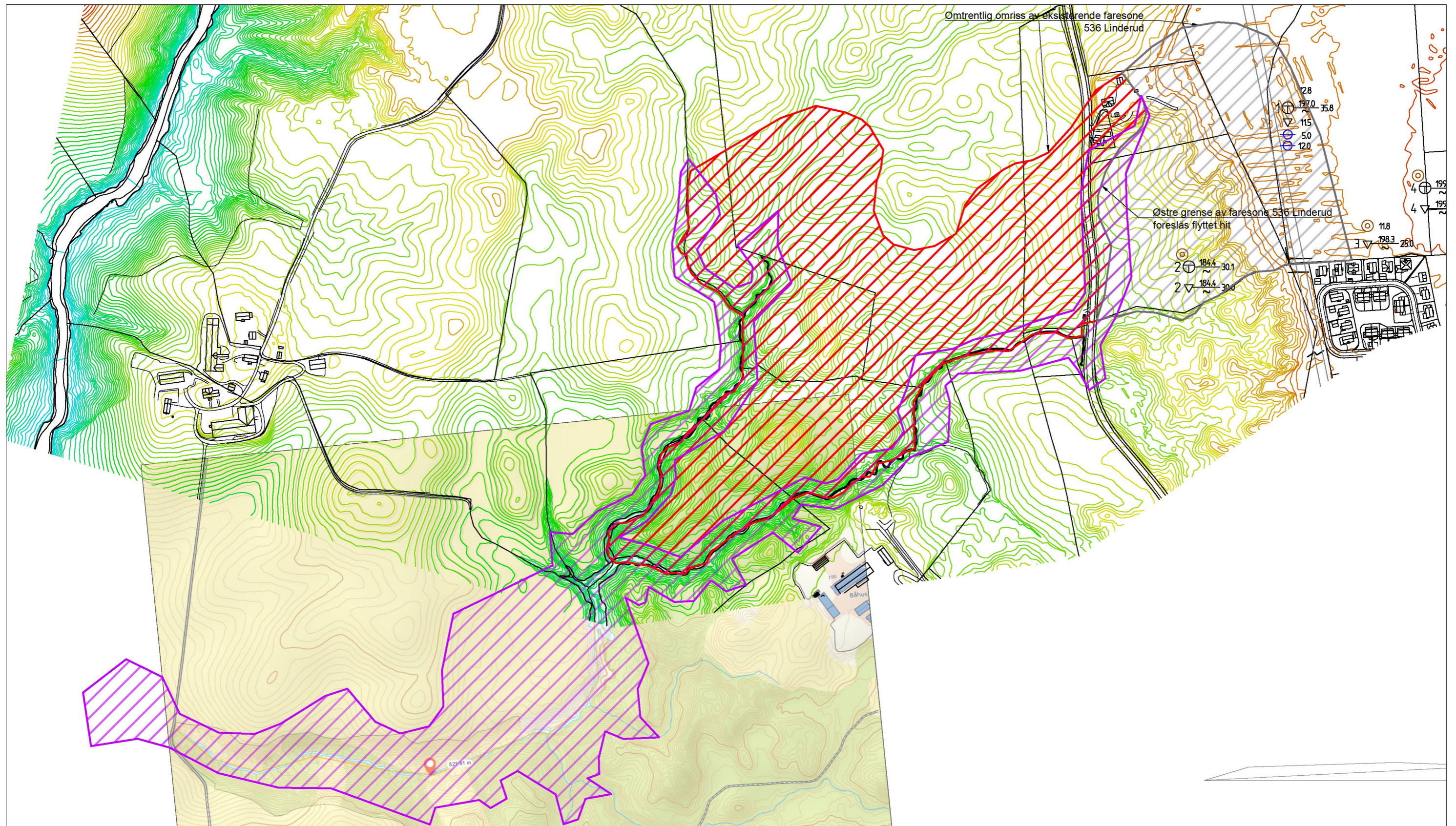
**HENVISNINGER:**

-



Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

00	Original	15.05.19	RMV	PL
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
-	Tiltakshaver		Tegning nr. R02A01	
-	Oppdragsgiver Nordby Maskin AS		Prosjekt nr. 17210	
-	Prosjekt Bjørkemåsan, Nannestad		Format / Målestokk A3/1:5000	
-	Tegningsstittel Oversiktskart m/ profiler		Status -	



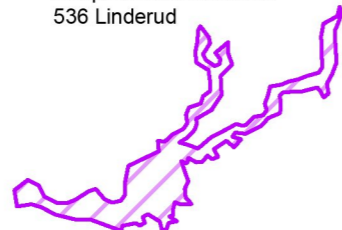
**MERKNADER:**

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

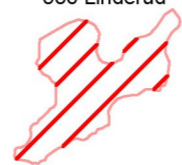
**FORKLARINGER:**

- PKT.NR. TOTALSONDERING TERRENGNIVA BERGNIVA BORDYBDE+BORET I BERG
- CPTU
- PRØVESERIE

Utløpsområde faresone  
536 Linderud



Revidert faresone  
536 Linderud



Areal for dagens sone  
536 Linderud som utgår

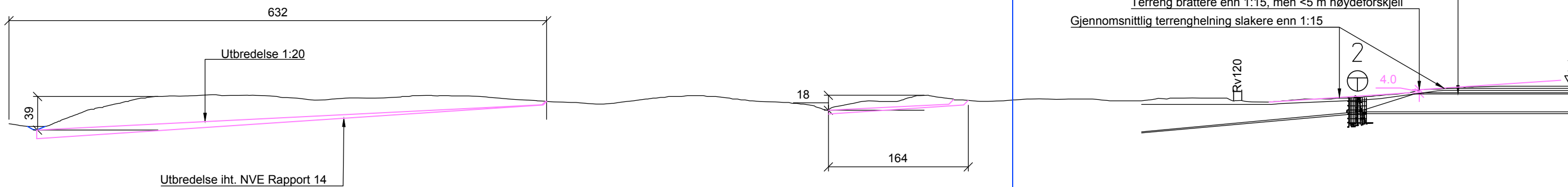


Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

01	Ny faregrad og utløpsområde	24.03.20	RMV	PL
00	Original	15.05.19	RMV	PL
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			R02A02	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Nordby Maskin AS			17210	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Bjørkemåsan, Nannestad			A3/1:5000	
Tegningstittel			Status	
Foreslått endring av faresone 536 Linderud			-	

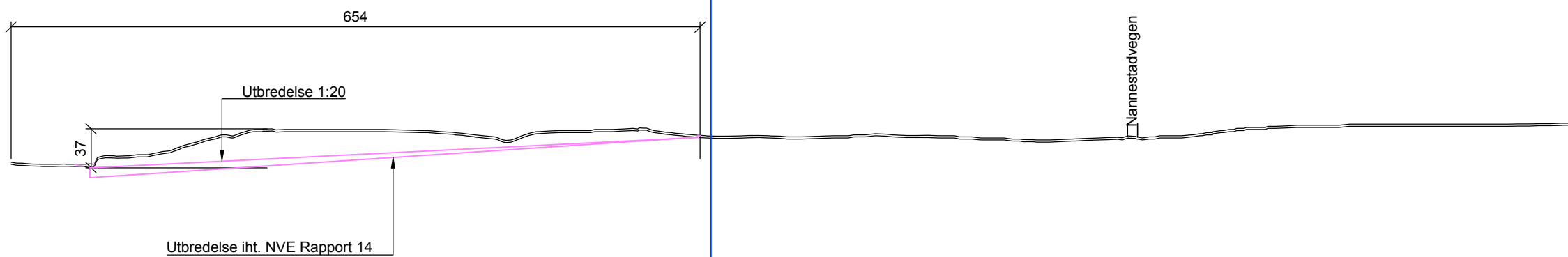


Profil A:

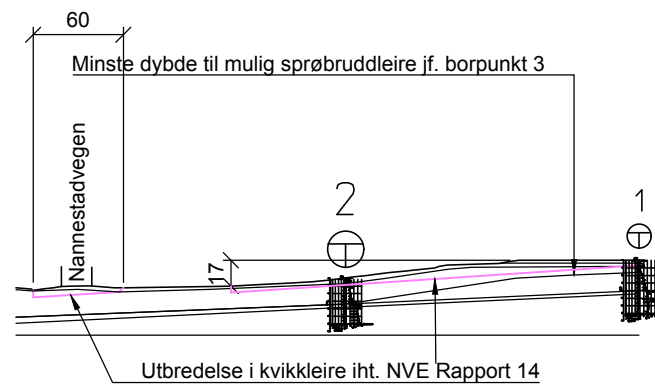


Stabilitetsberegninger ikke relevant for prosjektet

Profil B:



Profil C:



Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

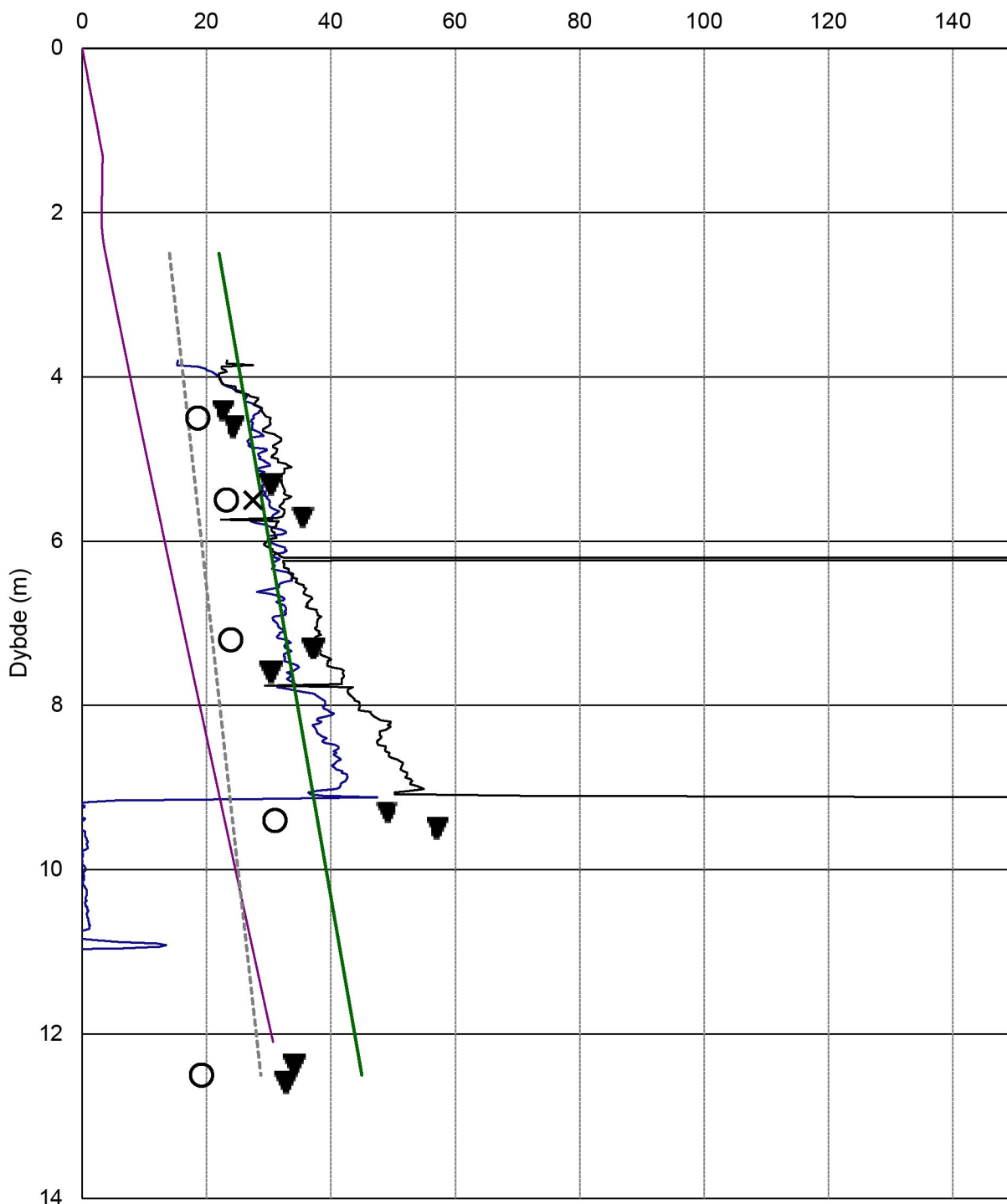
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
01	Revidert lagdeling i profil C	20.03.20	RMV	PL
00	Original	15.05.19	RMV	PL

Tiltakshaver	Tegning nr.
-	R02D01
Oppdragsgiver	Prosjekt nr.
Nordby Maskin AS	17210
Prosjekt	Format / Målestokk
Bjørkemåsan, Nannestad	A3/1:5000
Tegningstittel	Status
Profilen med potensiell utbredelse områdeskred	-

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- $s_u, N\Delta u$
- - -  $s_u, A, NC$
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - -  $s_u, Nke$
- $s_u, Nkt$
- - -  $s_u, A, NC$
- Valgt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks

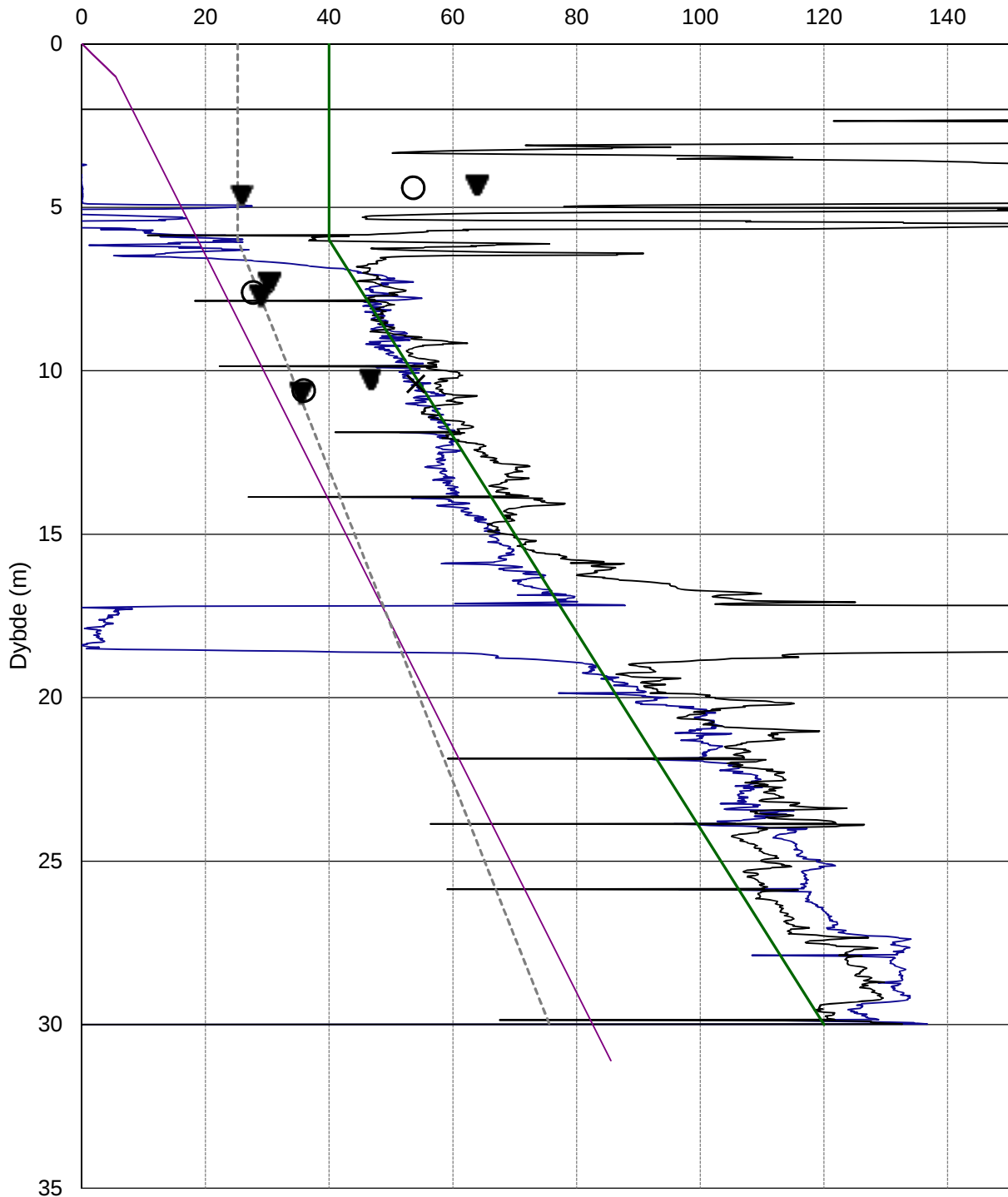


**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E01
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 13.03.19	Borpunkt 1
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- su,NΔu
- - - suASHansep: OCR tidligere terreng
- suA,NC
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - - su,Nke
- su,Nkt
- - - suASHansep: OCR trend
- Anbefalt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks

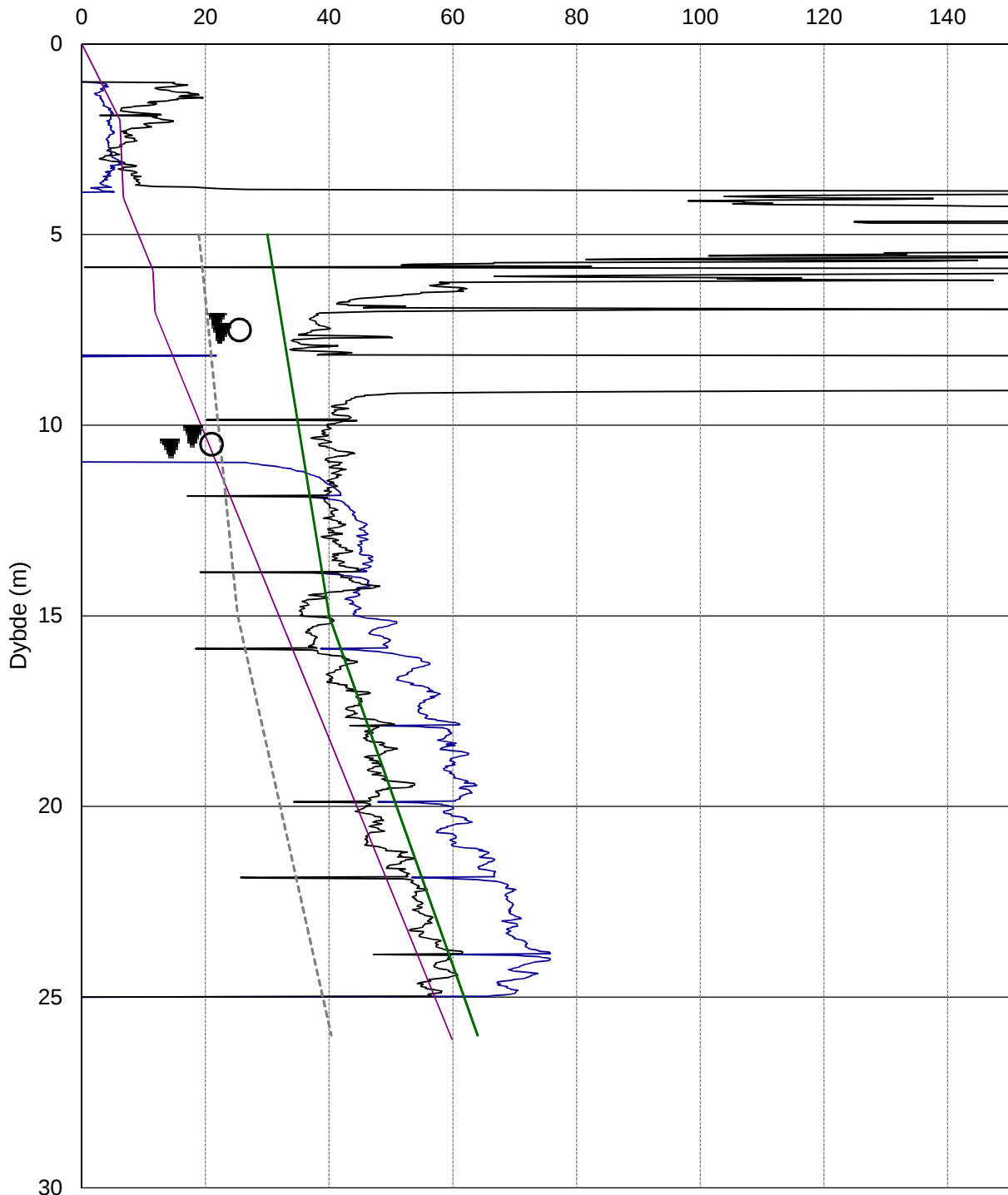


**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E02
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 21.03.18	Borpunkt 2
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL

# Udreneret skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- $s_u, N\Delta u$
- - -  $s_u$ Ashansep: OCR tidligere terreng
- $s_u A, NC$
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - -  $s_u, Nke$
- $s_u, Nkt$
- - -  $s_u$ Ashansep: OCR trend
- Anbefalt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks

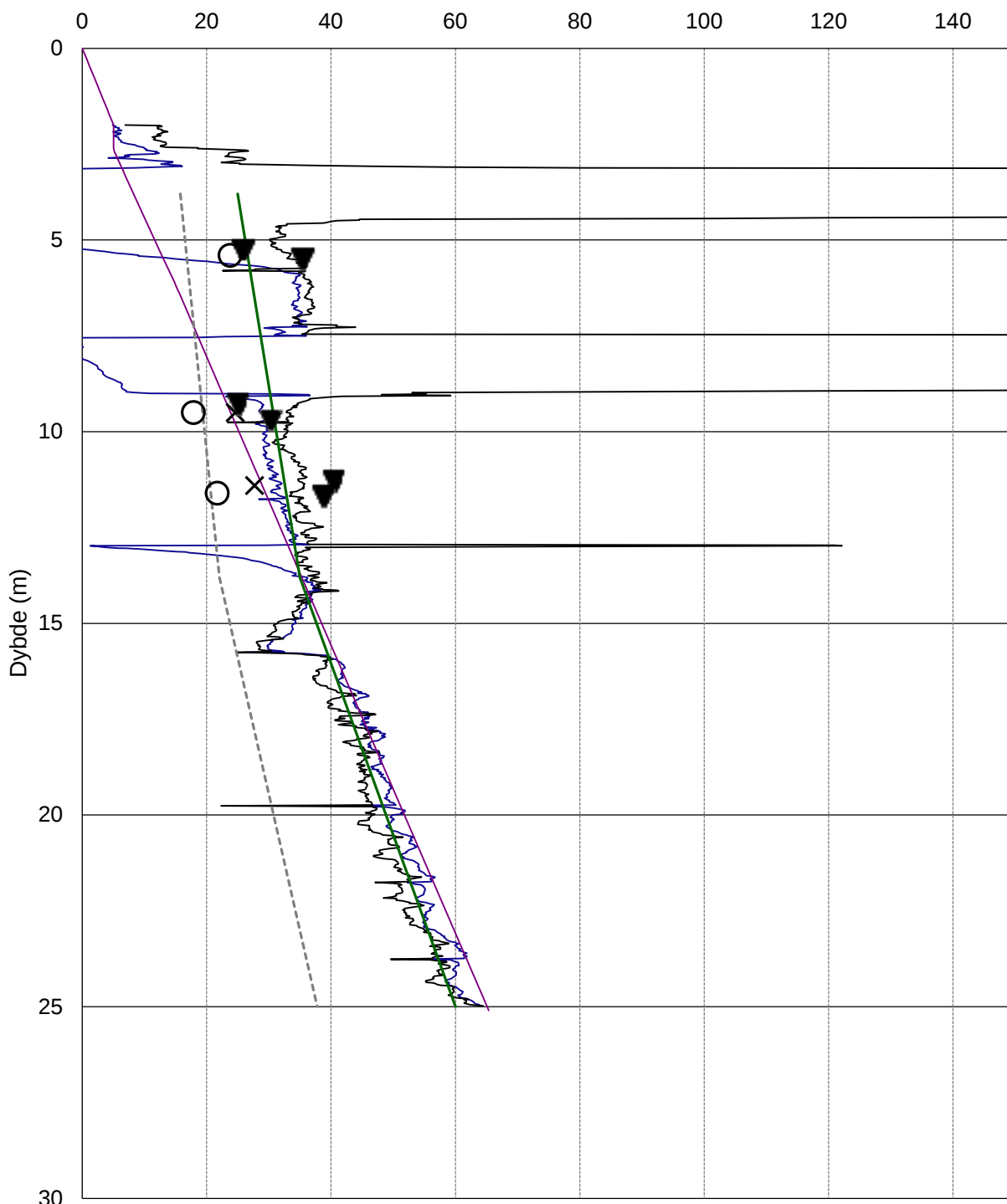


**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E04
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 15.03.18	Borpunkt 4
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- $s_u, N\Delta u$
- - -  $s_u$ Ashansep: OCR tidligere terreng
- $s_u$ A,NC
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - -  $s_u, Nke$
- $s_u, Nkt$
- - -  $s_u$ Ashansep: OCR trend
- Valgt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks

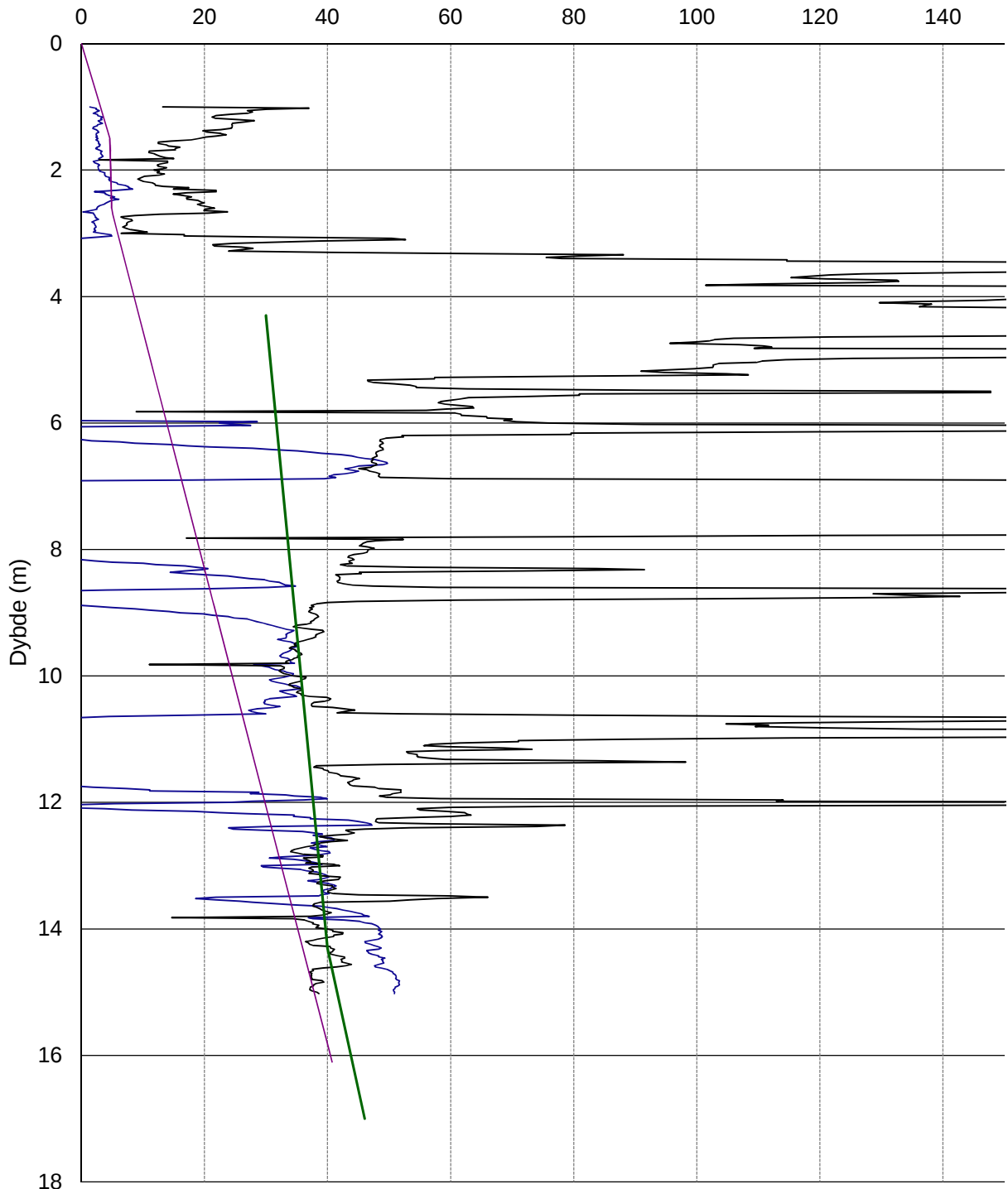


**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E03
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 18.03.19	Borpunkt 3
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- su,NΔu
- - - suAshansep: OCR tidligere terreng
- suA,NC
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - - su,Nke
- su,Nkt
- - - suAshansep: OCR trend
- Anbefalt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks

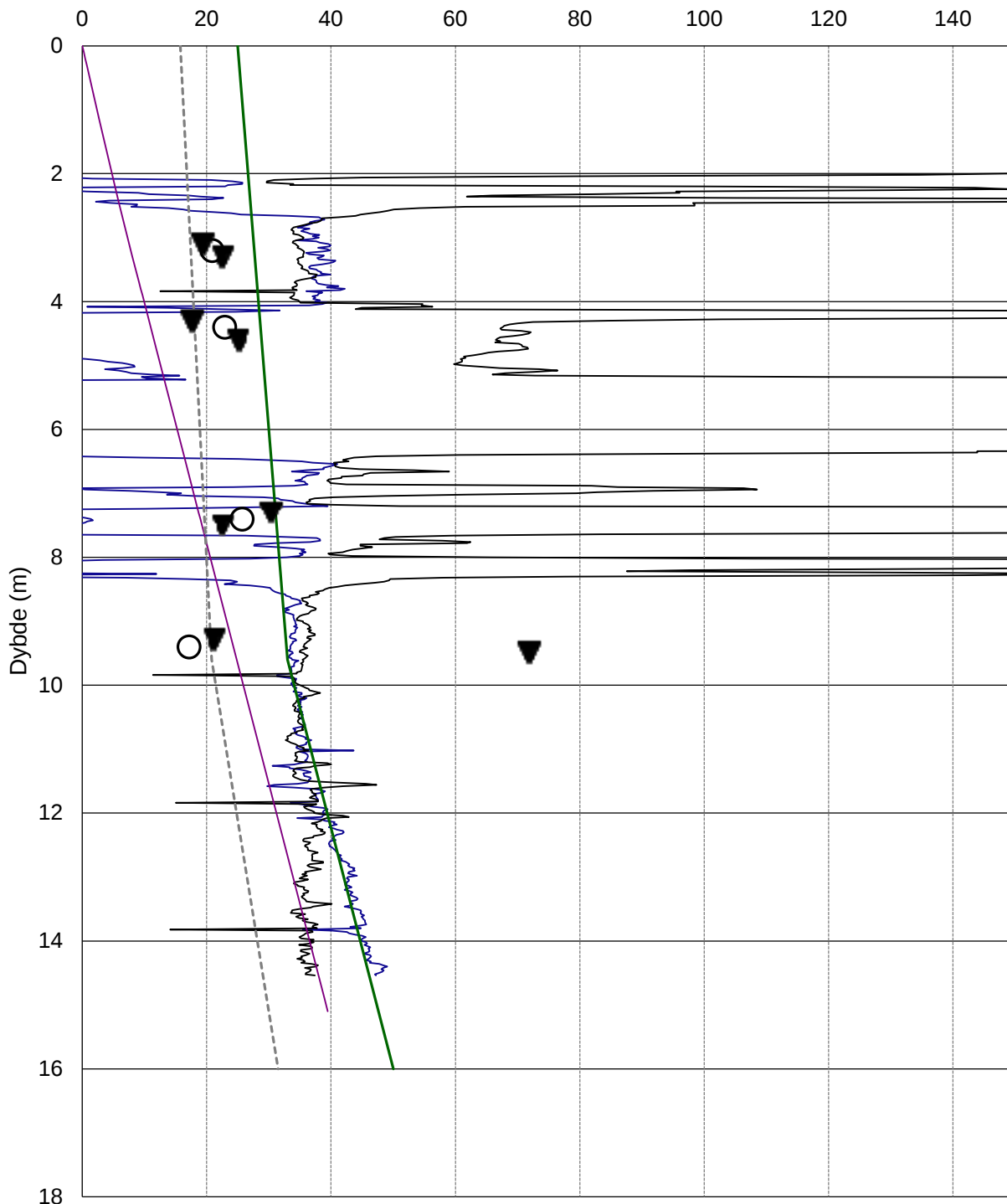


**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E05
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 19.03.18	Borpunkt 7
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- $s_{u,N\Delta u}$
- - -  $s_{u,Ashansep}$ : OCR tidligere terreng
- $s_{u,A,NC}$
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - -  $s_{u,Nke}$
- $s_{u,Nkt}$
- - -  $s_{u,Ashansep}$ : OCR trend
- Valgt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks

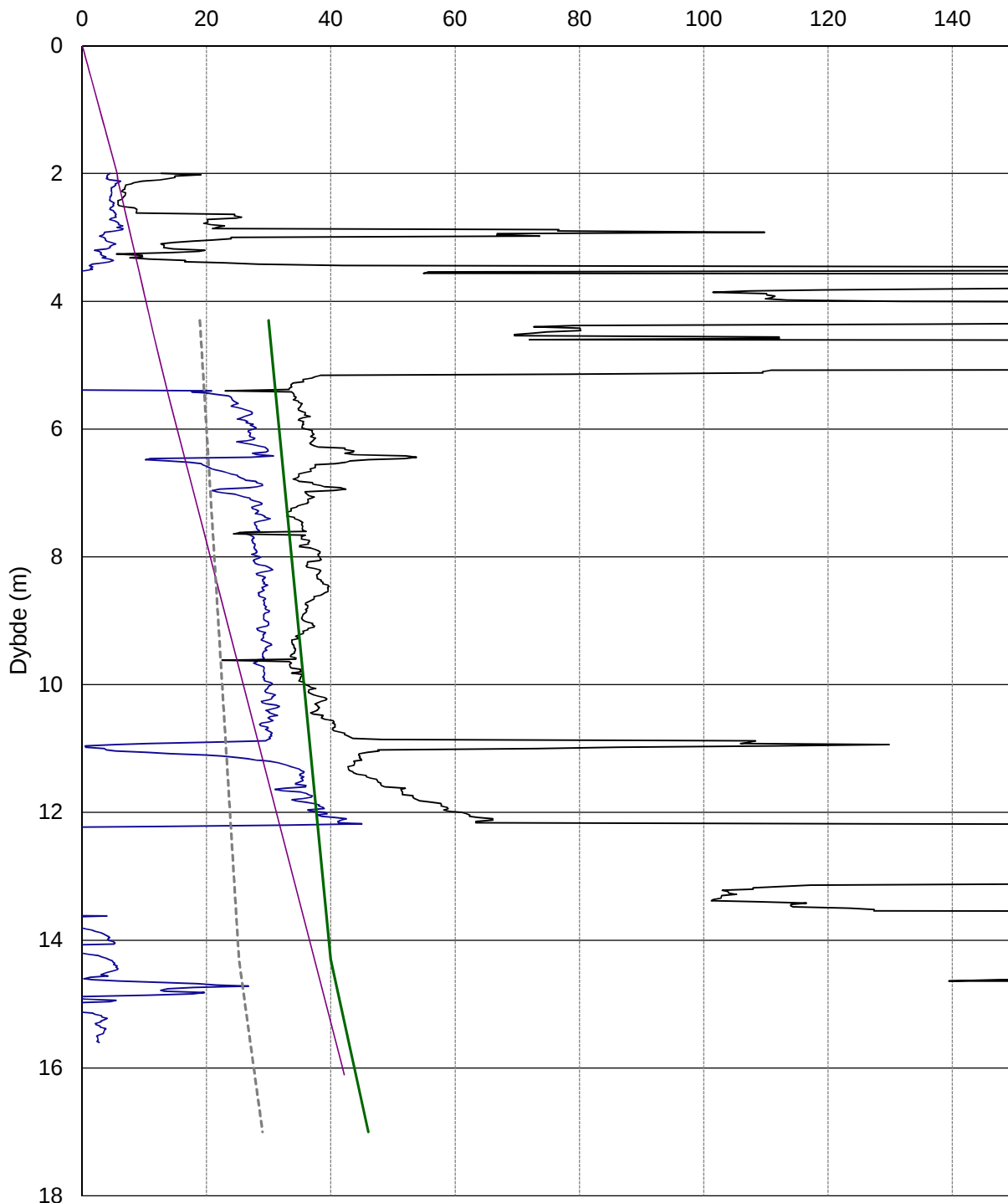


**LØVLIEN GEORÅD**  
 Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
 www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E06
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 21.11.18	Borpunkt 9
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL

# Udrenert skjærstyrke

$s_u$  (kPa)



- $s_u, N\Delta u$
- - -  $s_u$ Ashansep: OCR tidligere terreng
- $s_u A, NC$
- - - Direkte skjærstyrkeprofil
- ▼ Målt fra konus
- - -  $s_u, Nke$
- $s_u, Nkt$
- - -  $s_u$ Ashansep: OCR trend
- Valgt aktivt skjærstyrkeprofil
- × Målt fra treaks
- Målt fra enaks



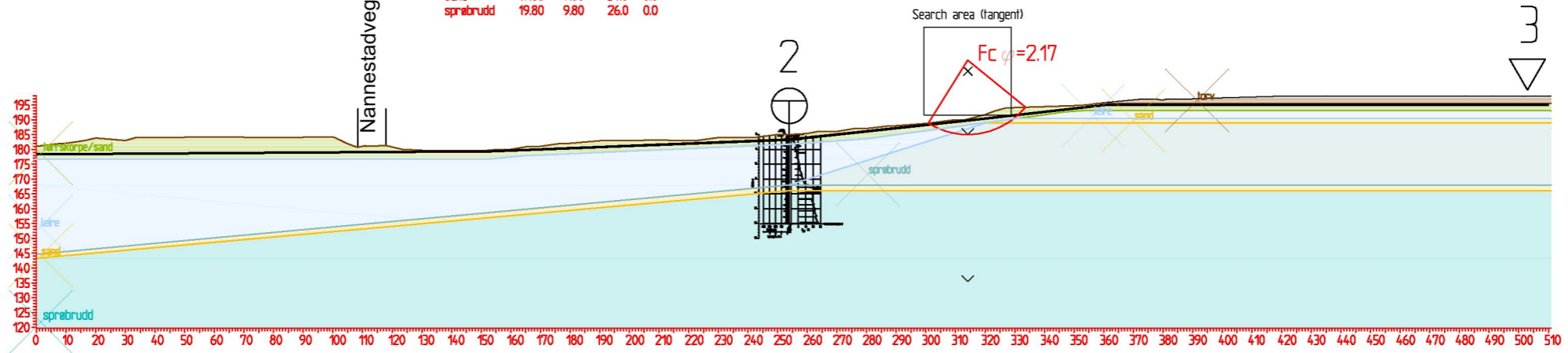
**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

Oppdragsgiver Nordby Maskin AS	Prosjekt nr. 17210	Tegning nr. R02E07
Prosjekt Bjørkåsen Nannestad	Dato 26.02.19	Borpunkt 12
Tittel Tolkning udrenert skjærstyrke, $s_u$	Ansvarlig RMV	Kontrollert PL



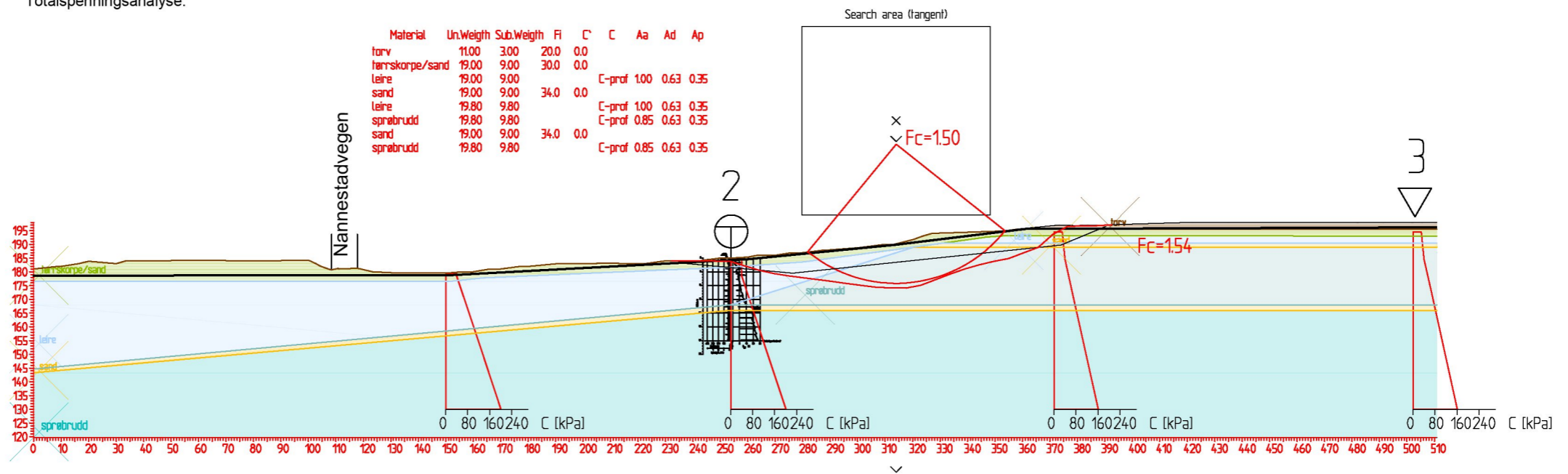
Effektivspenningsanalyse:

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'
torv	11.00	3.00	20.0	0.0
leirskorpe/sand	19.00	9.00	30.0	0.0
leire	19.00	9.00	28.0	5.3
sand	19.00	9.00	34.0	0.0
leire	19.80	9.80	28.0	5.3
sprøbrudd	19.80	9.80	26.0	0.0
sand	19.00	9.00	34.0	0.0
sprøbrudd	19.80	9.80	26.0	0.0



Totalspenningsanalyse:

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
torv	11.00	3.00	20.0	0.0				
leirskorpe/sand	19.00	9.00	30.0	0.0				
leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
sand	19.00	9.00	34.0	0.0				
leire	19.80	9.80			C-prof	1.00	0.63	0.35
sprøbrudd	19.80	9.80			C-prof	0.85	0.63	0.35
sand	19.00	9.00	34.0	0.0				
sprøbrudd	19.80	9.80			C-prof	0.85	0.63	0.35



**MERKNADER:**

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

-

**BESTEMMELSER:**

-

**FORKLARINGER:**

-

**HENVISNINGER:**

-

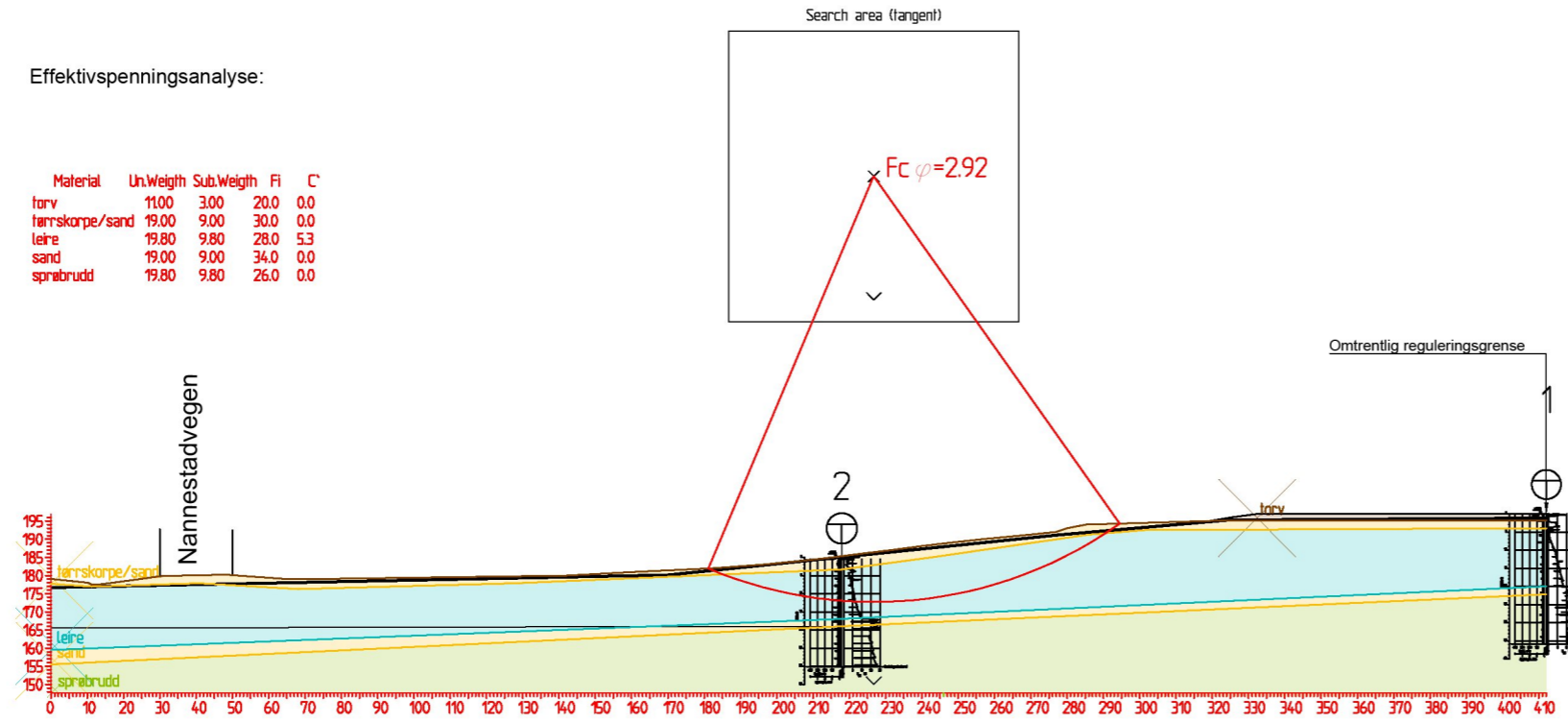


Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

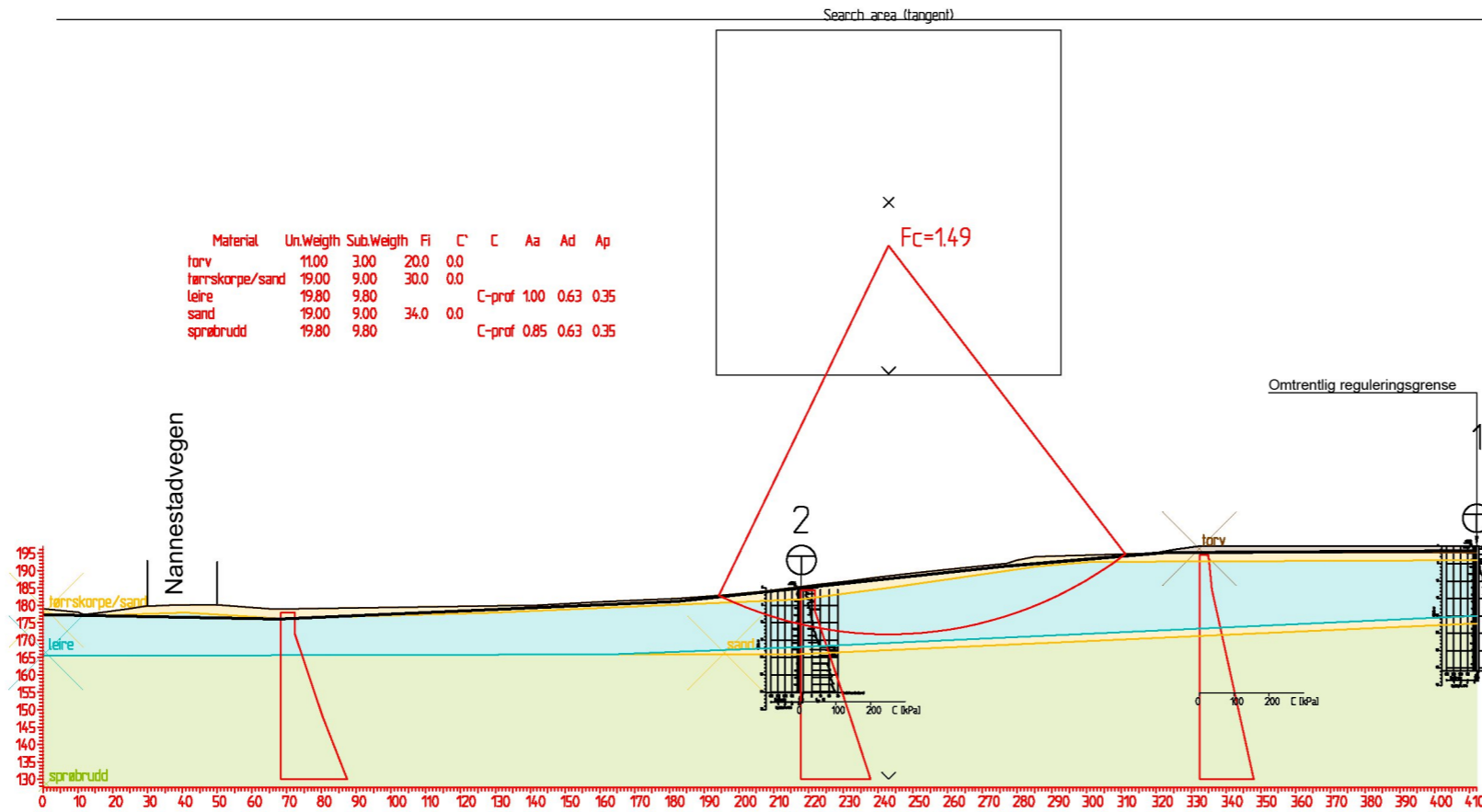
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
00	Original	20.05.19	RMV	PL
-	Tiltakshaver			Tegning nr. R02E08
-	Oppdragsgiver Nordby Maskin AS			Prosjekt nr. 17210
-	Prosjekt Bjørkemåsan, Nannestad			Format / Målestokk A3/1:2000
-	Tegningstittel Stabilitetsberegninger Profil A			Status -

Effektivspenningsanalyse:

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C
torv	11.00	3.00	20.0	0.0
lammkorpe/sand	19.00	9.00	30.0	0.0
leire	19.80	9.80	28.0	5.3
sand	19.00	9.00	34.0	0.0
sprøbrudd	19.80	9.80	26.0	0.0



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
torv	11.00	3.00	20.0	0.0				
lammkorpe/sand	19.00	9.00	30.0	0.0				
leire	19.80	9.80			C-prof	1.00	0.63	0.35
sand	19.00	9.00	34.0	0.0				
sprøbrudd	19.80	9.80			C-prof	0.85	0.63	0.35



**MERKNADER:**

Koordinatsystem: UTM 32V. Høydereferanse: NN2000

-

**BESTEMMELSER:**

-

**FORKLARINGER:**

-

**HENVISNINGER:**

-



Elvesletta 35  
2323 Ingeberg  
Telefon: 95 48 50 00  
E-post: post@georaad.no

01	Redusert Su og større dybde	24.03.20	RMV	PL
00	Original	20.05.19	RMV	PL
Rev.	Revisjonstekst	Dato	Ansvarlig	Kontrollert
Tiltakshaver			Tegning nr.	
-			R02E09	
Oppdragsgiver			Prosjekt nr.	
Nordby Maskin AS			17210	
Prosjekt			Format / Målestokk	
Bjørkemåsan, Nannestad			A3/1:2000	
Tegningstittel			Status	
Stabilitetsberegninger Profil C			-	



**LØVLIEN GEORÅD**  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georad.no

Evaluering av skadekonsekvens				Konsekvens, score			
Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	3	2	1	0
Boligheter, antall	1	4	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	0	3	0	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	2	4	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen
Toglinje, baneprioritet	0	2	0	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	0	1	0	Sentral	Regional	Distribisjon	Lokal
Oppdemning, flom	0	2	0	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>9</b>	45	30	15	0
% av maksimal poengsum:			20 %				
<b>Konsekvensklasse:</b>			<b>Alvorlig</b>				

Evaluering av faregrad				Faregrad, score			
Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	2	1	2	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	1	2	2	> 30	20 - 30	15 - 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	3	2	6	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0
Poretrykk	1	3	3	> +30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk
		-3	3	> -50	-(20 - 50)	-(0 - 20)	
Kvikkleiremektighet	3	2	6	>H/2	H/2 - H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	3	1	3	>100	30 - 100	20 - 30	<20
Erosjon	3	3	9	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep	0	3	0	Stor	Noe	Liten	Ingen
<b>Sum</b>			<b>31</b>	51	34	16	0
% av maksimal poengsum:			61 %				
<b>Faregrad:</b>			<b>Høy faregrad</b>				

<b>Risikoverdi (skadekons. x faregrad):</b>	<b>279</b>	<b>Risikoklasse: 2</b>
Risikoklasse 1	0	170
Risikoklasse 2	171	630
Risikoklasse 3	631	1900
Risikoklasse 4	1901	3200
Risikoklasse 5	3201	10000

Oppdragsgiver	Nordby Maskin AS	Prosjekt nr.	17210	Vedlegg nr.	R02E10
Prosjekt	Bjørkåsen	Dato	20.03.2020	Revisjon	01
Forklaring	Klassifisering faresone 536 Linderud (s. 1/2)	Ansvarlig	RMV	Kontrollert	PL



LØVLIEN GEORÅD  
Geoteknikk – Geoteknisk laboratorium  
www.georaad.no

### Evaluering av skadekonsekvens

Faktorer	Valgt verdi	Kommentar:
Boligenheter, antall	1	Linderud gård
Næringsbygg, personer	0	
Annen bebyggelse, verdi	1	Bygg på Linderud gård
Vei, ÅDT	2	ÅDT er 2471 for Rv120 ifølge <a href="https://www.vegvesen.no/nvdb/vegkart">https://www.vegvesen.no/nvdb/vegkart</a>
Toglinje, baneprioritet	0	
Kraftnett	0	Høyspent i øst blir liggende utenfor ny sonegrense
Oppdemning, flom	0	Evt. oppdemning i ravinesystemet ved Båhus vil få minimal konsekvens

### Evaluering av faregrad

Faktorer	Valgt verdi	Kommentar:
Tidligere skredaktivitet	2	Skred ved Båhus i 2012
Skråningshøyde, meter	1	Opp mot ca. 18-20 m ved Båhus
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	3	Tidligere kote +203, dagens terreng mellom ca. kote +162 i ravinebunn og +193 på Linderud
Poretrykk	1	Målt hydrostatisk i øst, mulig svakt overtrykk ravinesystem i vest kan ikke utelukkes
Kvikkleiremektighet	3	Kvikkleiremektighet i vest ved Båhus er ukjent, forsiktig antatt å være mektig
Sensitivitet	3	Målt for kvikkleira på Bjørkemåsan, forsiktig vurdering
Erosjon	3	Skred ved Båhus i 2012 antat utløst ved erosjon jf. NVE-Atlas.
Inngrep	0	Ingen inngrep innenfor ny sonegrense er foreslått

Oppdragsgiver	Prosjekt nr.	Vedlegg nr.
Nordby Maskin AS	17210	R02E10
Prosjekt	Dato	Revisjon
Bjørkåsen	43910	01
Forklaring	Ansvarlig	Kontrollert
Klassifisering faresone 536 Linderud (s. 2/2)	RMV	PL