

NVE

Detaljutredning av faresoner på Vestfossen

Geoteknisk rapport

Kvikkleiresoner: Grevlingstien og Granløkka

Sammendrag

AFRY Norway AS har på oppdrag av NVE utført en geoteknisk detaljutredning av faresoner for områdeskred på Vestfossen i Øvre Eiker kommune. Prosjektområdet besto av to faresoner (485 *Smørgrav* og 996 *Vålen*), samt fire aktsomhetsområder. I faresoneutredningen som er gjort i dette prosjektet er det klassifisert fem faresoner.

Denne rapporten dekker utredning av tidligere kartlagte aktsomhetssonene 3 og 4, med en resulterende faresone Granløkka (aktsomhetssone 4). Sonen ligger sør for Vestfossen kraftverk, på vestsiden av elva. Sone Granløkka avgrenses av ravinen i sør, og et boligfelt i nordvest. Rapporten presenterer også utredning for Grevlingstien (aktsomhetssone 3), som i tidligere versjoner av rapporten var utredet som en egen faresone. Denne faresonen utgår i revisjon 02 med bakgrunn i oppdatert vurdering av grunnforhold.

I tillegg til denne rapporten er nye soner i området presentert i rapport D0083385-RIG-R-01 og D0083385-RIG-R-03.

Faresonen har fått følgende klassifisering:

Sone	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
Granløkka	Lav	Meget alvorlig	4

Granløkka har bebyggelse langs vestre og østre del av sonen. Det er ikke observert erosjon i ravinen som avgrenser sonen mot sør/øst. Lengst vest i ravinebunnen er det registrert berg i dagen på befaring. Det er observert berg i dagen flere steder nord for sonen, langs Skarragata (Fv68). Grunnforholdene i sonen er tolket som leire med kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale fra omtrent 7-8 m dybde fra terreng (påvist kvikkleire fra 12 m dybde i ett punkt). Det tas utgangspunkt i at et områdeskred vil kunne utløses av erosjon i ravinen, med retrogressiv skredutvikling bakover og utløpsområde ned i ravinen og i Vestfosselva, og forbi kraftverksdemningen. Kvartærgeologisk kart fra NGU er benyttet som støtte for soneavgrensning i bakkant. Kartet indikerer forvittringsmateriale i bakkant av området, og både observasjoner i felt samt resultater fra grunnundersøkelser tyder på at kartet er forholdsvis nøyaktig i området. Det er gjort beregninger av stabiliteten i drenert og udrenert tilstand for ett snitt. Sikkerheten er vurdert i et beregningssnitt tegnet på tvers av ravinen. Resultater fra beregninger er innenfor robusthetskravet ($F_c \geq 1.20$), og det er ikke nødvendig med sikringstiltak i ravinen.

I tidligere revisjoner av rapporten ble det definert en faresone på Grevlingstien, sør for ravinen. Utgangspunktet for sonen var at skred kunne utløses av erosjon i Vestfosselva eller i ravinen mot sør. Resultatet av utredningen var en samle-sone med flere små løsneområder, der samtlige hadde rotasjonsskred som aktuell skredmekanisme. En revurdering av lagdeling samt tolkning av borpkt. A04 ga grunnlag for å fjerne sonen. Det anbefales likevel at det vurderte området blir værende i et aktsomhetsområde for kvikkleireskred. Dette begrunnes med at det er påvist kvikkleire i området (på platået ved Villa Skaar), og det vurderes som nødvendig at vises aktsomhet ved nye tiltak innenfor området.

Beregninger i skråningen mellom togsinnene og sykehjemmet viser at stabiliteten er sensitiv mot raske spenningsendringer ($F_c < 1$). Drenerte beregninger for skråningen tilsier ikke behov for sikringstiltak, men det må ikke gjøres inngrep/tiltak her uten at dette vurderes spesielt av geoteknisk fagkyndig.

Kontoradresse:	Fakturaadresse:	Telefon:	E-post:	Organisasjonsnr.:
AFRY Norway AS Lilleakerveien 8 0283 OSLO	AFRY Norway AS c/o Fakturamottak Postboks 8608 8606 MO I RANA	(+47) 24 10 10 10	post@afry.no	915 229 719

AFRY presiserer at vurderingene som presenteres kun er gjort innenfor avgrensningen av prosjektområdet (vist i Figur 1.1). Det kan være fare for kvikkleireproblematikk utenfor dette på Vestfossen, men det er ikke vurdert i denne utredningen. I tillegg til faresonen som presenteres i denne rapporten angir NVEs aktsomhetskart for kvikkleireskred hvor man bør være oppmerksom på kvikkleireskredfare. Utredningen friskmelder ikke områder som ligger utenfor prosjektavgrensningen.

Alle nye tiltak i sonen må oppfylle krav gitt i TEK17 §7-3, samt NVE veileder 01/2019. Ved ny bebyggelse i sonen kreves det geoteknisk prosjektering, der det vurderes om det er behov for supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger relevant for det enkelte tiltak. Det bør ikke utføres terrenginngrep eller masselagring i faresonene uten geoteknisk vurdering.

Kontoradresse:	Fakturaadresse:	Telefon:	E-post:	Organisasjonsnr.:
AFRY Norway AS Lilleakerveien 8 0283 OSLO	AFRY Norway AS c/o Fakturamottak Postboks 8608 8606 MO I RANA	(+47) 24 10 10 10	post@afry.no	915 229 719

Oppdragsgiver:		Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE)			
Prosjektnavn:		Detaljutredning av faresoner på Vestfossen			
Prosjektnummer:		D0083385			
Rapportnummer:		R-02			
Fagdisiplin:		RIG			
02	14.02.2025	Grevlingstien fjernet som faresone, og revidert tolkning av borpkt. A04	MML	MV	IUH
01	06.09.2024	Implementering av kommentarer fra UKS	KHe/MML	MV	IUH
00	07.06.2024	Faresoneutredning – Grevlingstien og Granløkka	KHe/MML	GYe	IUH
REV.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av

Kontoradresse:
AFRY Norway AS
Lilleakerveien 8
0283 OSLO**Fakturaadresse:**
AFRY Norway AS
c/o Fakturamottak
Postboks 8608
8606 MO I RANA**Telefon:**
(+47) 24 10 10 10**E-post:**
post@afry.no**Organisasjonsnr.:**
915 229 719

INNHOLD

1.0	INNLEDNING	6
2.0	GRUNNLAG	9
2.1	EKSISTERENDE KVIKKLEIRESONER	9
2.2	UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER	9
2.3	BEFARING	10
3.0	TERRENG OG GRUNNFØRHOLD	11
3.1	TOPOGRAFI	11
3.2	LØSMASSER	11
3.2.1	KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE	13
3.3	BERGGRUNN	13
3.4	GRUNNVANN	13
3.5	KONSOLIDERINGSFØRHOLD	13
3.6	EROSJONSFØRHOLD	14
4.0	SONEAVGRENSNING OG KLASSIFISERING	15
4.1	VURDERING AV AKTUELLE SKREDMEKANISMER	15
4.2	LØSNEOMRÅDE	17
4.3	UTLØPSOMRÅDE.....	20
4.4	FAREGRADEKLASSIFISERING.....	21
5.0	REGELVERK OG SIKKERHETSKRAV	22
5.1	SIKKERHET MOT OMRÅDESKRED.....	22
6.0	GRUNNLAG FOR STABILITETSBEREGNINGER.....	23
6.1	KRITISKE SNITT	23
6.2	TOLKNING AV LAGDELING	23
6.3	GRUNNVANNSTAND OG PORETRYKK	24
6.4	MATERIALPARAMETERE	24
7.0	STABILITETSBEREGNINGER	25
7.1	BEREGNINGER AV DAGENS SITUASJON	25
7.2	BEHOV FOR SIKRINGSTILTAK	26
8.0	KONKLUSJON	27
9.0	REFERANSER.....	28
10.0	TEGNINGSLISTE	29

1.0 INNLEDNING

AFRY Norway AS er engasjert av Norges Vassdrags og Energidirektorat (NVE) for å bistå med detaljutredning av faresoner på Vestfossen i Øvre Eiker kommune. Utredningen av faresoner gjøres iht. NVEs Veileder 1/2019 (kvikkleireveilederen) [1].

Det samlede prosjektområdet som AFRY har vurdert mht. områdeskredfare er skissert i Figur 1.1. AFRYs oppgave har vært å avklare hvorvidt det er fare for områdeskred innenfor prosjektområdet, og hvor det er fare, og avklare behov for sikring. Det presiseres at skredproblematikk kan eksistere utenfor prosjektavgrensningen, men at disse områdene ikke er vurdert.

Innenfor prosjektområdet er det to eksisterende faresoner (485 *Smørgrav* og 669 *Vålen*) og fire identifiserte aktsomhetsområder for områdeskred [2]. De eksisterende faresonene ligger langs Vestfosselva, mens de fire aktsomhetsområdene ligger i sentrumsområdet av Vestfossen. AFRYs vurderinger tar utgangspunkt i, men begrenser seg ikke til, de eksisterende sonene.

Formålet med dette prosjektet er å oppdatere avgrensning og klassifisering av de eksisterende faresonene, samt vurdere og melde inn nye faresoner, basert på geotekniske grunnundersøkelser og topografiske vurderinger. Gjennom arbeidet er det identifisert **fem** faresoner innenfor det definerte prosjektområdet. Detaljutredningene for disse sonene er presentert i tre rapporter, se Tabell 1.1 for oversikt.

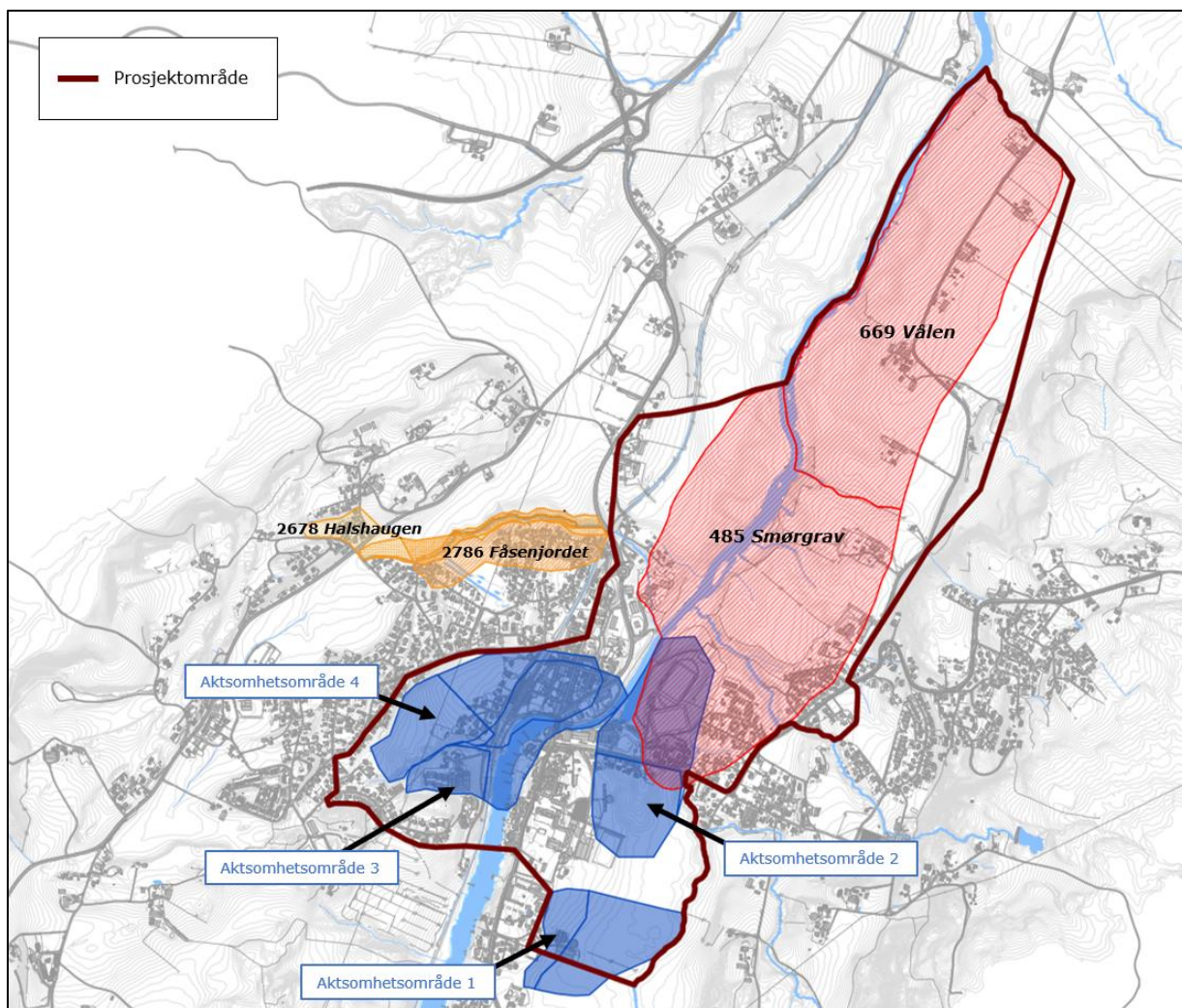
Foreliggende rapport omfatter detaljutredningen av faresone Granløkka.

Utgangspunktet for Granløkka er Aktsomhetsområde 4 vist på Figur 1.1 og Figur 1.2. Rapporten inkluderer også detaljutredning for området markert som Aktsomhetsområde 3, heretter referert til som Grevlingstien.

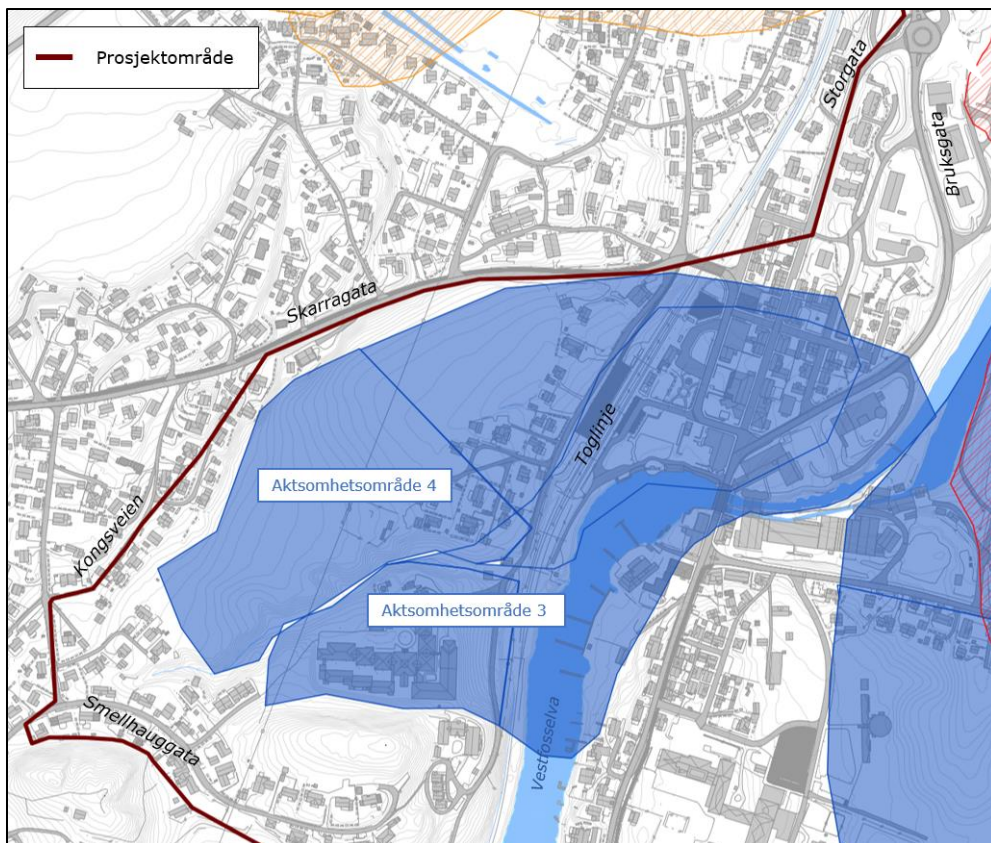
Området som er kartlagt i denne rapporten ligger lengst sørvest i prosjektområdet, på vestsiden av Vestfosselva. Det vurderte området er avgrenset av Skarragata i nord, Kongsveien i vest og Smellhauggata i sør. Vestfossen sentrum (vest for elven) er også vurdert nærmere, fra Vestfossen togstasjon til rundkjøringen Bruksgata-Storgata.

Tabell 1.1: Leveranser i prosjektet «Detaljutredning av faresoner på Vestfossen».

Nye faresoner	Rapportnummer
Smørgrav-Vålen	D0083385-RIG-R-01
Granløkka	D0083385-RIG-R-02
Vestfossen idrettspark Sørenga Fabrikkgata	D0083385-RIG-R-03



Figur 1.1: Prosjektområde. Prosjektområdets avgrensning er vist med polygon i mørk rød farge, sammen med eksisterende kvikkleiresoner(røde/oransje områder) og aktsomhetsområder(blå områder).



Figur 1.2: Detaljer. Området vurdert i foreliggende rapport ligger vest for Vestfosselva, sør i prosjektområdet.

2.0 GRUNNLAG

2.1 EKSISTERENDE KVIKKLEIRESONER

Det er ikke kartlagt kvikkleiresoner i området tidligere, men gjennom arbeidet med områderegulering av Vestfossen sentrum har det blitt identifisert to aktsomhetsområder for skred i dette området [2], jmf. basert på utredningspunkt 1-3 i NVE veileder 1/2019 [1]. Disse er omtalt som aktsomhetsområder 3 og 4 og er vist i Figur 1.1 og Figur 1.2.

Omtrent 225 m nord for prosjektavgrensningen (Skarragata) finnes kvikkleiresonen 2786 *Fåsenjordet*, registrert i 2022, med utløpssone mot nord [3]. Ca. 300 m mot nord-nordvest ligger sonen 2678 *Halshaugen*, også innmeldt i 2022 [4]. Plassering av disse er vist i Figur 1.1.

2.2 UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER

Grunnundersøkelser som er utført og lagt til grunn for AFRYs detaljutredning av området er oppsummert i Tabell 2.1. Tabellen henviser også til tidligere vurderingsrapporter som er relevante for området.

En oversikt i plan over utførte grunnundersøkelser med markering av påvist kvikkleire vises i tegning V02-1-1.

Øvrig grunnlagsmateriale som er benyttet er Norgeskart [5], historiske kart [6], Høydedata [7], NGUs løsmassekart [8], grunnundersøkelsesdatabase NADAG [9] og NVEs kartkatalog [10].

Tabell 2.1 Oversikt over utførte grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger relevante for utredning av kvikkleiresonene Grevlingstien og Granløkka.

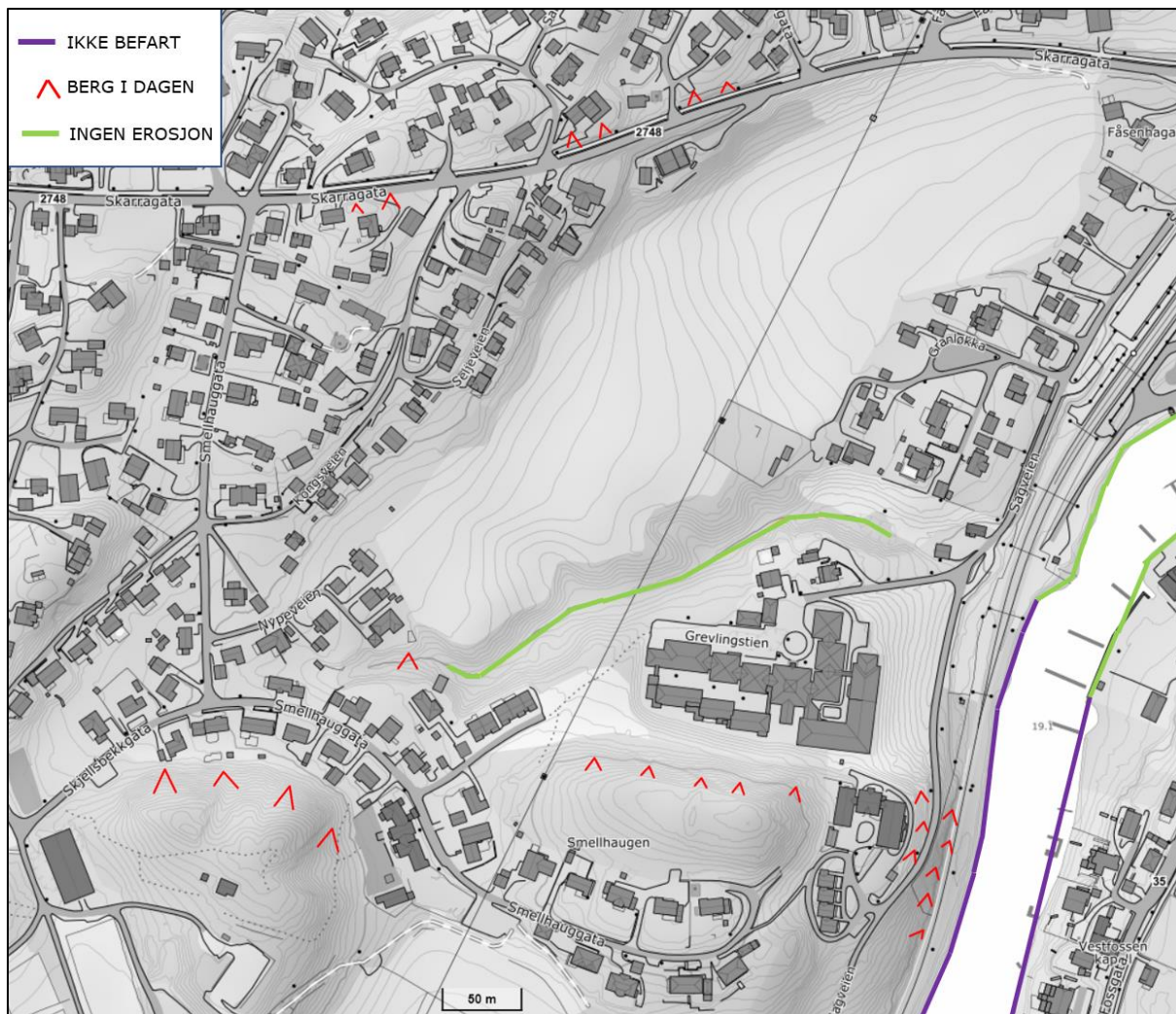
Ref.	Firma	År	Rapportnummer/ dokumentnummer	Prosjekt/rapporttittel	Prefiks boringer
Grunnundersøkelser					
[11]	COWI	2023	A252376-RAP- RIG-001 (Rev. 1.0)	<i>Grunnundersøkelser for utredning av kvikkleireskredfare Vestfossen, Øvre Eiker</i>	485, 669, A
[12]	Rambøll Norge AS	2021	1350044648 G-rap-001	<i>Aktsomhetskartlegging Vestfossen sentrum</i>	R648
[13]	Statens vegvesen	2012	2010171575-46	<i>Fv35 Jutebrua Geoteknisk datarapport</i>	S3A3
[14]	Statens vegvesen	1987	FD794A-24	<i>Rv 35 Kubberud Industriområdet Vestfossen. Urapporterte Tegninger</i>	SA24
Geotekniske vurderinger					
[2]	Rambøll Norge AS	2021	1350044648- G-not-001	<i>Aktsomhetskartlegging Vestfossen sentrum</i>	-

2.3 BEFARING

Området ble befart 27.11.2023. Hensikten med befaring av sonene var å kartlegge erosjonsforholdene (se kapittel 3.6) og berg i dagen, se Vedlegg 5.

Oppsummering av observasjoner fra felt (erosjonsforhold og berg i dagen) er vist i Figur 2.1. Kartet viser også områder som ikke er befart. For aktuelt område gjelder dette spesielt langs elvekanten, grunnet vanskelig tilkomst mellom elv og togskiner. Fra motsatt side av elva ser man at det er mye berg her, men elvekanten er ikke befart.

Observasjoner er også vist på tegning V02-1-1.



Figur 2.1: Observasjoner fra felt. Erosjon og berg i dagen, samt markering av område ikke befart.

3.0 TERRENG OG GRUNNFORHOLD

Områdene det refereres til i kapittelet er vist i Figur 4.2 (Grevlingstien/Aktsomhetsområde 3) og Figur 4.3 (Granløkka/Aktsomhetsområde 4).

3.1 TOPOGRAFI

Grevlingstien

Grevlingstien ligger på vestsiden av Vestfosselva, og er navnet på stikkveien som går fra Sagveien og opp til sykehjemmet i Vestfossen. I denne rapporten refererer Grevlingstien til området lengst sørvest i prosjektområdet (utgangspunkt i Aktsomhetsområde 3).

Området er preget av bebyggelse og infrastruktur, i form av boliger, sykehjem/omsorgsboliger, jernbane og veg. Det er observert berg i dagen sør på området (Smellhaugen), og langs Vestfosselva sør for området.

Dybden i Vestfosselva er ikke kjent. Vestfossen kraftverk som ligger nedstrøms for det aktuelle området kan regulere vannstanden mellom kt. +17.5 og +19, med krav til minstevannstand på kt. +18.3 i sommerhalvåret. Fallhøyden på Vestfossen er 16.2 m ved kraftverket [15]. Togsporet ligger 10-15 m vest for elva, på ca. kote +22. Terreng stiger mot vest/sørvest, inn mot Smellhauggata. Sykehjemmet (Villa Skaar) ligger på et flatt parti på kote ca. +37/+38. Boligene som ligger i vest-sørvest (gnr./bnr.: 50/154, 50/237 m.fl.) ligger på kote omtrent +43 til +46, og lengst vest ligger terreng på ca. kt. +48.

Mot nord avgrenses området av en ravine som ligger på omtrent kote +25 lengst øst, med stigende terreng i ravinebunn til ca. +40 lengst vest. Ravinen skiller områdene som omtales som hhv. Grevlingstien og Granløkka.

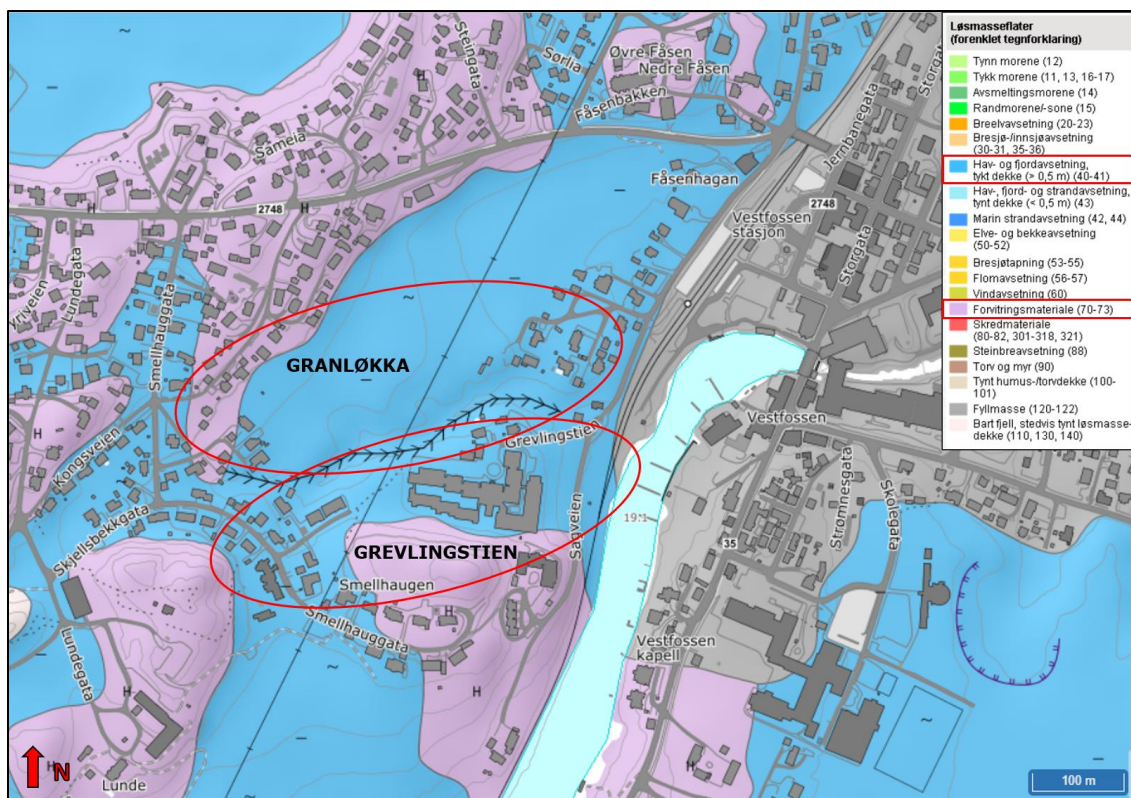
Granløkka

Området består hovedsakelig av et åpent jorde/eng, og terreng stiger generelt mot nord/nordvest. Det er boligfelt mot vest, nord og øst. I sør avgrenses området av en ravine som ligger på omtrent kote +25 lengst øst, med stigende terreng i ravinebunn til ca. +40 lengst vest. Det er observert berg i dagen langs Skarragata (Fv68) nord for området, og i ett punkt vest i ravinebunnen.

3.2 LØSMASSER

Iht. kvartærgeologisk kart fra NGU [8] (Figur 3.1) er området hovedsakelig kartlagt som hav- og fjordavsetning med stedvis stor mektighet. Dette er en indikasjon på finkornede løsmasser slik som leire eller leirige masser. Marine avsetninger kan også inkludere kvikkleire. Kartet indikerer også forvittringsmateriale i områder (Smellhaugen) der det er observert berg i dagen. Hele det aktuelle området ligger under marin grense.

Merk at kvartærgeologisk kart kun gir en overordnet indikasjon på hva som kan forventes av løsmasser, og skal kun benyttes overordnet. Kartet gir ikke oversikt over hva som finnes i dybden.



Figur 3.1: Kvartærgeologisk kart. Områdene som er vurdert er markert med røde polygoner.

Grevlingstien

Rett sør for sykehjemmet Villa Skaar (Smellhaugen) antyder kvartærgeologisk kart forvittringsmateriale.

Det er utført relativt få grunnundersøkelser i området, noe som medfører en viss usikkerhet med tanke på tolkning av grunnforholdene. Det er boret i 2 omganger, og undersøkelsene omfatter 4 totalsonderinger (to av disse er tatt i omtrent samme punkt), CPTU-sondering i 2 punkter, opptak av prøve i 2 punkter, og poretrykksmåling i ett punkt.

Prøvetaking og CPTU antyder kvikkleire/sprøbruddmateriale fra 5 m dybde i de undersøkte punktene. Punkt A04 som ligger omtrent 60 m vest for sykehjemmet Villa Skaar tolkes som bløt leire, men ikke kvikkleire eller sprøbruddleire. Basert på denne tolkningen vurderes det som usannsynlig at laget med sprøbruddmateriale og kvikkleire har utstrekning inn mot vest.

Datagrunnlaget kan med fordel forbedres i forbindelse med fremtidige vurderinger. Dette gjelder særlig i området ned mot elva, ved togskekkene, og i vestlig del av området (ved Smellhauggata).

Granløkka

Det er utført relativt få grunnundersøkelser i området, noe som medfører en viss usikkerhet med tanke på tolkning av grunnforholdene. Det er boret i 2 omganger, og undersøkelsene omfatter 5 totalsonderinger, CPTU-sondering i 1 punkt og opptak av prøve i 3 punkter. Datagrunnlaget kan med fordel forbedres i forbindelse med fremtidige vurderinger.

Utførte grunnundersøkelser antyder at dybden til berg er størst i den vestre delen av området, med minkende mektighet mot øst. Det er kvikkleire/sprøbruddmateriale i dybde omtrent 7-8 m under terreng i to av borpunktene).

3.2.1 KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

Det er påvist kvikk- og sprøbruddleire i flere punkter i de utførte grunnundersøkelsene i området. Basert på tidligere og nye utførte grunnundersøkelser er forekomst/utbredelse av kvikk- og sprøbruddleire kartlagt og presentert på Tegning V02-1-1. Følgende fargekode er brukt:

RØD: **Påvist** kvikkleire fra laboratorieforsøk

GUL: **Påvist** sprøbruddmateriale (ikke kvikkleire) fra laboratorieforsøk

ORANSJE: **Tolket** kvikkleire/sprøbruddmateriale fra boringer (ikke laboratorieforsøk)

GRØNN: **Tolket/påvist** IKKE kvikkleire/sprøbruddmateriale

3.3 BERGGRUNN

Det er ikke utført sikker bergpåvisning for de fleste av borpunktene i området. I tilhørende rapport [12] opplyses det at boringene er avsluttet i berg, og vurderingene som er gjort i dette prosjektet baserer seg på at dette stemmer.

Generelt sett ser berggrunnen ut til å ligge omtrent på høyde varierende mellom kote +18 og +30 i de undersøkte punktene, med berg som heller opp mot nordvest og ned mot Vestfosselva.

Det er observert en del berg i dagen på sør- og nordsiden, markert på Tegning V02-1-1.

3.4 GRUNNVANN

Det er installert elektriske poretrykksmålere i ett punkt (i to dybder) i området, i pkt. A12 [11]. Avlesning av poretrykksmålerne tyder på at grunnvannsstanden ligger omtrent 2-3 m under terreng og at det er litt poreundertrykk med dybden.

Generelt kan grunnvannstand forventes å variere med årstid og nedbørsmengde.

Avlesninger av grunnvannsmålere samt fordeling av poretrykk med dybden er vist i Vedlegg 1 .

3.5 KONSOLIDERINGSFORHOLD

Området ligger i hellende terreng, med en ravinedal som skiller de to undersøkte områdene som beskrives i denne rapporten (Grevlingstien og Granløkka) fra hverandre. Erfaringsmessig forventes det at konsolideringen er høyere i ravinebunnene og lavere på ravinetoppene.

Det er utført ødometerforsøk i ett punkt i området i to dybder (pkt. R648-A8). Den øverste prøven i dybde 5.3 m har OCR på ca. 3.8, som tilsier at løsmassene er overkonsolidert. På 11.3 m dybde er OCR 1, som tilsier normalkonsoliderte løsmasser. CPTU-sonderinger fra området bekrefter at øverste lag har høyest grad av overkonsolidering, særlig nærme Vestfosselva. CPTU fra Granløkka (pkt. A07 [11]) tyder på at løsmassene har lavere grad av konsolidering på jorden nord i området.

3.6 EROSJONSFORHOLD

Erosjonskartlegging i området er presentert i Vedlegg 5. Figur 2.1 viser oppsummering av observasjoner fra felt. Dette er også markert på tegning V02-1-1.

Det er ikke observert erosjon på det aktuelle området. Det renner en liten bekk i bunn av ravinen som skiller Grevlingstien og Granløkka, men det er ikke tegn til erosjon her.

Det er heller ikke observert erosjon langs Vestfosselva i området. Jernbanelinja som går langs elva ser ut til å ligge på en steinfylling, og det vurderes som sannsynlig at denne også fungerer som en erosjonssikring i området. Det påpekes dog at det er vanskelig tilgang til elvekanten, og observasjoner er gjort fra østsiden av elva. I tillegg foreligger det ikke grunnundersøkelser langs jernbanelinja, som medfører noe usikkerhet knyttet til dette.

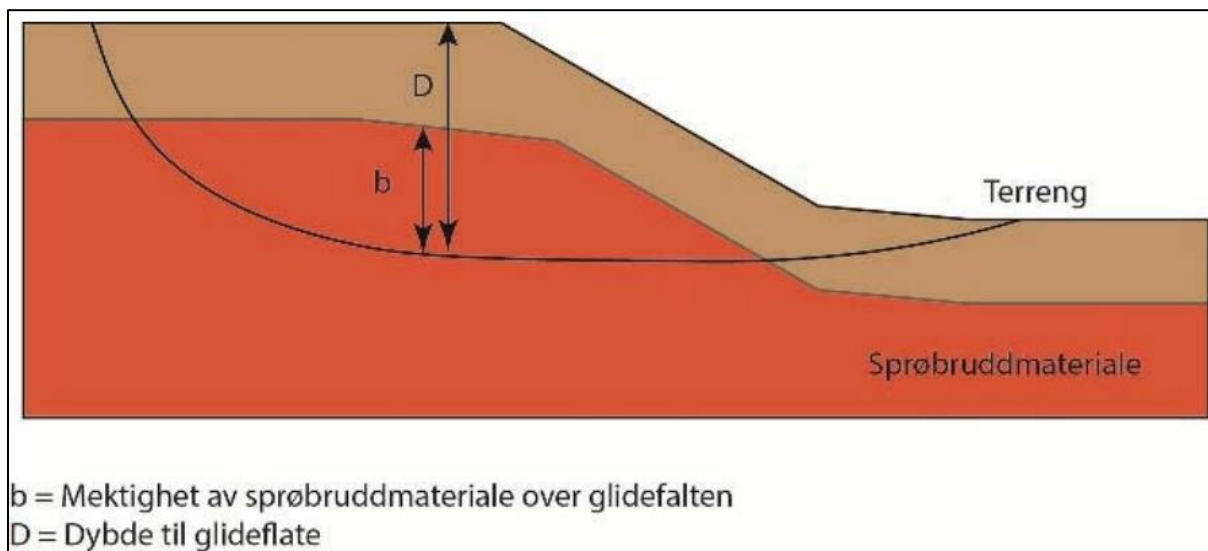
Skråningen som ligger vest/sør for sykehjemmet Villa Skaar er observert å ha overflate bestående av grus (Vedlegg 5). Det antas at denne skråningen er prosjektert og utført for å unngå overflateutglidninger ned mot sykehjemmet.

4.0 SONEAVGRENSNING OG KLASSIFISERING

4.1 VURDERING AV AKTUELLE SKREDMEKANISMER

Vurdering av aktuell skredmekanisme for et område er nødvendig for å kunne bestemme utstrekningen av det aktuelle løsneområdet. Iht. kap. 6.4 i NIFS rapport 14/2016 [16] benyttes følgende kriterier:

- **Retrogressive skred:** Opptre når mektigheten av kvikkleire/sprøbruddmateriale er mer enn 40% over kritisk glideflate (Figur 4.1). Kritisk glideflate bestemmes iht. utførte stabilitetsberegninger. Retrogressive skred opptre når omrørt skjærfasthet er lavere enn 1 kPa ($s_u < 1$ kPa). (NB: omrørt skjærfasthet fra konusforsøk utført iht. NS8015, eller $s_u < 0.69$ kPa iht. ISO 17829-6)
- **Flaskskred:** opptre normalt når mektigheten av kvikkleire/sprøbruddmateriale er under 40% i forhold til kritisk glideflate, og typisk hvor kvikkleire/sprøbruddmateriale ligger i lag tilnærmet parallelt med terrengoverflate og/eller fjell. Flaskskred opptre ofte når mektigheten av kvikkleire/sprøbruddmateriale er relativt lav, typisk mindre enn 10-20%.
- **Rotasjonsskred** uten videre retrogressiv skredutvikling: opptre når mektigheten av kvikkleire/sprøbruddmateriale er under 40% i forhold til kritisk glideflate.



Figur 4.1: Mektighet av sprøbruddmateriale mot dybde til glideflate for områdeskred. Hentet fra figur 6.1 i NIFS-rapport 14/2016 [16].

Aktuell skredmekanisme er vurdert i kritiske profil. Se Tegning V02-1-1 der grunnboringer markert rødt er påvist kvikkleire, og gulmarkerte boringer er påvist sprøbruddmateriale.

Det foreligger grunnundersøkelser i tre punkter på området som kalles Grevlingstien, der det er påvist kvikkleire i det ene (R648-A8, fra 6.5-12 m dybde). I punktet som ligger lengst vest (A04) er det ikke tatt opp prøver. Fra totalsonderingen tolkes det ikke kvikkleire eller sprøbruddmateriale i dette punktet. I punkt A12 som ligger nærmest Vestfosselva er det ikke påvist kvikkleire, men det er påvist sprøbruddmateriale i omtrent 6 m dybde. Basert på det tykke laget med påvist kvikkleire fra pkt. R648-A8 utelukkes det ikke at det er et tynt lag med kvikkleire ned mot elva, men det er ikke påvist. Det er også ukjent hvordan løsmassene ser ut under togskekkene som ligger langs elva, og det er gjort en konservativ vurdering om at et tynt lag av sprøbruddleire (eller kvikkleire) strekker seg ned til elva.

Omfanget av grunnundersøkelser på Granløkka er tynt, men det er identifisert kvikkleire i punkt A07 fra 12-13 m dybde (dypeste prøve), under et lag med sprøbruddmateriale. Prøvetaking i punkt A06 identifiserer sprøbruddmateriale i dybde 8-9 m (dypeste prøve). Borprofilet for de to borpunktene ligner på hverandre, og boring i pkt. A06 er avsluttet på ca. 12 m. Kvikkleire i punkt A06 under opptatt prøve (og videre sør i området) kan derfor ikke utelukkes.

For Grevlingstien vurderes mulige initialskred å ha utgangspunkt i Vestfosselva eller i ravinen nord/vest for området. Skredmekanisme er vurdert i fire snitt; A3-4 som er brukt for å vurdere om et skred kan utløses fra Vestfosselva (se tegning V02-2-1), og snitt for å vurdere initialskred fra ravinen (snitt A4-2: tegning V02-2-3, snitt A4-3: tegning V02-2-5, snitt A4-9: tegning V02-2-6). For snitt A3-4 med utgangspunkt i Vestfosselva er b/D-forholdet under 40%, og det vurderes at aktuell skredmekanisme er **rotasjonsskred**. For snitt A4-2 og A4-3 med utgangspunkt i ravinen vurderes b/D å være 0, og aktuell skredmekanisme er **rotasjonsskred** også her. For snitt A4-9, som er snittet lengst vest i sonen er det tolket at det ikke er kvikkleire eller sprøbruddmateriale på sørøstlig side av ravinen (Grevlingstien). Det er derfor ikke aktuelt å vurdere skredmekanisme i denne delen av området.

Aktuell skredmekanisme for Granløkka er vurdert i flere snitt på tvers av ravinen sør for området (vist i plan på tegning V02-1-1). Snitt A4-2 (vurdert som kritisk snitt for sonen) gir b/D-forhold på under 40% (b/D=28%, se tegning V02-2-3). Vurdering i andre snitt i sonen gir dog b/D-forhold over 40% (snitt A4-3: b/D=45%, se tegning V02-2-5 og snitt A4-9: b/D≈43%). Basert på disse snittene (A4-3 og A4-9) vurderes derfor kriterier for **retrogressiv** skredmekanisme å være oppfylt. Det påpekes at tolket lagdeling er konservativt. Supplerende kartlegging av laget med kvikkleire og sprøbruddmateriale kan gi grunnlag for å endre skredmekanismen til rotasjonsskred, da det vil kunne påvirke b/D-forholdet.

4.2 LØSNEOMRÅDE

Utgangspunktet for utredning av faresoner for Grevlingstien og Granløkka er aktsomhetsområdene som ble utredet av Rambøll i 2021 [2] (vist i Figur 1.2).

Avgrensning av løsneområde for områder med retrogressiv skredmekanisme utføres iht. kap. 4.5.2 i NVE veileder 1/2019[1]. NGI-metoden er valgt som prinsipp for soneavgrensning. Dette innebærer å avgrense løsneområdet for sonen omtrent med 1:15-linje, med startpunkt 0.25H under skråningsfot. Der 1:15-linje krysser ut av sprøbruddmaterialet/kvikkleira trekkes en linje med helning 1:3 opp til terreng og gir soneavgrensningen.

Avgrensning av løsneområde for områder der aktuell skredmekanisme er rotasjonsskred utføres iht. kap. 4.5.3 i NVE-veilederen. Hovedprinsipp er at lengden på løsneområdet bestemmes til $L=5 \times H$, der H er skråningshøyden.

Vurdert område med skravert utredet løsneområde og utløpsområde, er vist i plan i Tegninger V02-3-1, V02-3-2 og V02-3-3. Avgrensning av løsneområde er også vist på snitt-tegninger der 1:15-linje og/eller $L=5 \times H$ er markert (V02-2-1 til V02-2-6).

Grevlingstien

Avgrensning for et potensielt løsneområde ved Grevlingstien baserer seg på at et initialskred vil kunne løsne i Vestfosselva eller i ravinen som ligger nord/vest for området, se Figur 4.2. Vurderinger av aktuell skredmekanisme tyder på at det er rotasjonsskred som er aktuelt for området. Det er identifisert kritiske skråninger fra både Vestfosselva opp mot sykehjemmet (Villa Skaar), og fra ravinen opp mot platået der sykehjemmet ligger. Plassering av kritiske skråninger er vist på plantegning V02-1-1.

Et mulig løsneområde som oppstår som følge av rotasjonsskred ved Vestfosselva (snitt A3-4, tegning V02-2-1) ser ut til å ha en lengde på ca. 20 m, basert på skråningshøyde på ca. 4 m i skråningen fra Vestfosselva opp til togsinnene. Et slikt løsneområde dekker kun en liten del av området, og strekker seg ikke opp til platået der sykehjemmet ligger. Vurdering av grunnforholdene i skråningen baserer seg på borpkt. R648-B9 [12] og A12 [11]. Resultater fra laboratorieanalyse i pkt. A12 identifiserer sprøbruddmateriale fra dybde ca. 6 m. Grunnforholdene videre mot Vestfosselva (inkl. under togsinnene) er ukjente, men det er gjort en konservativ vurdering av at laget med sprøbruddmateriale potensielt kan strekke seg bort mot elva. Konservativ tolkning av grunnforholdene endrer ikke konklusjon for skredmekanisme eller løsneområde.

Kritiske skråninger fra ravinen og sørover mot platået (snitt A4-2, tegning V02-2-3 og snitt A4-3, tegning V02-2-5) danner også et mulig løsneområde langs ravinen. Høyden fra ravinebunn til platået er ca. 6-7 m, som gir et mulig løsneområde med lengde på omtrent 30-35 m fra ravinebunn inn mot platået. Snitt A4-9 (vest i området) viser, basert på tolkningen av pkt. A04, at det ikke er grunnlag for et løsneområde her.

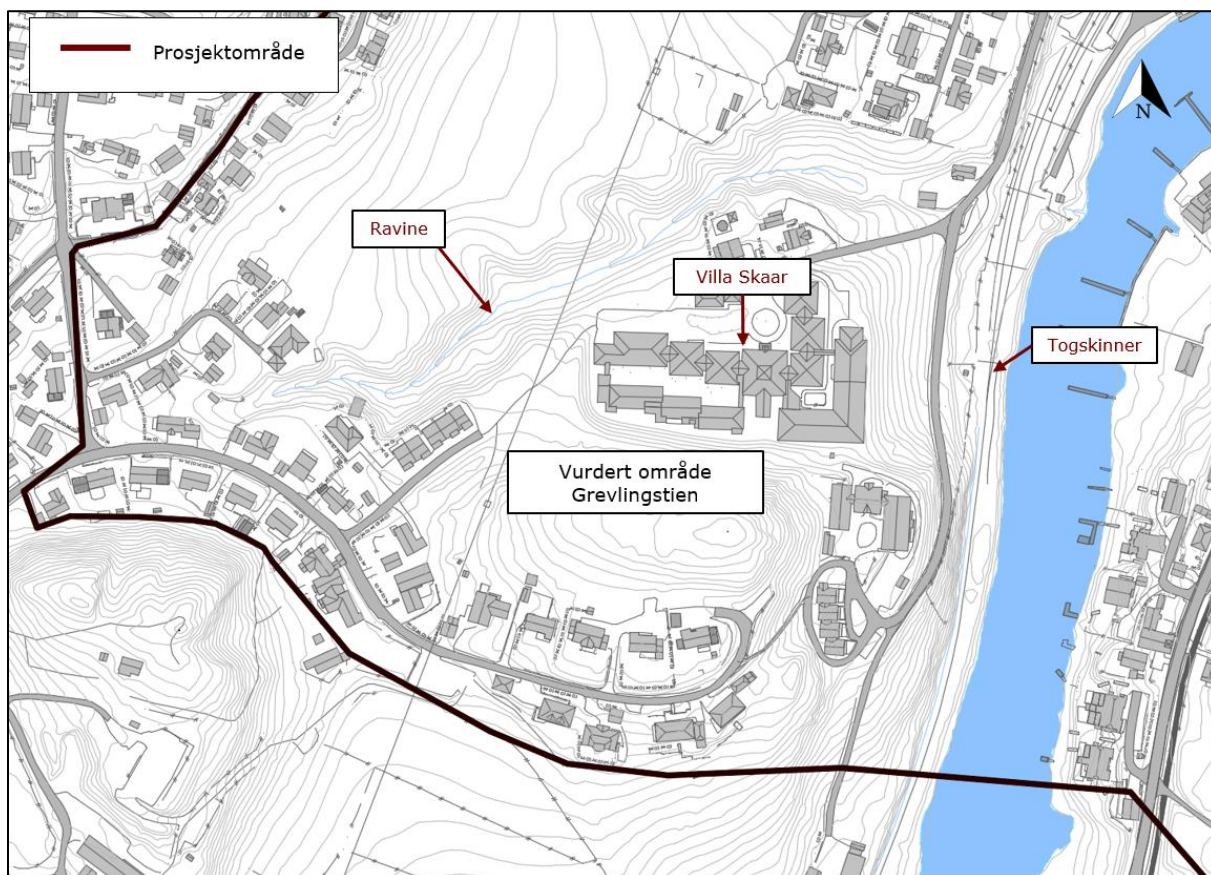
Øst for Vestfosselva er det grunt til berg, og løsmassene vurderes å være friksjonsmasser basert på foreliggende grunnundersøkelser i området. Området vurderes ikke å være en del av et potensielt løsneområde.

Totalt sett vurderes det ikke som hensiktsmessig å definere en faresone for kvikkleire i området. Løsneområdene som dannes som resultat av de identifiserte kritiske skråningene er relativt små, og det er ikke grunnlag for at et skred kan utvikle seg retrogressivt bakover. De lokale løsneområdene som kan defineres basert på opptegnede snitt strekker ikke opp til platået der sykehjemmet Villa Skaar ligger, og det vurderes som usannsynlig at et naturlig utløst skred vil påvirke bebyggelse.

Merk at i tidligere versjoner av denne rapporten ble det med bakgrunn i mer konservativ tolkning av borpunkt A04 definert en faresone for Grevlingstien som omsluttet hele området. Denne vurderingen utgår i revisjon 02. I forbindelse med tidligere definerte faresone er det utført beregninger og vurderinger av kritiske snitt for området. Det er valgt å inkludere informasjon om kritiske snitt for området i videre rapport da disse vurderes å kunne gi relevant informasjon og føringer om generelle stabilitetsforhold i området. Der det er relevant er snittene oppdatert iht. revidert tolkning.

På tross av at det ikke defineres en faresone for kvikkleire her vurderes det som hensiktsmessig å la området forbli definert som et aktsomhetsområde for kvikkleire. Denne vurderingen tar utgangspunkt i at det er kvikkleire i området og at det derved vises aktsomhet ved planlegging og utførelse av nye tiltak i området. Det er ikke behov for nye vurderinger av områdestabilitet.

Plantegning som viser vurdert område Grevlingstien er vist i Tegning V02-3-1. Figur 4.2 viser området som er vurdert som Grevlingstien.



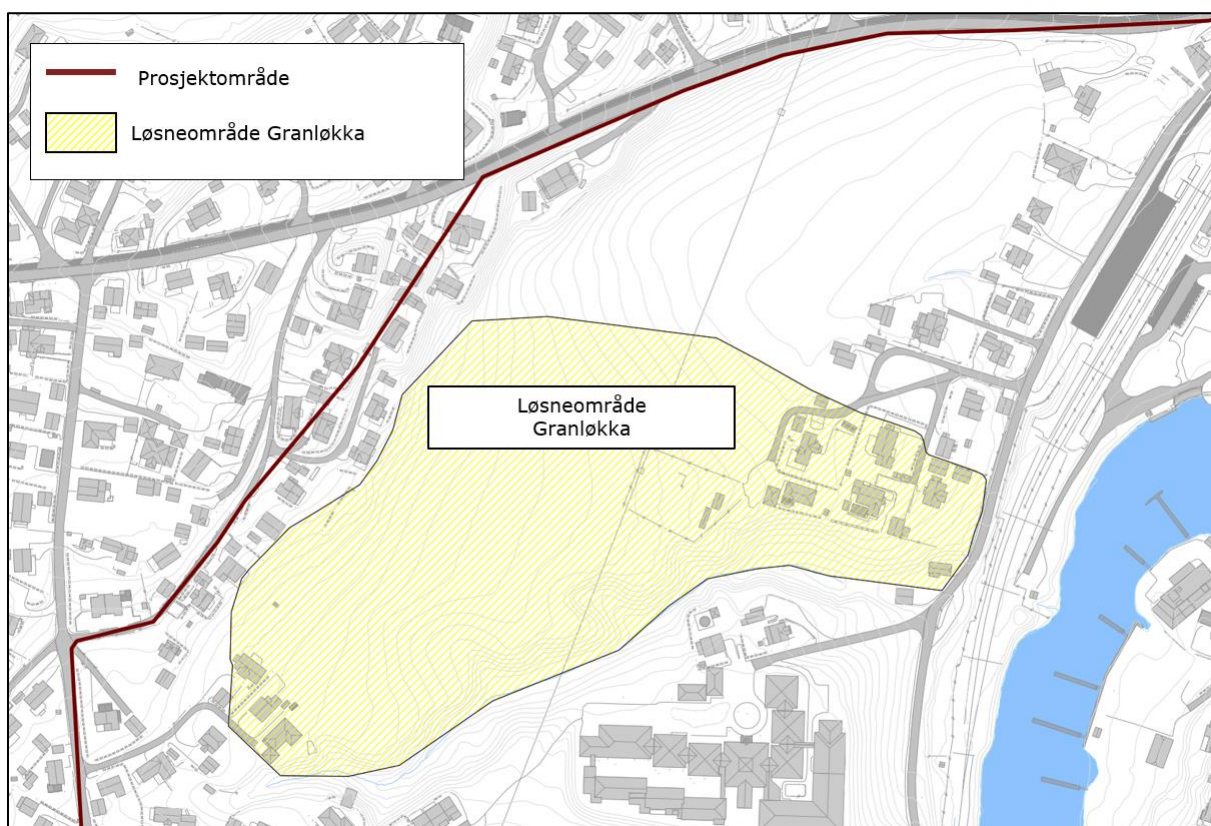
Figur 4.2: Vurdert område Grevlingstien.

Granløkka

I opptegning av løsneområdet for Granløkka er det tatt utgangspunkt i at et områdeskred kan utløses av et initialscred i ravinen langs søndre grense av sonen, med retrogressiv utvikling. Sonen er avgrenset iht. kvartærgeologisk kart (Figur 3.1) og 1:15-linje, med antatt beliggenhet av kvikkleire/sprøbruddmateriale som beskrevet i kap. 3.2. Løsmassekart [8] vurderes å stemme godt for området, basert på observasjoner i felt og resultater fra grunnundersøkelser. Det er også observert berg i dagen i bakkant av sonen, langs Fv2748.

Faresonen, med skravert løsneområde og utløpsområde, er vist i plan i Tegning V02-3-2. Figur 4.3 viser løsneområdet til sone Granløkka.

Tegning V02-3-3 viser løsne- og utløpsområder for Granløkka (samt tilstøtende soner presentert i rapport D0083385-RIG-R-03) i plan.



Figur 4.3: Løsneområde for sone Granløkka. Løsneområdet er vist i gul skravur.

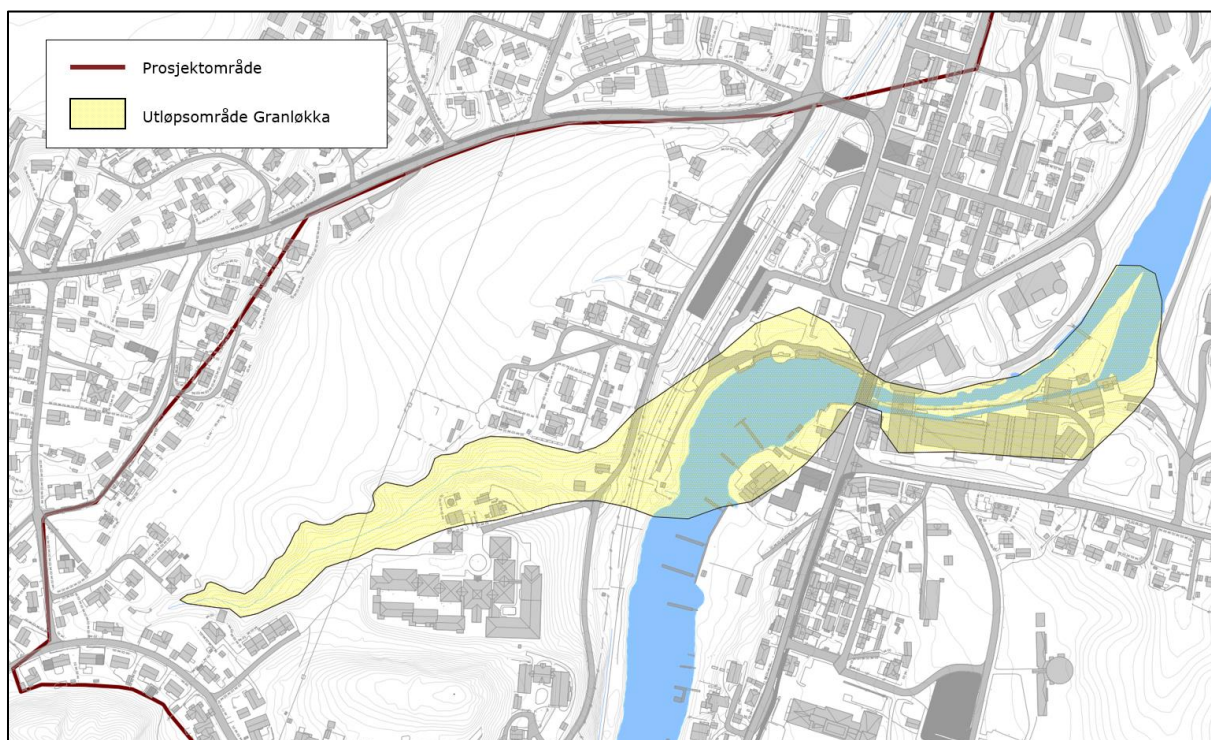
4.3 UTLØPSOMRÅDE

Utløpsområder for sonene er bestemt basert på empiriske relasjoner, iht. metodikk beskrevet i NIFS Rapport 14/2016 [16]. I tillegg er det i stor grad gjort skjønnsmessige vurderinger basert på topografiske forhold, volumbetraktninger, samt vurdering av effekten av tyngdekraft på massene.

Granløkka

Utløpsområdet for Granløkka vurderes å være ned i ravinen og ut i Vestfosselva. Det vurderes som mest sannsynlig at det meste av massene vil samles oppstrøms demningen til kraftverket, men i verste tilfelle vurderes det at massene vil kunne spre seg inn ved kraftverket. Dette er en konservativ antakelse. Fossen tilhørende kraftverket har fall på 16 m [15], og det vurderes som en mulighet at skredmasser sprer seg ned her. Ettersom elvedybden er ukjent oppstrøms for kraftverket er vurderingen av utløpsområdet basert på antakelse om at det er grunt. Antakelsen medfører at det er et mindre volum kan som kan ta opp eventuelle skredmasser oppstrøms kraftverket. Vurderingen er konservativ, men med bakgrunn i den viktige samfunnsmessige funksjonen til kraftverket vurderes det som hensiktsmessig å inkludere dette i utløpsområdet. Videre vurderes skredmassene å kunne spre seg ned mot Vestfossen idrettspark. Lengden på utløpsområdet er tegnet opp iht. $L_u = 3L$, der L er lengden på løseområdet.

Figur 4.4 viser utløpsområdet til sone Granløkka (gulprikket skravur).



Figur 4.4: Utløpsområde for sone Granløkka.

4.4 FAREGRADSKLASSIFISERING

Kartlagt kvikkleiresone er klassifisert ved vurdering av faregrads- og skadekonsekvensklasse. Kombinasjonen av disse gir en risikoklassifisering av sonen. Klassifisering er utført iht. metoden beskrevet i kap. 4 i NVE Ekstern rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse» [17]. Faregrad er bestemt for det mest kritiske snittet for løsneområdet, mens skadekonsekvens er bestemt for hele sonen (løsne- og utløpsområdet).

Vurdering av faregrad (sannsynligheten for skred) baserer seg på topografi og geologiske/geotekniske forhold, samt terrengendringer. Metodikken for bestemmelse av faregrad inkluderer både naturlige og menneskeskapte utløsningsårsaker. Faregraden deles opp i tre klasser – lav, middels og høy.

Vurdering av skadekonsekvens (konsekvensene av skred) innebærer en vurdering av hvorvidt et skred kan medføre fare for at liv går tapt, skade på mennesker, økonomiske tap og verdiforringelse, samt fare for at viktige samfunnsmessige funksjoner skal stoppe opp. Skadekonsekvens deles opp i tre klasser – mindre alvorlig, alvorlig og meget alvorlig.

I tilfeller der det mangler informasjon for å klassifisere området er det valgt konservative verdier.

Tabell 4.1 oppsummerer faregradsklasse, skadekonsekvensklasse og risikoklasse for definert faresone. Fullstendig klassifisering er gitt i Vedlegg 2 i form av utfylte tabeller iht. metodikk fra NVE rapport 9/2020. Det er også gitt begrunnelser for vurdering av vektall for skadekonsekvens og evaluering av faregrad.

Tabell 4.1 Faregradsklassifisering for sone Granløkka.

Sone	Kritisk snitt til vurdering	Skadekonsekvensklasse	Faregradsklasse	Risikoklasse
Granolokka	A4-2	Meget alvorlig	Lav faregrad	4

5.0 REGELVERK OG SIKKERHETSKRAV

Krav til sikkerhet mot naturfare ved utbygging er hjemlet i Plan- og bygningsloven §28-1 og Byggteknisk forskrift (TEK17) kapitel 7. Kravene i forskriften gjelder alle typer skred og sekundærvirkninger av skred.

Veiledning til TEK17 §7-3 henviser til NVEs veileder for skred i bratt terreng for utredning av samlet skredfare for snøskred, sørpeskred, jordskred, flomskred, steinskred og steinsprang.

For utredning av områdeskredfare, herunder skred i kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper gjelder NVEs veileder 1/2019 *Sikkerhet mot kvikkleireskred* [1].

5.1 SIKKERHET MOT OMRÅDESKRED

Hovedformålet med NVEs veileder 1/2019 er å unngå at tiltak utløser områdeskred, eller at tiltaket blir rammet av områdeskred som utløses i tilstøtende områder. Veilederen kan også benyttes for vurdering av sikkerhet for eksisterende bebyggelse, og ved planlegging og gjennomføring av eventuelle sikringstiltak for denne.

Tilstrekkelig områdestabilitet (sikkerhet) skal dokumenteres ved å følge prosedyren som er beskrevet i NVE veileder 1/2019 kap. 3.2. Krav til sikkerhet avhenger av tiltakskategori for det aktuelle tiltaket, kvikkleiresonens faregrad og hvordan tiltaket påvirker skråningsstabiliteten, jmf. TEK17 §7-3 annet ledd.

Tiltakskategori fastsettes basert på konsekvens for tiltaket ved et eventuelt skred, jmf. NVE veileder 1/2019 tabell 3.2. Konsekvensen avhenger av størrelse og verdi av tiltaket, og hvorvidt tiltaket medfører økt personopphold eller tilflytting av personer. Krav til sikkerhet for de ulike tiltakskategoriene K0-K4 er beskrevet i veilederens kapittel 3.3.3-3.3.6.

Det forutsettes at stabiliteten ikke forverres i forhold til opprinnelig tilstand, og at alle faktorer som kan utløse brudd eller skred unngås. Alle vurderinger knyttet til valg av sikkerhetsnivå må dokumenteres.

I tillegg til områdestabilitet skal lokalstabilitet og stabiliteten av gravearbeid og evt. fyllinger og skjæringer ivaretas, iht. Eurokode 7 eller relevante nasjonale regelverk.

Krav til sikkerhet for dagens skråningsstabilitet i dette prosjektet er vurdert iht. robusthetskrav i NVE veileder kap. 3.3.6, $F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$. Dette kravet gjelder i utgangspunktet for faresoner som ligger utenfor influensområdet i forbindelse med et tiltak. Ved lavere sikkerhet enn det oppgitte krav til robusthet, skal $F_{c\phi}$ og F_{cu} økes prosentvis iht. tabell 3.3 og figur 3.3 i veilederen [1].

Det presiseres at tiltak også må oppfylle krav iht. veiledningen til TEK17 §7-2, hvor minimum avstand fra erosjonsutsatt skråning skal minst være 20 m fra skråningstopp.

6.0 GRUNNLAG FOR STABILITETSBEREGNINGER

6.1 KRITISKE SNITT

Basert på topografien i sonen er det foretatt en vurdering av skråninger der et skred kan starte og potensielt utvikle seg til et områdeskred. Metodikken baserer seg på prosedyre angitt i kvikkleireveilederen [1]. Skråninger der helning $>1:15$ gir grunnlag for videre evaluering.

AFRY har mottatt innmåling av terrenget i området samt elvebunnen nord for demningen. Kritiske skråninger er tegnet opp utfra tilgjengelige innmålinger. Det er ikke mottatt innmålt elvebunn for Vestfosselva sør for demningen ved Vestfossen kraftverk, og det er derfor gjort antakelser for dybden i elva ved aktuelle faresoner.

Det er tegnet opp flere snitt for soneavgrensning. Av disse er det i samspill med NVE valgt ut beregningssnitt. Plassering av snittene, samt grunnundersøkelser, er vist på Tegning V02-1-1.

Grevlingstien

Som beskrevet i kapittel 4.2 var Grevlingstien i tidligere revisjoner (før rev02) av rapporten definert som en egen faresone. Faresonen utgår etter revidert tolkning av løsmasser i pkt. A04. Det er likevel valgt å beholde beregninger og vurderinger for kritiske snitt i rev.02 da det gir god informasjon om forholdene i området. Snittene er også benyttet for vurdering av aktuell skredmekanisme (kapittel 4.1).

Mest kritisk snitt for området rundt Grevlingstien er valgt til A3-4, som er tegnet opp fra Vestfosselva normalt opp skråningen til løsneområdet, og med knekk inn mot boligfeltet i sørvest. Snittet dekker bebyggelse i sonen, inkludert sykehjemmet Villa Skaar (gnr./bnr. 48/173) og boliger inn langs Smellhauggata (gnr./bnr. 50/154, 50/237, 45/104, 50/135, 50/137, 45/127, 45/126 og 45/130).

Beregningssnittet er plassert med utgangspunkt i at et områdeskred vil kunne utløses av et initialskred ned mot elva. Snittet krysser jernbanespor som ligger langs elva. Det bemerkes at grunnforholdene under jernbanesporene er ukjente. I tillegg er det ukjent hvorvidt det allerede er utført erosjonssikring langs elva på nedsiden av jernbanesporene, dette var ikke tydelig å se på befarng.

Granløkka

For Granløkka er kritisk snitt valgt til A4-2. Plassering av snittet er valgt med bakgrunn i bratthet opp fra ravine, samt med bakgrunn i hvor grunnforholdene ser ut til å være mest kritisk. Plassering av snittet tar utgangspunkt i at et områdeskred vil kunne utløses av et initialskred fra erosjon i ravinen.

6.2 TOLKNING AV LAGDELING

Det er ikke utført bergpåvisning i alle borpunkter, men ved elva er det truffet på berg på ca. 9 m dybde (kote +18). Boringer med prefiks R648- er avsluttet i fast lag, som kan være berg, dette er dog ikke bekreftet [11].

Snitt A3-4, Grevlingstien

Lagdeling for snitt A3-4 (se Tegning V02-2-1/V02-2-2) baserer seg på fire stk. totalsonderinger, CPTU-sondering i to punkter, prøvetaking i to punkter og poretrykksmåling i ett punkt. Det er ikke mottatt innmåling av elvebunn i området, og det er derfor gjort en antakelse om dybden på elva basert på terreng samt beliggenhet av berg på hver side av elva. Det er observert mye berg i dagen langs elva sørover fra sonen, med en bergskjæring som ligger inntil elva (se Vedlegg 5).

Prøvetaking i punkt A12 [11] som ligger nærmest elva, i skråningen ned fra platået, identifiserer sprøbruddmateriale på ca. dybde 6 m. Overliggende masser er identifisert som leire med tørrskorpeegenskaper. Prøver i punkt R648-A8 [2] viser kvikkleire fra dybde ca. 6.5 m.

Generelt er det tolket et topplag av tørrskorpeleire med tykkelse 1-2 m. Dette laget vurderes å ha økende mektighet i skråningen ned mot elva. Foreliggende grunnlag tyder på at det er dypest til berg på platået der sykehjemmet Villa Skaar ligger, med dybde til berg antatt på ca. 16-17 m under terreng. Leira er identifisert som kvikkleire/sprøbruddmateriale fra omtrent 5-6 m dybde, med minkende mektighet ned mot elva (identifisert fra prøvetaking, og konservativt tolket mot elva). Utstrekningen av laget med kvikkleire/sprøbruddmateriale vurderes å være i platået der sykehjemmet står. På sørsiden av sykehjemmet er det berg (Smellhaugen), og en skråning med grusoverflate opp fra sørvestre hjørne av platå (se Vedlegg 5). Basert på sonderingene antas det å være et tynt lag med friksjonsmasser (morenemateriale/sand/grus) over berg.

Det presiseres at grunnforholdene ved eksisterende toglinje og ned mot elva er ukjente. Lagdelingen baserer seg på konservativ antakelse om at laget med sprøbruddleire strekker seg helt ned til elva.

Det er ikke kjent hvor dypt elvebunnen ligger i området.

Snitt A4-2, Granløkka

Lagdeling for snitt A4-2 (se Tegning V02-2-3/V02-2-4) baserer seg på totalsondering i fem punkter, CPTU-sondering i tre punkter, prøvetaking i fire punkter og poretrykksmåler i ett punkt. Basert på disse grunnundersøkelsene er det tolket at løsmassene består av et topplag med tørrskorpeleire på 2-3 m over et leirlag med mektighet på ca. 15 m som består av kvikkleire/sprøbruddmateriale de nederste ca. 10-12 m. Under leirlaget er det tolket et lag med friksjonsmasser (morenemateriale/sand/grus) over berg.

Løsmassekart fra NGU er brukt for å bestemme lagdeling mot nordvest.

6.3 GRUNNVANNSTAND OG PORETRYKK

Det aktuelle området har terreng preget av raviner og berg i dagen, med Vestfosselva som ligger sør for sonene og renner videre nordover mot Vestfossen kraftverk. Den delen av elva som ligger ved faresonene er demmet opp, og vannstanden over demningen er regulert til mellom kt. +17.5 og +19, med krav til minstevannstand på kt. +18.3 i sommerhalvåret [15]. I beregningene er vannstanden antatt å være på +18.

Grunnvannstand for beregningssnittene baserer seg på avlesninger av piezometer i pkt. A12 (se Vedlegg 1). I ravinen er det antatt at grunnvannstanden ligger omtrent i terreng.

Det er antatt hydrostatisk fordelt poretrykk. I vurdering av poretrykk er siste avlesning benyttet som grunnlag.

Merk at grunnvannstand og poretrykk forventes å kunne variere med varierende nedbørsmengder og årstider. Økt poretrykk medfører økt risiko for skredproblematikk, og kan ofte være en utløsende faktor til områdeskred.

6.4 MATERIALPARAMETERE

Materialparametere som er benyttet i stabilitetsberegninger er presentert i Vedlegg 1. Disse verdiene er basert på felt- og laboratorieresultater, samt erfaringsverdier fra Håndbok V220 der det mangler informasjon om grunnforholdene.

7.0 STABILITETSBEREGNINGER

Stabiliteten av terrenget er blitt vurdert for utvalgte profiler. I valg av kritiske profiler har det i tillegg til lagdeling og topografi vært fokus på nærhet til bebyggelse samt raviner. Beliggenhet av snittene er vist på Tegning V02-1-1.

Beregningsnittene er generert fra høydemodell over området. Høydemodell er utarbeidet fra datagrunnlag mottatt fra Øvre Eiker kommune, datert 07.05.2022.

Beregninger er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stability versjon 22.0.3.0 med beregningsmetode Beast 2003. Det er utført analyse for drenert, udrenert og kombinert tilstand for samtlige beregningsnitt. Stabilitetsberegningene er vist i Tegninger V02-2-1 til V02-2-4.

Det er utført beregninger for ett snitt i sone Granløkka, og ett snitt i området rundt Grevlingstien.

7.1 BEREGNINGER AV DAGENS SITUASJON

Tabell 7.1 oppsummerer resultater fra stabilitetsberegninger for kritiske snitt.

Tabell 7.1 resultater fra stabilitetsberegninger.

Snitt	Fc – udrenert	Fc – Plan glideflate	Fø – drenert	Kommentar	Tegning (udrenert/drenert)
A3-4	Sikkerhet opp fra elv :1.30 Skråning mellom toglinje og sykehjem: 0.90 skråning opp mot øverste platå mot vest: 1.66	1.13	Sikkerhet opp fra elv: 1.22 Skråning mellom toglinje og sykehjem: 1.29 skråning opp mot øverste platå mot vest: 1.18		V02-2-1/ V02-2-2
A4-3	Sikkerhet mot Granløkka: 1.25 Sikkerhet mot Grevlingstien: 1.61	1.66	Sikkerhet mot Granløkka: 1.63 /1.47 Sikkerhet mot Grevlingstien: 1.93		V02-2-3/ V02-2-4

7.2 BEHOV FOR SIKRINGSTILTAK

Faresone Grevlingstien er utgått i rev.02 av rapporten. Det er likevel valgt å beholde beregninger, resultater av beregninger samt vurdering av resultater og sikringsbehov da de fortsatt er gyldige for området, uavhengig av om området defineres som en faresone eller ikke.

Resultater fra beregningene for de to områdene som presenteres (faresonen Granløkka og området Grevlingstien) er gitt i Tabell 7.1. Sikringstiltak må vurderes der beregningsmessig sikkerhet ikke er tilfredsstillende. Det er særlig viktig at robusthet mot uforutsette hendelser opprettholdes. Robusthetskravet er gitt ved $F_{cu} \geq 1.20$ og tar høyde for at skråningen vil tåle raske spenningsendringer som resultat av for eksempel utgraving/oppfylling uten at det går til brudd [1]. For situasjoner der beregnet langtidssikkerhet $F_\phi < 1.25$ bør det også vurderes om det er behov for sikringstiltak.

For Grevlingstien er sikkerhet mot Vestfosselva i udrenert tilstand beregnet til $F_c = 1.30$, og robusthetskravet vurderes derfor som opprettholdt her. Plan glideflate opp mot sykehjemmet Villa Skaar er beregnet til $F_c = 1.13$.

Beregnet udrenert sikkerhet for skråningen mellom jernbanen og sykehjemmet er lavere enn 1 ($F_c = 0.90$, se tegning V02-2-1). Denne skråningen vurderes ikke å være utsatt for naturlige utløsende faktorer for initialskred som erosjon. Drenert sikkerhet for skråningen er beregnet til $F_\phi = 1.29$. Det vurderes derfor ikke som nødvendig med sikringstiltak. Ettersom udrenert sikkerhet er såpass lav vurderes skråningen å være sensitiv for raske spenningsendringer, og det må **ikke** foretas inngrep som utgraving/oppfylling her uten at det vurderes spesielt.

Det presiseres at vurderinger for skråningen fra elva opp mot sykehjemmet baserer seg på konservative antakelser om grunnforholdene ned mot elva (under jernbanen). I virkeligheten kan det hende at det er utført erosjonssikring langs elva i forbindelse med etablering av jernbanen. Dette er dog ikke bekreftet, og det foreligger ikke informasjon om hvordan grunnforholdene ser ut under toglinja og langs elvekanten. På befaring har det ikke vært mulig å komme nærmere nok til å vurdere dette, og nærmeste observasjon er gjort fra motsatt side av elva. Det er heller ikke kartlagt sikringsarbeid her på NVE atlas [10]. De ukjente grunnforholdene her medfører en betydelig usikkerhet for sonen.

Totalt sett vurderes det at det ikke er nødvendig med sikringstiltak her, men det må heller ikke utføres tiltak i området uten at dette vurderes spesielt av geoteknisk fagkyndig. Det anbefales at grunnforholdene under jernbanelinja kartlegges ved fremtidige tiltak i området.

Beregnet overflatesikkerhet i skråningen opp fra Villa Skaar (sykehjemmet) mot boligfeltet vest i sonen (inn langs Smellhauggata) er lav ($F_\phi = 1.18 < 1.25$) for drenert tilstand. Skråningen/skjæringen mot sør/vest opp fra Villa Skaar er observert å ha overflate bestående av grus (se Vedlegg 5). Det antas at grusen er plassert der som et tiltak etter overflateutglidninger i etterkant av at sykehjemmet ble etablert.

Beregninger i snitt A4-2 opp mot Granløkka gir lav sikkerhet for udrenerte forhold, men beregnet sikkerhetsfaktor er innenfor robusthetskravet. Laget med kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale antas å ligge omtrent 1-2 m under terreng i ravinebunnen. Det er ikke tegn til erosjon i ravinen, og vannføring i bekken er liten (observert på befaring).

Vurdering av skredmekanisme tyder på at skred kan utvikle seg retrogressivt mot Granløkka (snitt A4-3 og A4-9), men det presiseres at det vil kreve dype glideflater for at det skal skje. Det vurderes ikke som nødvendig med sikringstiltak her.

Generelt må alle nye tiltak i sonene oppfylle krav gitt i TEK17 §7-3, samt NVEs veileder 01/2019. Ved ny bebyggelse i sonen kreves det geoteknisk prosjektering, der det vurderes om det er behov for supplerende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger, og sikkerhetskrav relevant for det enkelte tiltak. Kravene i TEK17 gjelder ikke for eksisterende bebyggelse i området.

8.0 KONKLUSJON

Utredning av kvikkleiresoner i området konkluderer med at det defineres en faresone nord for ravinen (utgangspunkt er Aktsomhetsområde 4, jf. Figur 1.2). Sonen får navnet Granløkka iht. gatenavn i området. Sonen defineres med utgangspunkt i at et skred kan utløses ved erosjon i ravinen.

Aktuell skredmekanisme er vurdert å være retrogressiv for Granløkka. Det vurderes at et skred vil kunne starte i ravinen sør for utredet sone, og utvikle seg bakover. Sonen er avgrenset i bakkant (mot nordvest) basert på løsmassegrense kartlagt på kvartærgeologisk kart fra NGU, da observasjoner i felt tyder på at kartlagte løsmasser stemmer i området.

Faregrads- og skadekonsekvensklassifisering plasserer Granløkka i lav faregrad og meget alvorlig skadekonsekvensklasse (risikoklasse 4).

Det konkluderes også med at det ikke er grunnlag for å definere en faresone sør for ravinen (Aktsomhetsområde 3 jf. Figur 1.2). I tidligere versjoner av denne rapporten ble det definert en sone sør for ravinen med navn Grevlingstien. Denne sonen utgår i revisjon 02 etter en ny vurdering av grunnforholdene og utstrekning av løsneområder. Foreliggende informasjon gir grunnlag for å definere mindre løsneområder i randen av undersøkt område. Topografien og grunnforholdene gir dog ikke grunnlag for at et skred kan utvikle seg retrogressivt her. Det vurderes ikke som sannsynlig at et skred vil kunne utløses naturlig her og påvirke bebyggelse. Ettersom det er identifisert kvikkleire i området vurderes det dog som hensiktsmessig å la området bli stående som et aktsomhetsområde i NVEs temakart for kvikkleire. Bakgrunnen for denne vurderingen er å forsikre at det ved fremtidige tiltak i området vises aktsomhet med tanke på at det er kvikkleire i grunnen.. For skråningen mellom toglinja og sykehjemmet på Grevlingstien er den beregningsmessige sikkerheten lav for udrenerte forhold. Skråningen vurderes å være meget sensitiv for raske spenningsendringer. Det må påregnes at det utføres sikringstiltak før det kan utføres tiltak (graving/fylling/bygging etc.) i området. Sikringstiltak ved eventuelle tiltak skal prosjekteres av geoteknisk fagkyndig.

De vurderte områdene vurderes som sensitive mot menneskeskapte inngrep slik som masselagring og terrenginngrep. Slike inngrep kan forverre stabiliteten, og utløse skred. Det vurderes at det er kvikkleire og/eller sprøbruddmateriale i stort sett hele faresonen Granløkka. I tillegg er det identifisert kvikkleire i ett pkt. og sprøbruddmateriale i et annet i området ved Grevlingstien. Lagdeling er vurdert konservativt, og det er usikkerhet knyttet til løsmassene i vest og langs elvekanten/togskinnene. Det anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser.

Det bemerkes at samtlige nye planlagte tiltak innenfor faresonen (Granløkka) må oppfylle krav gitt i veiledning til TEK17 §7-3. Det må ikke utføres terrenginngrep/masselagring i området uten at det vurderes av geoteknisk fagkyndig. Minimumskrav for alle tiltak – inkludert tiltak som inngår i tiltakskategori K0 («små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer») – er at anbefalinger gitt i «Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner»[18] følges.

9.0 REFERANSER

- [1] NVE, "NVE Veileder 1/2019 - Sikkerhet mot kvikkleireskred." Dec. 2020.
- [2] Rambøll Norge AS, "Aktsomhetskartlegging Vestfossen sentrum," 1350044648, Sep. 2021.
- [3] Multiconsult AS, "Fåsenjordet VA. Geoteknisk vurderingsrapport for reguleringsplan," 814608-RIG-RAP-001, Oct. 2019.
- [4] Løvlien Georåd, "Halshaugen, Vestfossen. Vurdering av områdestabilitet," 18454 Rapport nr. 2, Mar. 2021.
- [5] Kartverket, "Norgeskart." [Online]. Available: <https://norgeskart.no>
- [6] Finn.no, "Historiske kart." [Online]. Available: <https://kart.finn.no/>
- [7] Kartverket, "Høydedata," 2022. [Online]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>
- [8] NGU, "Løsmassekart," NGU. [Online]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- [9] NGU, "NADAG," NGU. [Online]. Available: https://geo.ngu.no/kart/nadag_mobil/
- [10] NVE, "Atlas," NVE.
- [11] COWI, "Grunnundersøkelser for utredning av kvikkleireskredfare Vestfossen, Øvre Eiker. Geoteknisk datarapport.," Apr. 2023.
- [12] Rambøll Norge AS, "Øvre Eiker kommune Aktsomhetskartlegging Vestfossen sentrum - Datarapport," 1350044648-001, Sep. 2021.
- [13] Statens Vegvesen, "Fv35 Jutebrua Geoteknisk datarapport," 2010171575-46, Oct. 2012.
- [14] Statens Vegvesen, "Rv 35 Kubberud Industriområde Vestfossen Urapporterte tegninger," FD-794A-24, Aug. 1987.
- [15] NVE, "Vassdragskonsesjon - Regulering og uttak av vann fra Eikern til kraftproduksjon og alminnelig vannforsyning," Nov. 2005. [Online]. Available: https://www.eikern.no/Dokumenter_files/NVE-konsesjon_2005-04-11.pdf
- [16] Norges vassdrags- og energidirektorat, "Metode for vurdering av løsne - og utløpsområder for områdeskred. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire," 14/2016, 2016.
- [17] NGI, "Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred," 9/2020, 2020.
- [18] NGI, "Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner," 2001008-62.

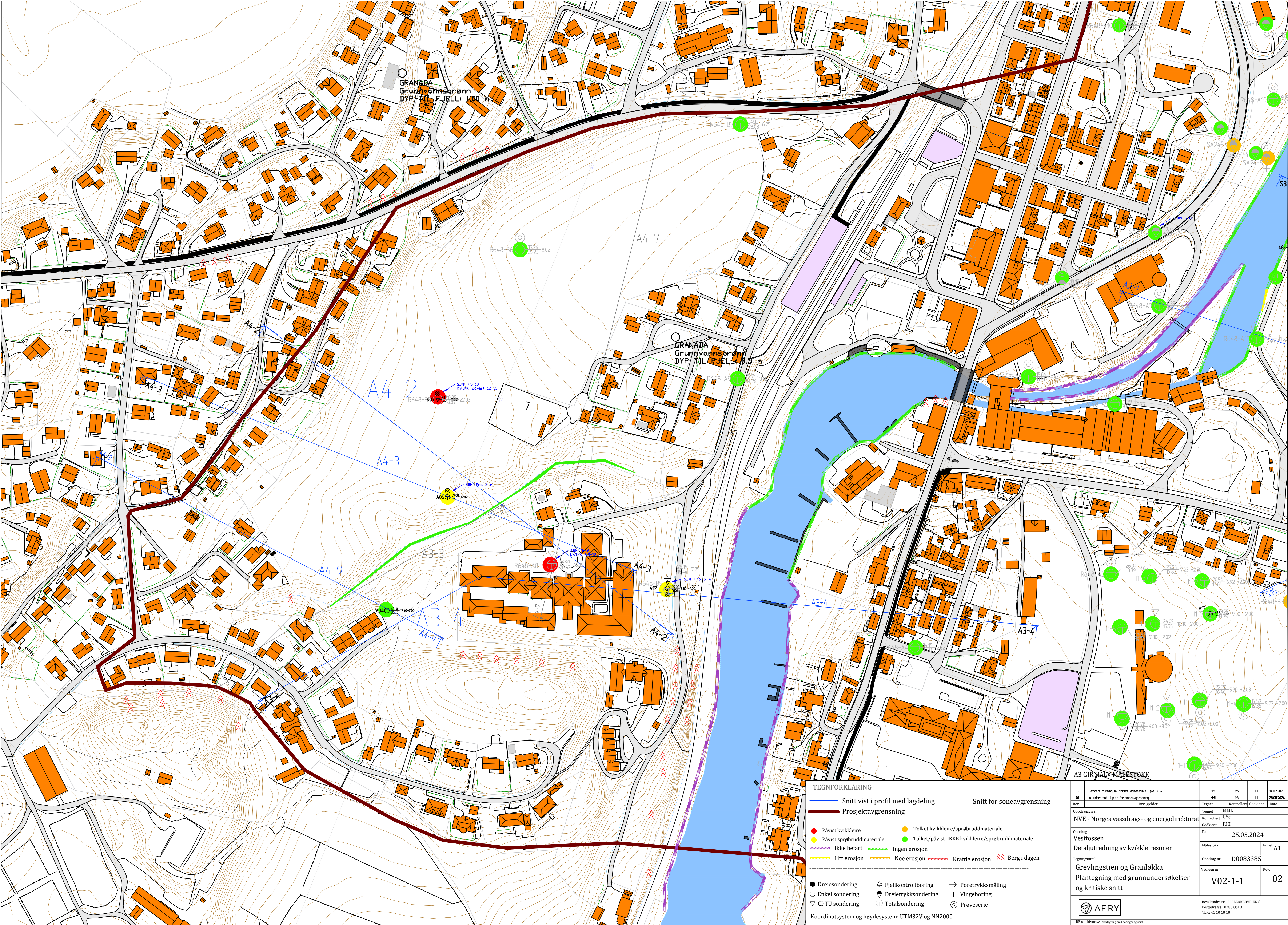
10.0 TEGNINGSLISTE

Innhold	Tegn. nr.	Format
Plantegning Situasjonstegning som viser følgende: - Eldre og nye grunnundersøkelser, med tolkning av kvikkleire/ sprøbruddmateriale markert - Berg i dagen - Erosjon observert i felt - Plassering av kritiske snitt	V02-1-1	A1
Beregning snitt A3-4 – Udrenert analyse Beregningsprofil som viser følgende: - Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme - Relevante grunnundersøkelser - Resultater beregning - Tilbakeregnet terreng	V02-2-1	A1L
Beregning snitt A3-4 – Drenert analyse Beregningsprofil som viser følgende: - Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme - Relevante grunnundersøkelser - Resultater beregning - Tilbakeregnet terreng	V02-2-2	A1L
Beregning snitt A4-2 – Udrenert analyse Beregningsprofil som viser følgende: - Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme - Relevante grunnundersøkelser - Resultater beregning - Tilbakeregnet terreng	V02-2-3	A1L
Beregning snitt A3-4 – Drenert analyse Beregningsprofil som viser følgende: - Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme - Relevante grunnundersøkelser - Resultater beregning - Tilbakeregnet terreng	V02-2-4	A1L
Snitt A4-3 Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme	V02-2-5	A1L
Snitt A4-9 Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme	V02-2-6	A1L
Plantegning 1 – Grevlingstien Oversiktstegning som viser følgende: - Vurdert område Grevlingstien - Kritiske snitt benyttet for bestemmelse av skredmekanisme	V02-3-1	A1
Plantegning 2 – Granløkka Oversiktstegning som viser følgende: - Løsneområde faresone Granløkka - Utløpsområde faresone Granløkka - Kritiske snitt benyttet for bestemmelse av sonegrense	V02-3-2	A1
Plantegning 3 - Felles tegning Oversiktstegning som viser følgende: Løsneområde og utløpsområde for faresone Granløkka	V02-3-3	A1

- | | | |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Kritiske snitt benyttet for bestemmelse av sonengrense
<i>(Tilgrensende faresoner presentert i rapport D0083385-RIG-R-03)</i> | | |
|--|--|--|

VEDLEGG

Vedlegg 1	Tolkning av materialparametere
Vedlegg 2	Klassifisering av faresoner (med begrunnelse)
Vedlegg 3	CPTU-tolkning, metodikk
Vedlegg 4	CPTU-tolkninger
Vedlegg 5	Befaringsnotat 27.11.2023



TEGNFORKLARING :

- Snitt vist i profil med lagdeling

Prosjektavgrensning

Påvist kvikkleire

Påvist sprøbruddmateriale

Ikke befart

Litt erosjon

Noe erosjon

Kraftig erosjon

Berg i dagen

Tolket kvikkleire/sprøbruddmateriale

Tolket/påvist IKKE kvikkleire/sprøbruddmateriale

Ingen erosjon
- Snitt for soneavgrensning

Dreiesondering

Enkel sondering

CPTU sondering

Fjellkontrollboring

Dreietrykksondering

Totalsondering

Poretrykksmåling

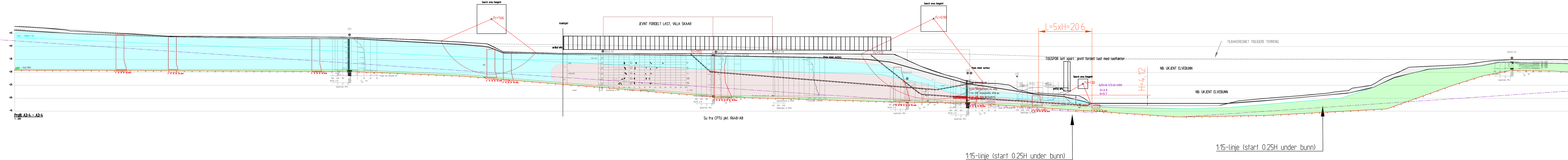
Vingebooring

Prøveserie

Koordinatsystem og høydesystem: UTM32V og NN2000

02	Revidert løsning av sprøbruddmateriale i pkt A04	MPL	MV	LH	14.02.2025
01	Inkludert snitt i plan for soneavgrensning	MPL	MV	LH	28.08.2024
Rev.	Rev. gjelder	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat	Tegnet	MML	Kontrollert	GVE
Oppdrag	Vestfossen	Godkjent	IUH		
Dato	25.05.2024				
Detaljutredning av kvikkleiresoner		Målestokk		Enhet	A1
Tegningstittel	Grevlingstien og Granløkka Plantegning med grunnundersøkelser og kritiske snitt	Oppdrag nr.	D0083385		
		Vedlegg nr.	V02-1-1		Rev. 02
		Besøksadresse: LILLEAKERVEIEN 8 Postadresse: 0283 ØSLO Tlf.: 41 10 10 10			
RE's arkivert planlegging med betingelser og snitt					

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire - middels fast	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.66	0.37
Leire - bløt/SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.66	0.37
Sand/grus	19.00	9.00	35.0	0.0				

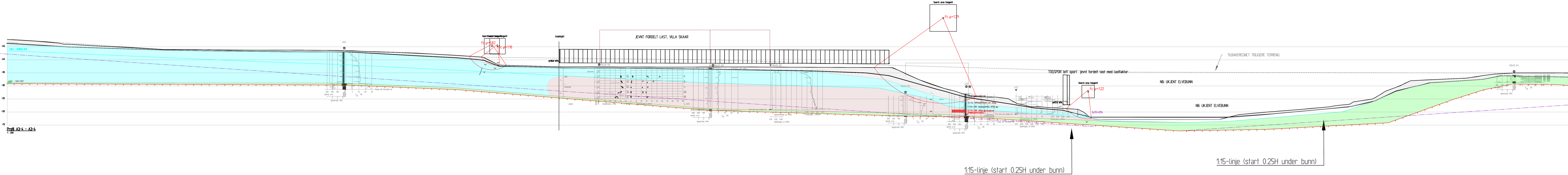


LAGDELING

- Tørrskorpe
- Leire-bløt/SBM
- Leire-middels fast
- Sand/grus

02	Revidert tolkning av sprøbruddmateriale i pkt. A04	MML	MV	IUH	% 02.2025
01	Justert lagdeling ved A12, last fra sykeheim Villa Skaar	MML	MV	IUH	5.06.2024
Rev.	Rev. gjelder	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Dato
Oppdragspiver	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat	Tegnet	MML		
		Kontrollert	Gye		
Oppdrag	Vestfossen	Godkjent	IUH		
Detaljutredning av kvikkleiresoner		Dato	30.05.2024		
		Målestokk		Enhet	A1L
Tegningsstittel	Grevlingstien	Oppdrag nr.	D0083385		
Stabilitetsberegning - udrenert analyse		Vedlegg nr.	V02-2-1	Rev.	02
Snitt A3-4					
		Besøksadresse: LILLEAKERVEIEN 8 Postadresse: 0283 OSLO TLF: 41 10 10 10			
RE's arkivnr A3-4 - LAYOUT					

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire - middels fast	18.50	8.50	30.0	2.9				
Leire - bløt/SBM	18.50	8.50	27.0	2.5				
Sand/grus	19.00	9.00	35.0	0.0				

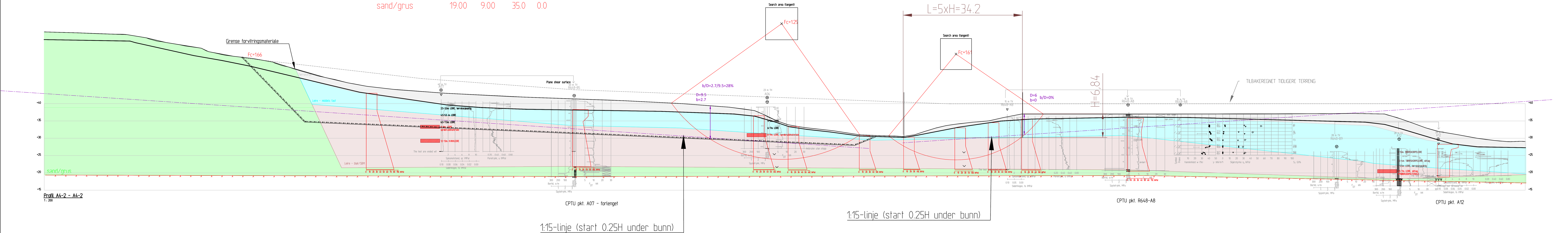


LAGDELING

- Tørreskorpe
- Leire-bløt/SBM
- Leire-middels fast
- Sand/grus

02	Revidert tolkning av sprøbruddmateriale i pkt. A04	MML	MV	IUH	14.02.2025
01	Justert lagdeling ved A12, last fra sykehus Villa Skaar	MML	MV	IUH	5.08.2024
Rev.	Rev. gjelder	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat	Tegnet	MML	Kontrollert	GYE
			Kontrollert	GYE	
			Godkjent	IUH	
Dato					30.05.2024
Oppdrag	Vestfossen	Målestokk		Enhet	A1L
Detaljutredning av kvikkleiresoner					
Tegningsstittel	Grevlingstien	Oppdrag nr.	D0083385		
Stabilitetsberegning - drenert analyse		Vedlegg nr.	V02-2-2		Rev.
Snitt A3-4					02
		Besøksadresse: LILLEAKERVEIEN 8 Postadresse: 0283 OSLO TLF: 41 10 10 10			
RE's arkivnr A3-4 - LAYOUT					

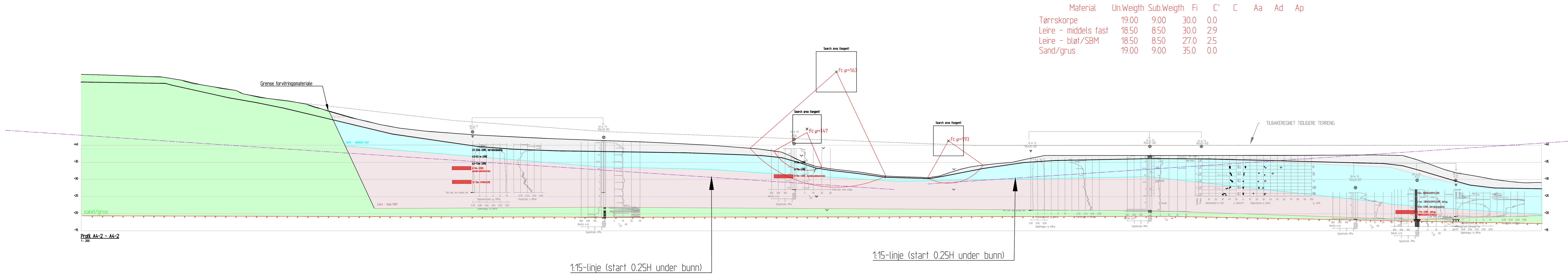
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Leire - middels fast	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.66	0.37
Leire - bløt/SBM	18.50	8.50			C-prof	1.00	0.66	0.37
sand/grus	19.00	9.00	35.0	0.0				



LAGDELING

- Tørreskorpe
- Leire-bløt/SBM
- Leire-middels fast
- Sand/grus

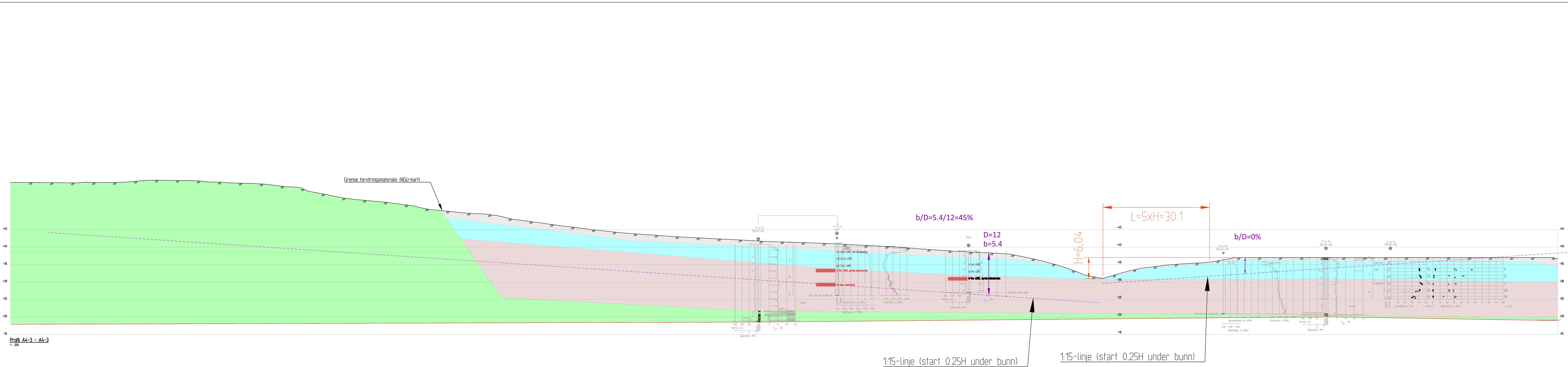
01	justert lagdeling oppdatert i henhold til A12, soneavgrønsning og klassifisering		MML	MV	IUH
Rev.	Rev. gjelder		Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsleder			Tegnet	MML	Dato
NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat			Kontrollert	GVE	
			Godkjent	IUH	
Oppdrag			Dato	30.05.2024	
Vestfossen			Målestokk	Enhet	
Detaljutredning av kvikkleiresoner			A1L		
Tegningstittel			Oppdrag nr.	D0083385	
Grevlingstien og Granløkka			Vedlegg nr.	Rev.	
Stabilitetsberegning - udrenert analyse			V02-2-3		01
Snitt A4-2					
			Besøksadresse: LILLEAKERVEIEN 8 Postadresse: 0283 OSLO TLF: 41 10 10 10		
RE's arkivnr A4-2 - LAYOUT					



LAGDELING

- Tørrskorpe
- Leire-bløt/SBM
- Leire-middels fast
- Sand/grus

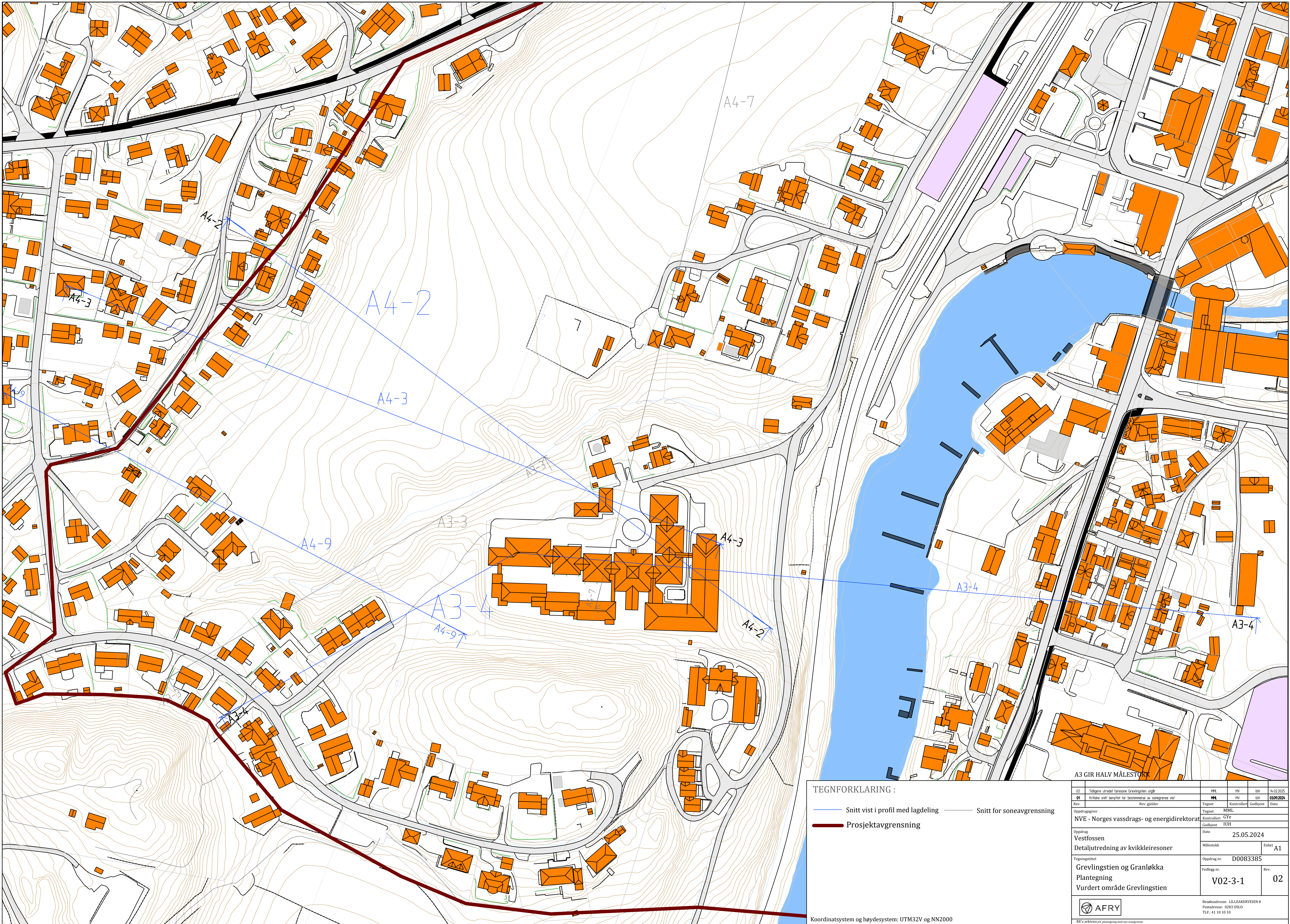
01	justert lagdeling,oppdatert tokning A12, sameavgrensning og klassifisering		MML	MV	IUH
Rev.	Rev.gjelder		Tegnet	Kontrollert	Dato
Oppdragsleder	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat		Tegnet	MML	
			Godkjent	GYE	
Oppdrag			Kontrollert	IUH	
Vestfossen			Dato	30.05.2024	
Detaljutredning av kvikkleiresoner			Målestokk	Enhet A1L	
Tegningstittel	Grevlingstien og Granløkka		Oppdrag nr.	D0083385	
Stabilitetsberegning - drenert analyse			Vedlegg nr.	V02-2-4	
Snitt A4-2				01	
		Besøksadresse: LILLEAKERVEIEN 8 Postadresse: 0283 OSLO TLF: 41 10 10 10			
RE's arkivnr A4-2 - LAYOUT					



LAGDELING

- Tørrskorpe
- Leire-bløt/SBM
- Leire-middels fast
- Sand/grus

Rev.	Rev. gjelder	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Dato
Oppdragsfører	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat	Tegnet	MML	Godkjent	IUH
Oppdrag	Vestfossen	Dato	19.08.2024	Enhet	A1L
Detaljutredning av kvikkleiresoner	Målestokk	Oppdrag nr.	D0083385	Vedlegg nr.	V02-2-5
Tegningstittel	Grevlingstien og Granløkka	Rev.	00	Rev.	00
LAGDELING	Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme, snitt A4-3	Rev.	00	Rev.	00
AFRY	RE's arkivnr A4-3 og A4-3 - LAYOUT	Rev.	00	Rev.	00
Rev.	Rev. gjelder	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Dato
Oppdragsfører	NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat	Tegnet	MML	Godkjent	IUH
Oppdrag	Vestfossen	Dato	19.08.2024	Enhet	A1L
Detaljutredning av kvikkleiresoner	Målestokk	Oppdrag nr.	D0083385	Vedlegg nr.	V02-2-5
Tegningstittel	Grevlingstien og Granløkka	Rev.	00	Rev.	00
LAGDELING	Lagdeling, soneavgrensning og skredmekanisme, snitt A4-3	Rev.	00	Rev.	00
AFRY	RE's arkivnr A4-3 og A4-3 - LAYOUT	Rev.	00	Rev.	00



TEGNFORKLARING :

- Snitt vist i profil med lagdeling
- Snitt for soneavgrensning
- Prosjektavgrensning

Koordinatsystem og høydesystem: UTM32V og NN2000

A3 GIR HALV MÅLESTOKK						
02	Tidligere utredet farezone Grevlingstien utgår		MML	MV	IUH	14.02.2025
01	Kritiske snitt berørt for bestemmelse av sonegrense vist		MML	MV	IUH	03.09.2024
Rev.	Rev. gjelder		Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver			Tegnet	MML		
NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat			Kontrollert	GYE		
			Godkjent	IUH		
Oppdrag			Dato			
Vestfossen			25.05.2024			
Detaljutredning av kvikkleiresoner			Målestokk		Enhet	
Tegningstittel			Oppdrag nr.		A1	
Grevlingstien og Granløkka			Vedlegg nr.		Rev.	
Plantegning			V02-3-1		02	
Vurdert område Grevlingstien						
			Besøksadresse: LILLEAKERVEIEN 8			
			Postadresse: 0283 OSLO			
			Tlf: 41 10 10 10			
RE's arkivnr.UTAT plantegning med nye soner						



— Snitt vist i profil med lagdeling — Snitt for soneavgrensning

— Prosjektavgrensning

 Løsneområde - lav faregrad

 Utløpsområde - lav faregrad

Koordinatsystem og højdesystem: UTM32V og NN2000

[illegible]

Vedlegg 1

Tolkning av materialparametere

1.0 PARAMETERTOLKNING

1.1 EFFEKTIVSPENNINGSPARAMETRE

For effektivspenningsparametere er tolkninger fra treaksialforsøk vektlagt, og disse er sammenlignet med erfaringsverdier fra Håndbok V220. Attraksjonen (a) og friksjonsvinkel (ϕ) er bestemt utfra samlet treaksforsøk. Det er presentert to forskjellige sammenstilling av treaks-plot: for leire uten sprøbruddegenskap (se Figur 1) og for leire med sprøbruddegenskaper (se Figur 2).

Merk at treaksialforsøkene som er lagt til grunn for bestemmelse av styrkeparametere kommer fra borpunkter med varierende beliggenhet. Noen av borpunktene ligger utenfor aktuell faresone, men vurderes likevel å være representative for området. Det påpekes også at det er relativt få treaksialforsøk i det tilgjengelige grunnlaget (se kapittel 2.2 i hovedrapport), og det vurderes derfor at data fra punkter som ligger utenfor sonene er relevante. I tillegg er det flere forsøk som viser dilaterende egenskaper (se Figur 1). Resultater fra disse prøvene er ikke prioritert i bestemmelse av styrkeparametere.

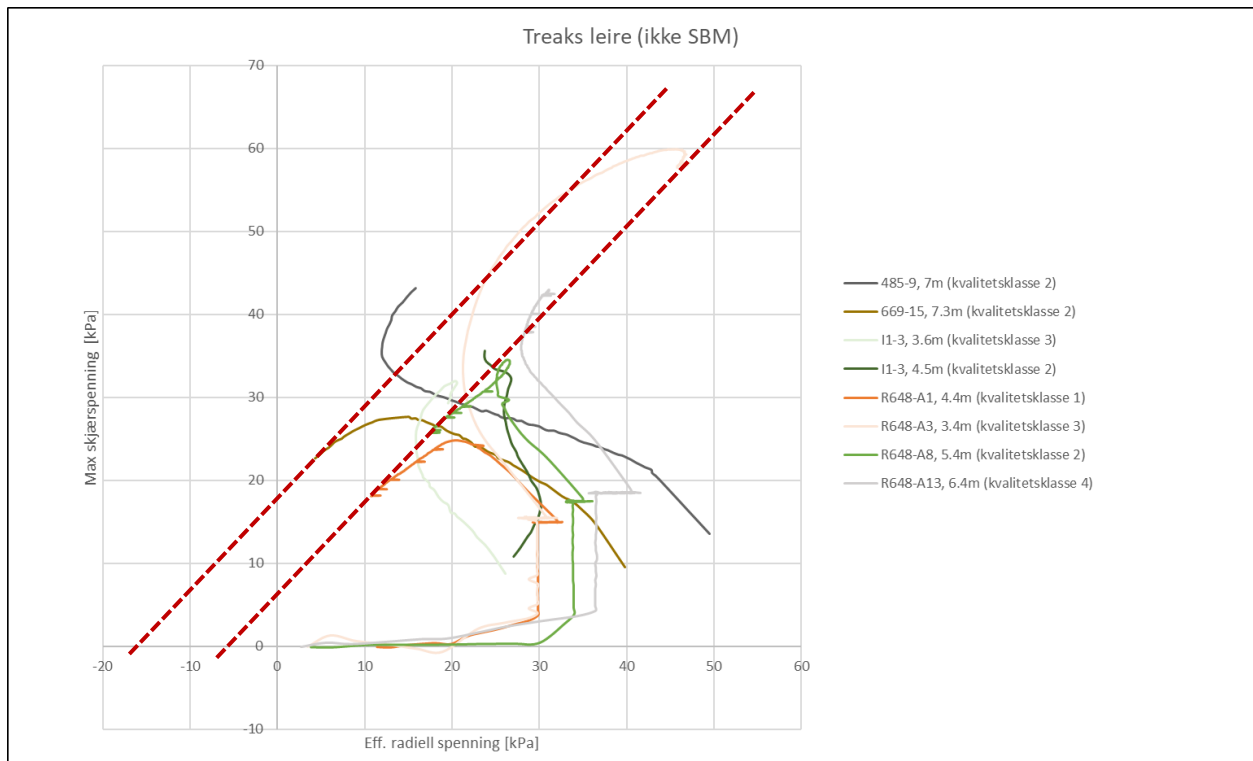
For leire uten sprøbruddegenskaper (mest middels fast leire) er tolket attraksjon på 5 kPa (lavere grense) og 15 kPa (øvre grense). Det er valgt $a = 10$ kPa for stabilitetsberegninger for middels fast leire.

For leire med sprøbruddegenskaper er tolket attraksjon på 5 kPa (lavere grense) og 10 kPa (øvre grense). Det er valgt $a = 5$ kPa for stabilitetsberegninger for kvikkleire eller sprøbruddmateriale.

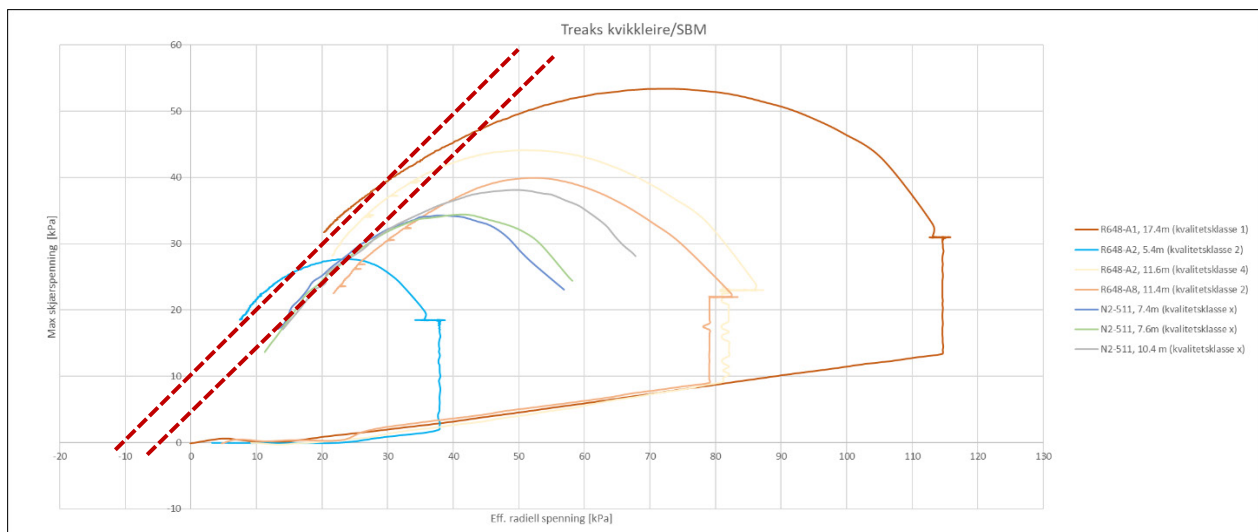
Oppsummering av resultatene er vist i Tabell 1.1. Disse parameterne brukes for stabilitetsberegning i dette prosjektet, med tilpasning av noen parametere når det er nødvendig langs kritiske snitt der det foreligger egne data fra lokale prøvetaking. Treaksialforsøk fra nærliggende borpunkter er altså prioritert i bestemmelse av styrkeparametere for hvert enkelt beregningssnitt.

Tabell 1.1: Oppsummering av tolket parametere for effektivspenningsanalyse.

	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	a [kPa]
Tørreskorpeleire	19	9	30	0
Leire – middels fast	18,5	8,5	30	10
Leire – bløt/sprøbruddmateriale	18,5	8,5	27	5
Morenemateriale	19	9	35	5



Figur 1: Sammenstilling av treaks-plot for tolkning av jordparametere (leire uten sprøbruddegenskaper).



Figur 2: Sammenstilling av treaks-plot for tolkning av jordparametere (leire med sprøbruddegenskaper).

1.2 TOTALSPENNINGSPARAMETRE

Bestemmelse av skjærfasthetsprofiler baseres (i prioritert rekkefølge iht. NIFS rapport 77/2014) på følgende:

1. Treksialforsøk av god kvalitet (kvalitetsklasse 1)
2. CPTU (anvendelsesklasse 1)
3. Erfaringsverdier (c_{uA}/p_0' , SHANSEP)
4. Konus/enaks/vingebor

Designlinje for skjærfasthet bestemmes ved å legge størst vekt på treksialforsøk av tilfredsstillende kvalitet, samt CPTU-sonderinger med anvendelsesklasse 1. I tilfeller hvor tolket c_{uA} fra treksialforsøk og fra CPTU varierer i en bestemt dybde, vektlegges verdien fra treksialforsøk av god kvalitet.

Det har vært tilgang på resultater fra flere laboratorieundersøkelser. I bestemmelse av parametere til bruk i beregninger er resultater fra rutineundersøkelser benyttet, men resultater fra ødometer- og treksialforsøk er vektlagt.

Verdier for direkte skjærfasthet (S_{uD}) er hentet fra enaks- og konusforsøk. Resultater fra enaks-, konus- og treksialforsøk er benyttet sammen med CPTU-sonderinger for å etablere profiler for aktiv skjærfasthet. Ved plotting av S_{uA} profil fra enaks- og konusforsøk er verdiene fra labforsøk økt med ADP-faktor.

Tolkning av parametere for hvert enkelt CPTU-profiler er vist i **vedlegg 4**. Statens vegvesen sitt CPTU-regneark er brukt ved tolkning. Korrelasjoner som er brukt for udrenert skjærstyrke for utviklingen av regnearket er presentert i **vedlegg 3**.

For mest mulig realistisk SHANSEP-tolkning er OCR estimert basert på ødometerforsøk der det er utført forsøk av tilfredsstillende kvalitet (kvalitetsklasse 1 - lavere kvalitetsklasse er anvendt med forsiktighet i estimering av OCR). Der det ikke er utført ødometerforsøk er OCR valgt basert på CPTU-tolkningen, med tilpasset egen-definert verdi ut fra dataene fra CPTU-korrelasjoner.

1.3 ANISOTROPIFORHOLD

For bestemmelse av anisotropiforhold, er det gjort et valg iht. NIFS-rapport 14/2024, se Figur 3. Anisotropifaktorene velges basert på målt plastisitetsindeks (I_p) fra laboratorieanalyse.

Anisotropifaktorer er vurdert for flere dybder basert på plastisitetsindeksen for hver dybde, og er vurdert for både sprøbruddmateriale og middels fast leire. Gjennomgående for det aktuelle området er at ADP-faktorene er tilnærmet like for bløt og middels fast leire.

I_p	c_{uD}/c_{uC}	c_{uE}/c_{uC}
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p > 10 \%$	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

*Tabell 1: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP – faktorer).
OBS: I_p er i % i formlene.*

Figur 3: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer, NIFS-rapport 14/2014.

1.4 LABORATORIEFORSØK - PRØVEKVALITET

Tabell 1.2 viser oppsummering av kvalitetsklasse for treksialforsøkene. Forsøkene av kvalitetsklasse 1 og 2 er vektlagt. Bestemmelse av prøve kvalitet er basert på volumendring til prøvene, samt OCR (fra ødometer), iht. tabell 6 i NGF-melding 11 (se Figur 4). I tilfeller der det ikke er utført ødometerforsøk for aktuell prøvedybde er OCR estimert iht. CPTU.

Tabell 1.2: Oppsummering av prøve kvalitet for treksialforsøk.

Borpunkt	Prøvedybde (m)	de/e0	OCR	KVALITETSKLASSE
669-15	7.3	0.062	1-2	2 - god til brukbar
485-9	7	0.051	2**	2 - god til brukbar
I1-3	3.6	0.04	4.9	3 - dårlig
I1-3	4.5	0.05	2.2*	2 - god til brukbar
R648-A1	4.4	0.026	3	1 - veldig god til utmerket
R648-A1	17.4	0.153	0.7	1 - veldig god til utmerket
R648-A2	5.4	0.063	1.1	2 - god til brukbar
R648-A2	11.6	0.156	1*	4 - veldig dårlig
R648-A3	3.4	0.051	3**	2 - god til brukbar
R648-A8	5.4	0.031	3.8	2 - god til brukbar
R648-A8	11.4	0.065	0.9	2 - god til brukbar
R648-A13	6.4	0.111	3 **	4 - veldig dårlig

* : estimert OCR fra CPTU, se vedlegg 4

** : estimert basert på resultat fra nærliggende pkt. samt beliggenhet iht. terreng

OCR	$\Delta e/e_0^4$			
	Veldig god til utmerket	God til brukbar	Dårlig	Veldig dårlig
1-2	<0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	>0,14
2-4	<0,03	0,03-0,05	0,05-0,10	>0,10
4-6	<0,02	0,02-0,035	0,035-0,07	>0,07

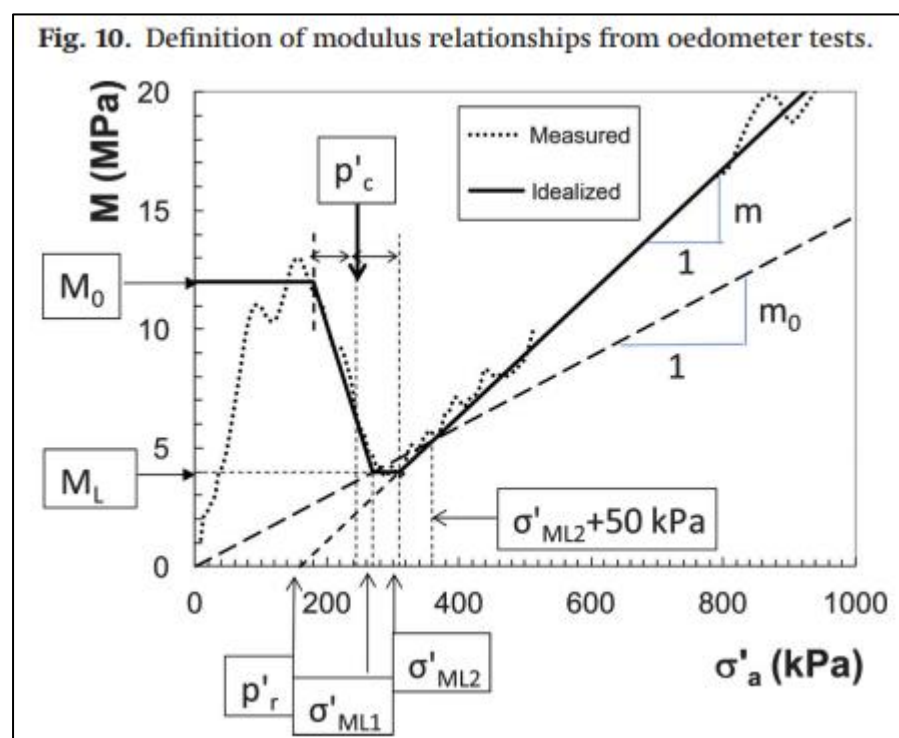
Figur 4: Veiledende kriterier for evaluering av prøve kvalitet basert på endring i poretryk (kilde: tabell 6 i NGF-melding 11)

For ødometerforsøk er prøvekvaliteten bestemt basert på Karlsrud 2013 [1], se Figur 5 og Figur 6. Kvalitetsklasse for ødometerforsøkene er oppsummert i Tabell 3.

Table 2. Sample quality assessed on basis of modulus values from oedometer tests.

Sample quality	Ratio $\Delta e/e_0$	Ratio M_0/M_L
Very good to excellent	0–0.04	>2
Good to fair	0.04–0.07	1.5–2
Poor	0.07–0.14	1–1.5
Very poor	>0.14	<1

Figur 5: grunnlag for klassifisering av prøvekvalitet for ødometerforsøk [1]



Figur 6: definisjoner av relasjoner fra ødometerforsøk [1]

Tabell 1.3: Oppsummering av prøve kvalitet for ødometerforsøk.

Borpunkt	Prøvedybde (m)	M ₀	M _L	KVALITETSKLASSE
485-9	3	6.4	4.4	3 - dårlig
485-9	11.7	5.6	2.7	1 - veldig god til utmerket
669-15	5.3	4.7	1	1 - veldig god til utmerket
669-15	11.3	3.4	2.1	2 - god til brukbar
A12	5.3	15.3	7.9	2 - god til brukbar
I1-2	5.6	6	2.7	1 - veldig god til utmerket
I1-3	3.45	11	6.9	2 - god til brukbar
R648-A1	4.5	3.9	1.8	1 - veldig god til utmerket
R648-A1	17.25	4	3	3 - dårlig
R648-A2	5.5	1.8	0.7	1 - veldig god til utmerket
R648-A8	5.3	7	3	1 - veldig god til utmerket
R648-A8	11.3	3.2	1.2	1 - veldig god til utmerket
R648-A13	6.3	5.5	5.5	4 - veldig dårlig

1.5 GRUNNVANNSTAND OG PORETRYKK

Prosjektområdet har terreng preget av raviner, samt Vestfosselva som går fra nord mot sør. Vestfosselva renner gjennom en demning ved Vestfossen kraftverk i Vestfossen sentrum. Sør for demningen er normalvannstand for elva på 19 m.o.h., og nord for demningen har elva normalvannstand varierende mellom ca. 0-2 m.o.h.

Grunnvannstand er målt i 10 punkter i området, der det i ni av punktene satt ned poretrykksmålere i to nivåer. Grunnvannstand er målt med både hydrauliske og elektriske piezometere, og det er målt i flere perioder for de fleste punktene. Figur 7- Figur 12 viser registrering av poretrykksmålinger med tid for de punktene der det er tilgang på flere avlesninger (avlesningsdata presentert i Tabell 4 – Tabell 8).

Enkelte av poretrykksmålerne er installert og målt inn langt tilbake i tid (2007/2008), og det har i etterkant vært utført terrengendringer som en del av sikringstiltak. Dette gjelder for pkt. N2-509 og N2-511 (se Tabell 1.7), og det har ikke vært mulig å lese av poretrykksmålerne i nyere tid.

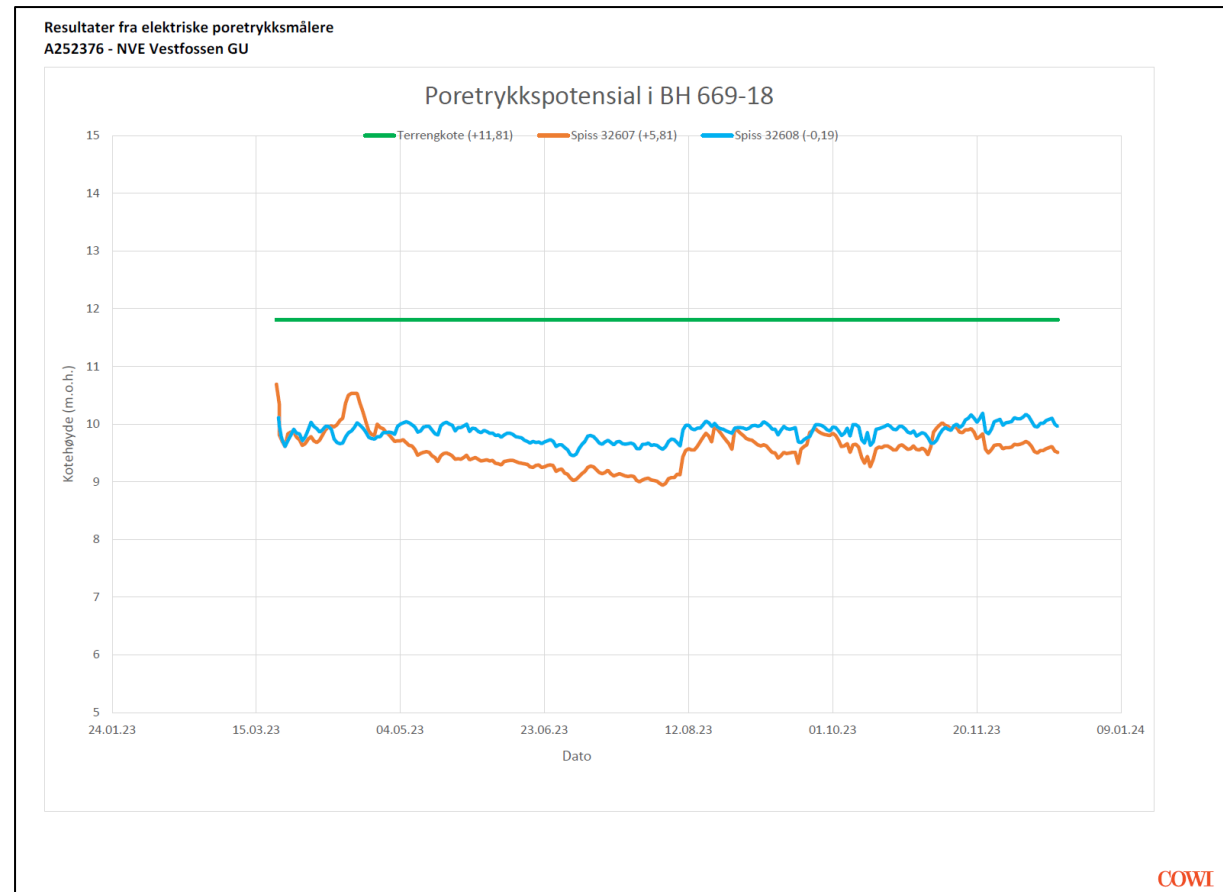
Det har også vært tilgang på poretrykksmålinger gjort i etterkant av utglidningen i 1984 [2]. Figur 13 viser avlesninger fra 1985, men det understrekes at flere av disse gjelder punkter som ligger i skredgropa, med avlesningsdata fra under ett år etter utglidningen.

Figur 14 - Figur 19 viser målt poretrykksfordeling i dybden. Avlesningene som er benyttet i figurene er seneste data der det er tilgang på flere avlesninger. Disse poretrykksforholdene er brukt for tolkning av CPTU-profiler og vurdering av grunnvannstands nivå (samt poreovertrykk eller -undertrykk) ved stabilitetsberegninger. I vurdering av poretrykksfordeling med dybden er siste tilgjengelige data benyttet. Det samme gjelder for tolkning av CPTU-sonderinger. Det presiseres at både grunnvannstand og poretrykk forventes å variere med årstid og nedbørsmengder.

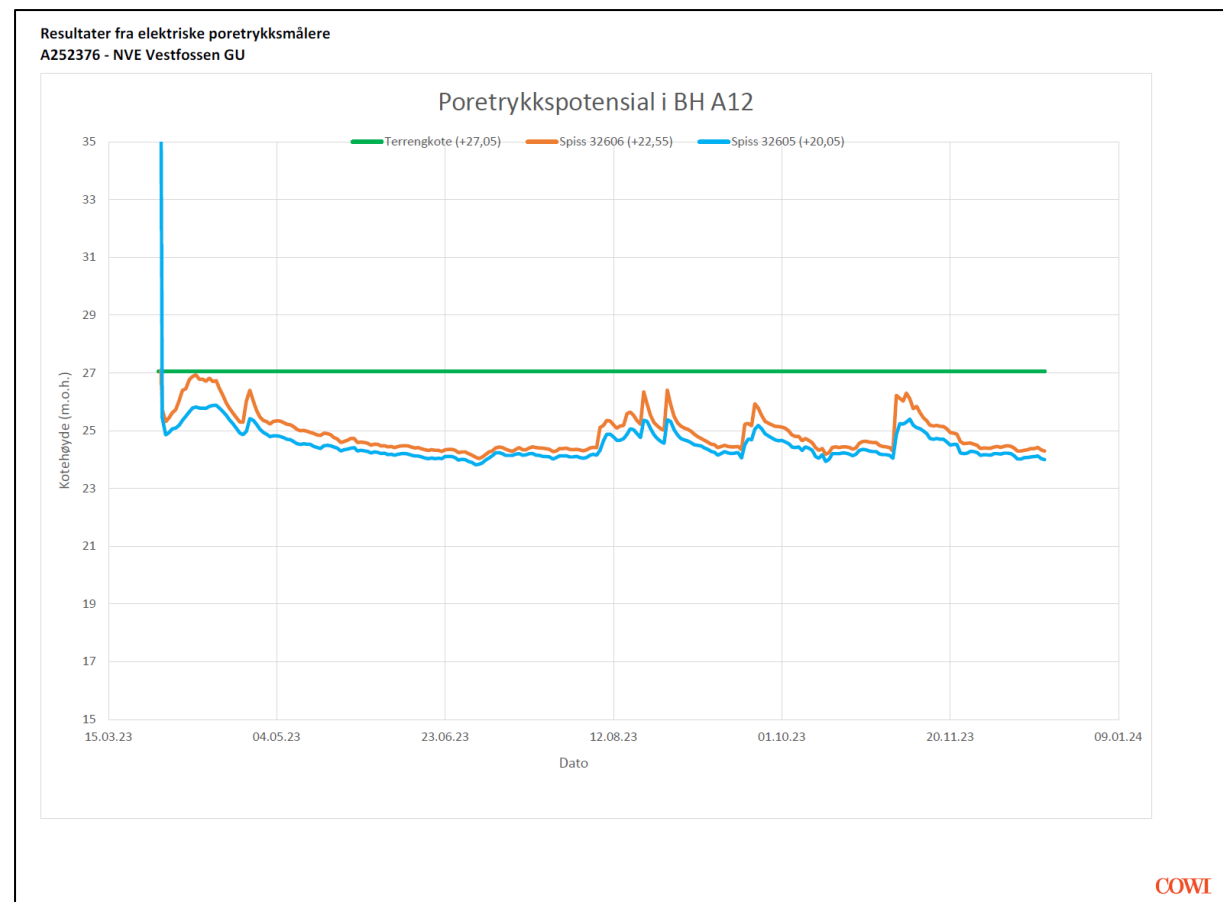
Det påpekes at flere av grunnvannsavlesningene som er gjort i nærheten av skredgropa fra 1984 (Figur 13 og Figur 16) viser poreovertrykk, men i beregninger for området (se kritisk snitt S3) er grunnvannstanden basert på pkt. 110, som viser hydrostatisk fordelt poretrykk. Dette er fordi pkt. 110 ligger nærmest aktuelt beregningssnitt, og i tillegg vurderes det som sannsynlig at poretrykket i skredgropa ikke hadde utjevnet seg ila. tiden det ble gjort avlesninger.

Tabell 1.4: Piezometere installert i forbindelse med dette prosjektet. [3]

Borpunkt	Type	Terrengkote	Kote spiss	Dybde GVS under terreng (m)		Kote	
				25.04.23	18.12.23	25.04.23	18.12.23
669-18	Elektrisk	+11.81	+5.81	2.01	2.3	+9.8	+9.51
669-18	Elektrisk	+11.81	-0.19	2.07	1.85	+9.74	+9.96
A12	Elektrisk	+27.05	+22.55	1.02	2.76	+26.03	+24.29
A12	Elektrisk	+27.05	+20.05	2.07	3.05	+24.98	+24.00



Figur 7: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i BH 669-18 [3]

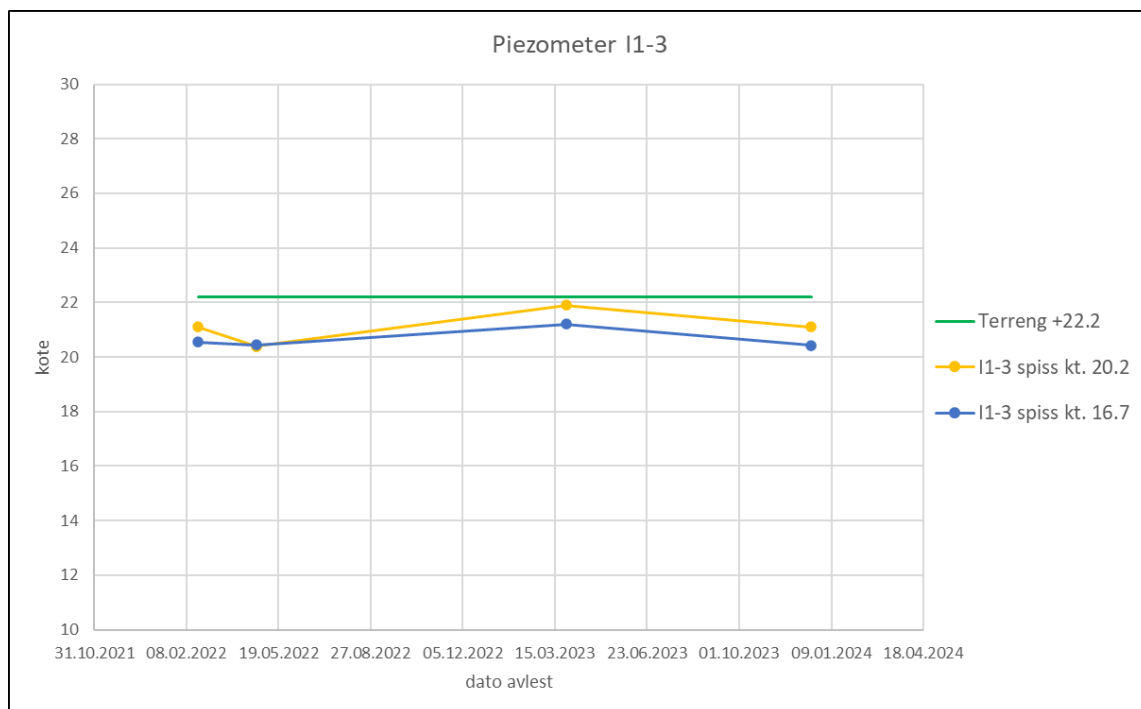


Figur 8: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i BH A12 [3]

Tabell 1.5: Tidligere installerte piezometere [4]

Borpu nkt	Type	Terre ngkote	Kote spiss	Dybde GVS under terreng (m)			Kote		
				27.03.22	27.03.23	18.12.23	25.04.22	27.03.23	18.12.23
I1-1	Hydraulisk	+26.8	+21.3	4.7	3.3	3.9	+22.0	+23.5	+22.9
I1-3	Hydraulisk	+22.2	+16.7	1.1	1	1.8	+21.1	+21.2	+20.4
I1-3	Hydraulisk	+22.2	+20.2	0.3	0.3	1.1	+20.45	+21.9	+21.1

Figur 9: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i BH I1-1 [4]



Figur 10: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i BH I1-3 [4]

Tabell 1.6: Tidligere installerte piezometere [5]

Borpunkt	Type	Terrengkote	Kotespiss	Dybde GVS under terreng (m)			Kote GVS		
				14.03.08	22.03.23	18.12.23	14.03.08	22.03.23	18.12.23
N2-505	Hydraulisk	+18.2	+8.2	2.0	2.0	1.8	+16.2	+16.2	+16.4
N2-505	Hydraulisk	+18.2	+0.2	3.3	3.1	2.9	+14.9	+15.1	+15.3

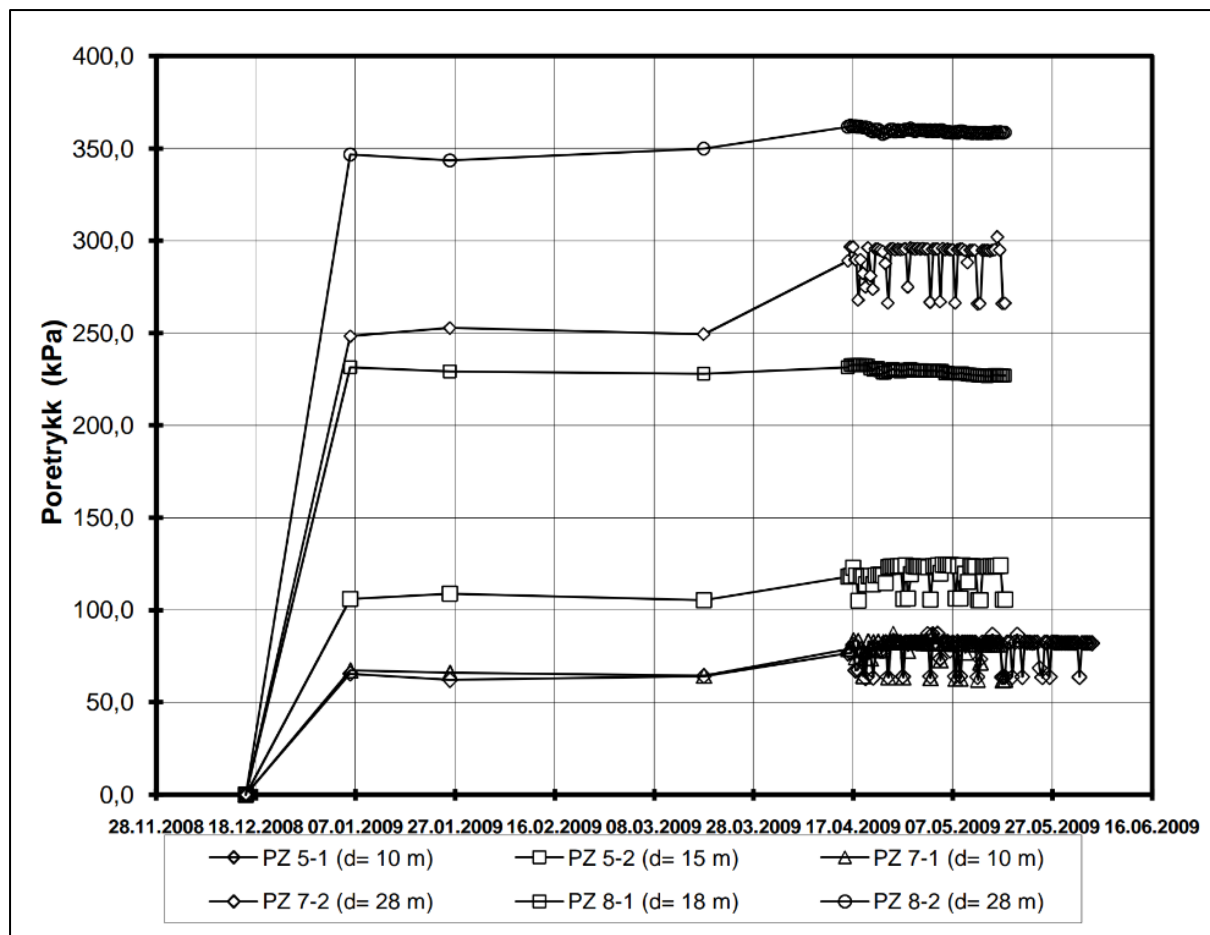
Figur 11: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i BH N2-505 [5]

Tabell 1.7: Gamle hydrauliske piezometere, ny avlesning ikke tilgjengelig [5]

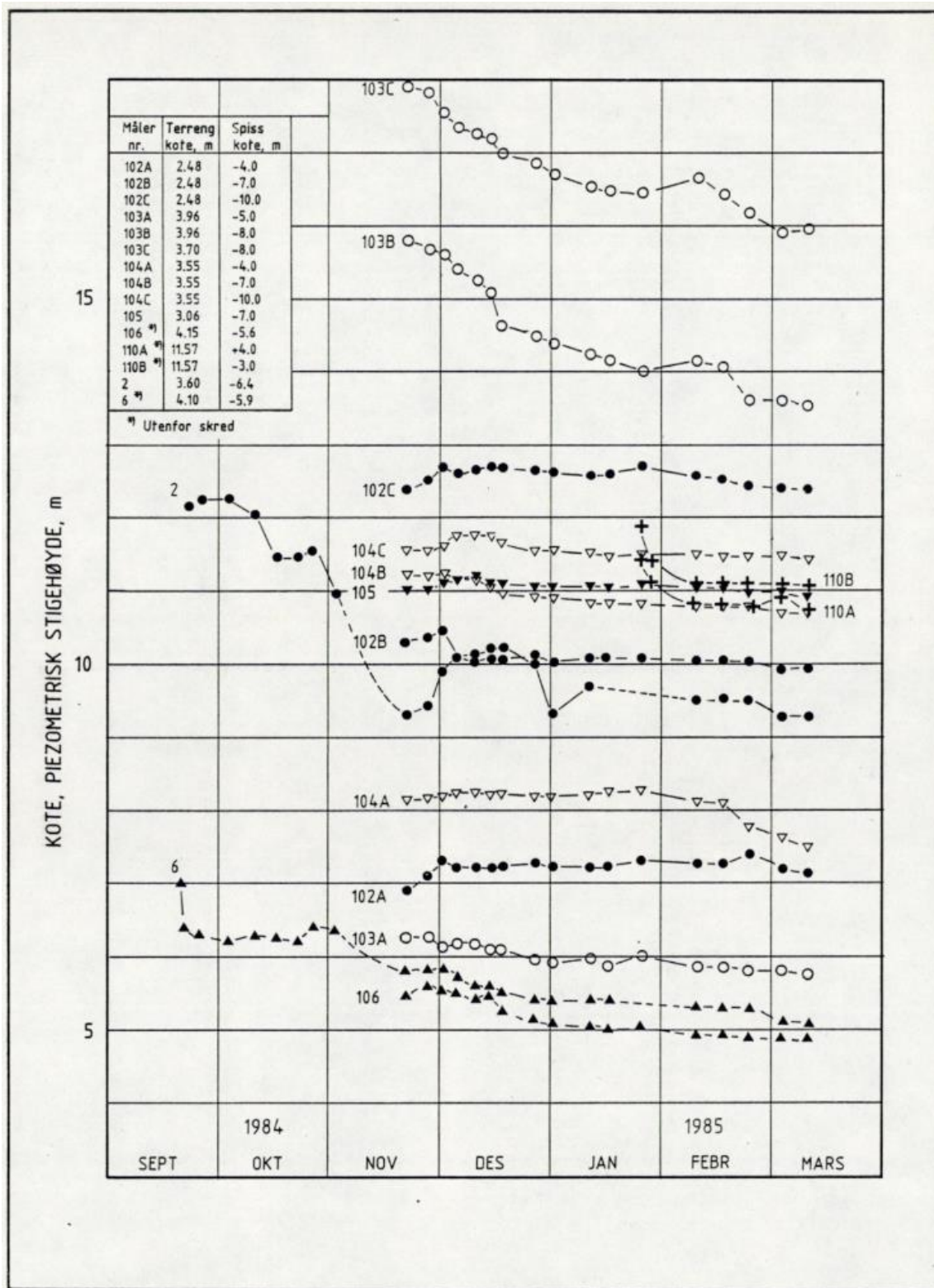
Borpunkt	Type	Terrengekote	Kote spiss	Dybde GVS under terreng (m)	Kote GVS	Kommentar
				21.09.07	21.09.07	
N2-509	Hydraulisk	+22.2	+2.2	6.3	+15.9	Fra 2007, før sikring av ravine
N2-509	Hydraulisk	+22.2	+10.2	5.2	+17.0	Fra 2007, før sikring av ravine
N2-511	Hydraulisk	+21.5	+11.5	1.8	+19.7	Fra 2007, før sikring av ravine
N2-511	Hydraulisk	+21.5	+6.5	3.7	+17.8	Fra 2007, før sikring av ravine

Tabell 1.8: Gamle elektriske piezometere (avlesningsdata kun tilgjengelig i grafisk form, se Figur 12) [5]

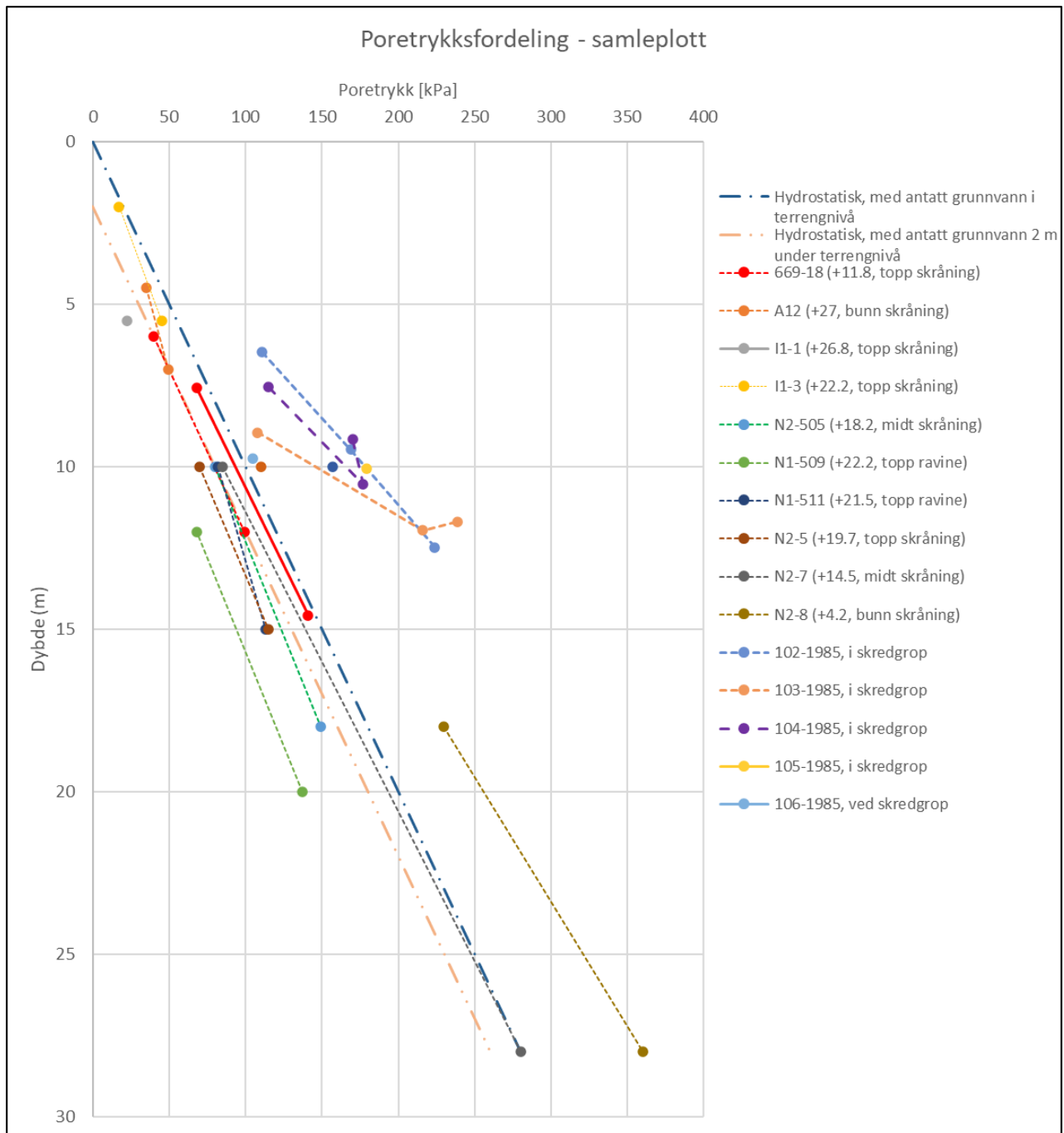
Borpunkt	Type	Terrengekote	Kote spiss	Dybde GVS (m)	Kote GVS	Kommentar
				Mai 2009	Mai 2009	
N2-5	Elektrisk	+19.7	+9.8	3	+16.7	
N2-5	Elektrisk	+19.7	+4.8	3.5	+16.2	
N2-7	Elektrisk	+14.5	+4.5	1.5	+13	
N2-7	Elektrisk	+14.5	-13.6	0	+14.5	
N2-8	Elektrisk	+4.2	-13.8	0	+4.2	Poreovertrykk
N2-8	Elektrisk	+4.2	-23.8	0	+4.2	Poreovertrykk



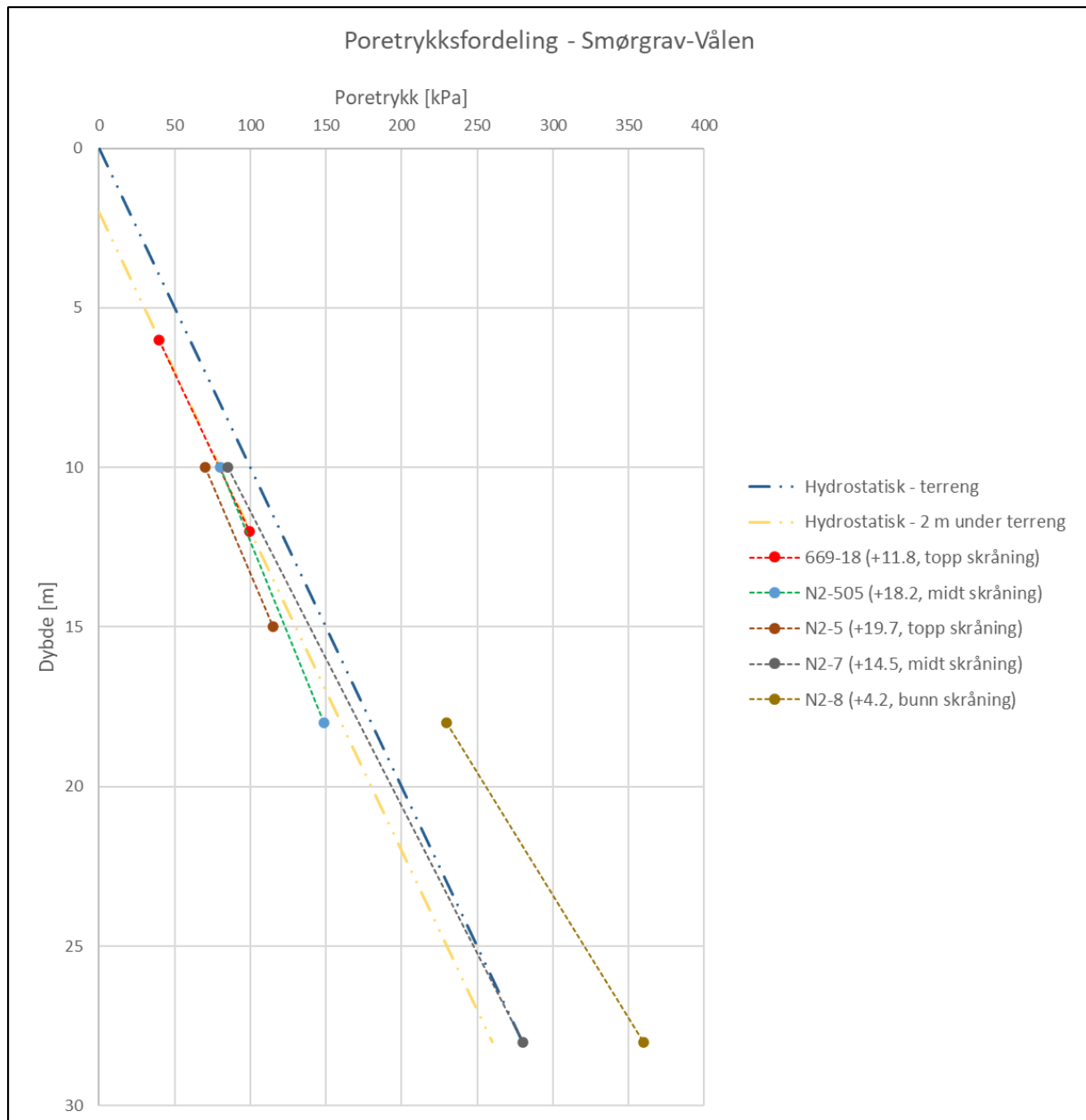
Figur 12: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i BH N2-5, N2-7 og N2-8 [5]



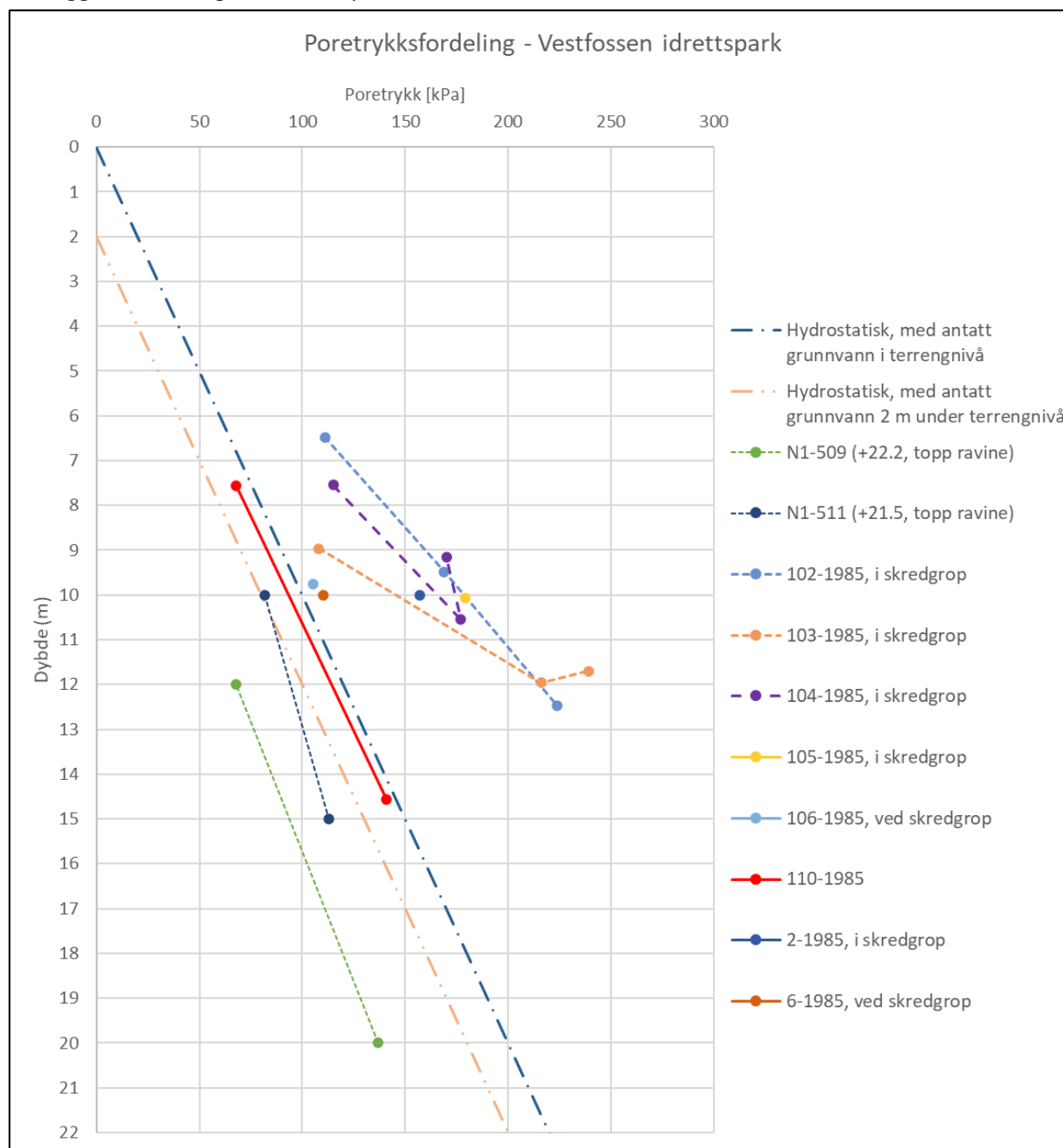
Figur 13: Variasjon i poretrykkspotensial med tid i borpunkter utført ifbm. utglidningen ved Vestfossen idrettspark, 11. september 1984 [2]



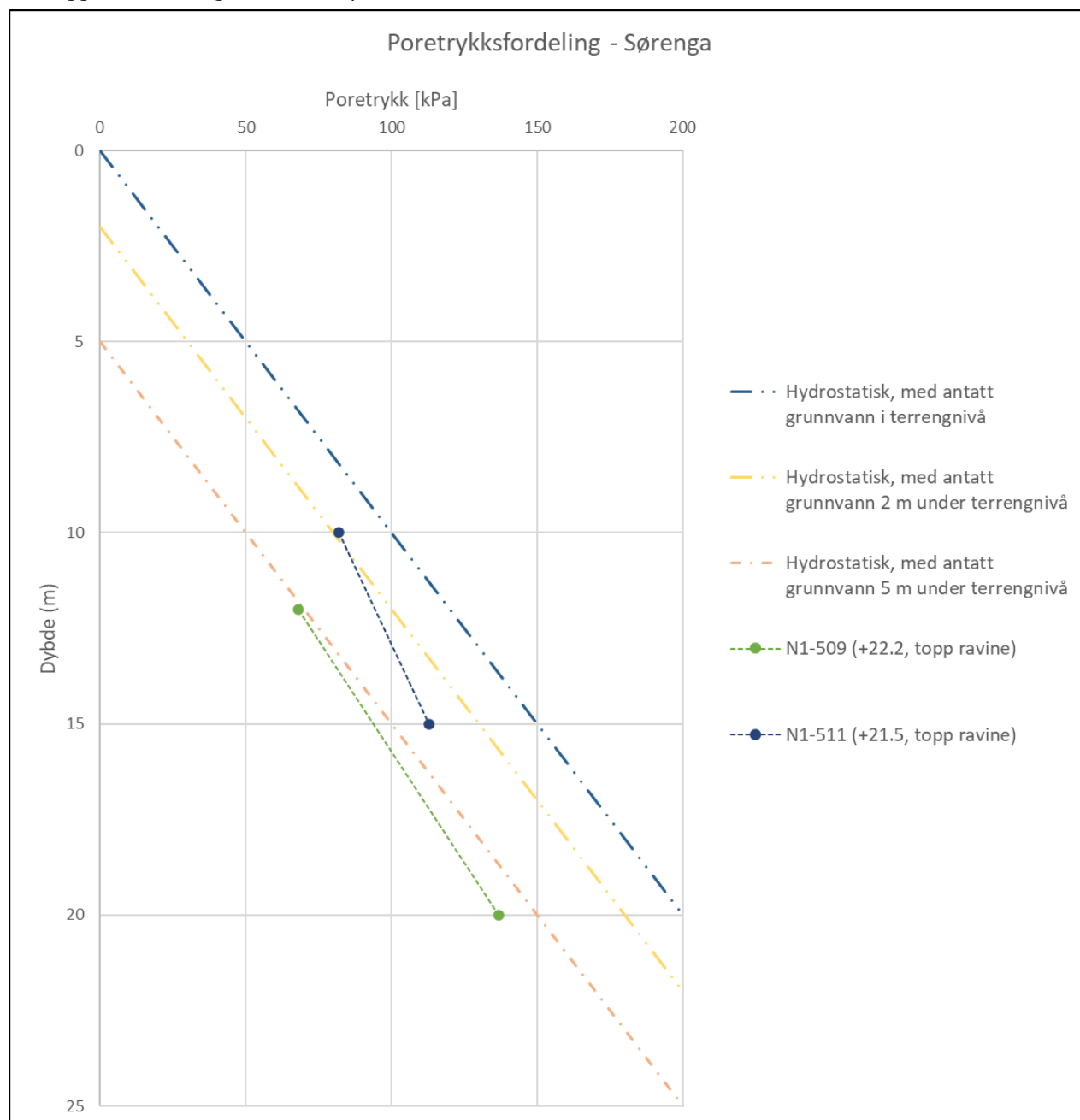
Figur 14: Poretrykksfordeling med dybden, sammenstilling av alle tilgjengelige poretrykksmålinger innenfor prosjektområdet. Hydrostatisk fordelt poretrykk opptegnet som referanse.



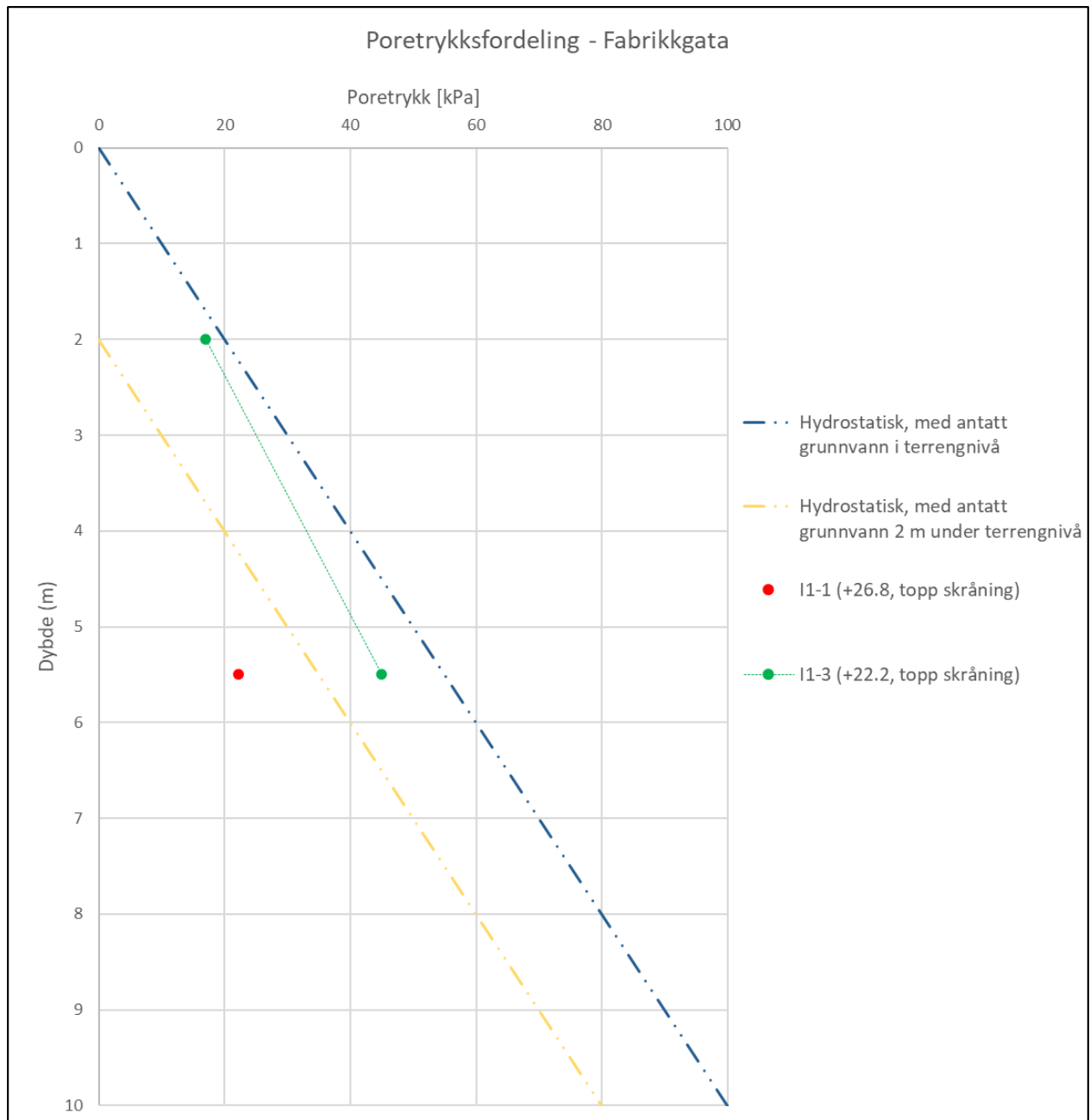
Figur 15: Poretrykksfordeling med dybden. Sammenstilling av poretrykksmålinger i området Smørgrav-Vålen. Hydrostatisk fordelt poretrykk opptegnet som referanse.



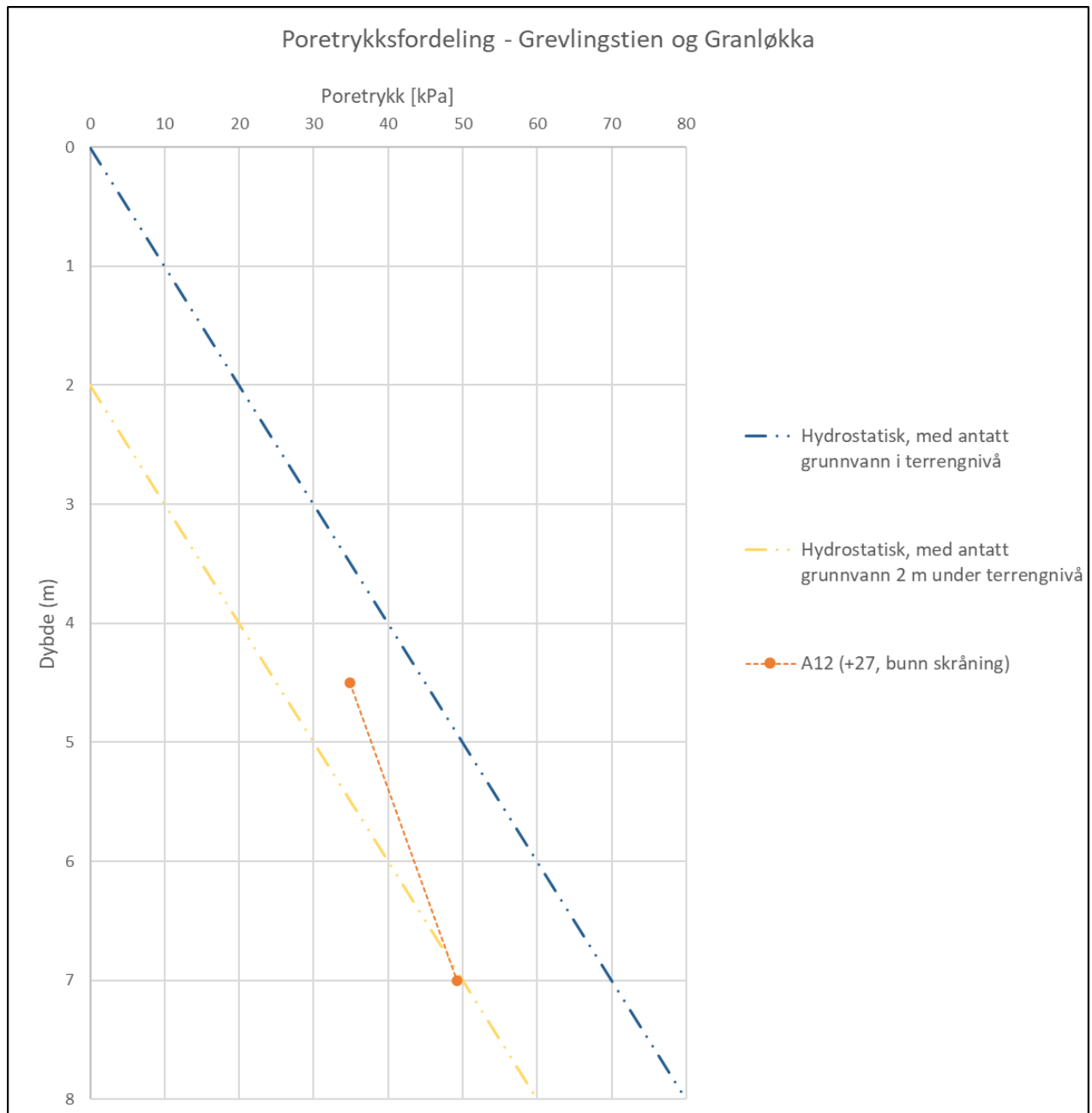
Figur 16: Poretrykksfordeling med dybden. Sammenstilling av poretrykksmålinger i området Vestfossen idrettspark. Hydrostatisk fordelt poretrykk opptegnet som referanse.



Figur 17: Poretrykksfordeling med dybden Sammenstilling av poretrykksmålinger i området ved sone Sørenga. Hydrostatisk fordelt poretrykk opptegnet som referanse.



Figur 18: Poretrykksfordeling med dybden – sammenstilling av poretrykksmålinger i området ved sone Fabrikkgata. Hydrostatisk fordelt poretrykk opptegnet som referanse.



Figur 19: Sammenstilling av poretrykksmålinger i området ved Grevlingstien og Granløkka. Hydrostatisk fordeling av poretrykk er opptegnet som referanse.

2.0 ESTIMERING AV UDRENERT SKJÆRFASTHET

I forbindelse med beregninger av stabilitet for flere av de kritiske snittene i prosjektet er det ikke tilgjengelig grunnlag fra grunnundersøkelser (laboratorieundersøkelser og CPTU) for bestemmelse av skjærfastheten. I slike tilfeller har det vært behov for en alternativ måte å estimere skjærfastheten. Sammenstilling av ødometerforsøk for tilbakeberegning av tidligere terreng gir ikke en korrelasjon som er god nok til å benyttes for hele prosjektområdet.

2.1 PARAMETERVALG - KONSTANTER

NIFS rapport 56/2014 [6] er benyttet som grunnlag for estimering av skjærfasthet. Følgende formel er benyttet

$$s_u = \sigma'_{v0} \cdot S \cdot OCR^m = \sigma'_{v0} \cdot S \cdot \left(1 + \frac{POP}{\sigma'_{v0}}\right)^m \cdot OCR_\tau^m$$

Der

POP: overkonsolideringsgrad beregnet fra overlagring

OCR_τ: overkonsolideringsgrad som skyldes kryp.

I NIFS-rapporten [6] er det bestemt overkonsolideringsgrad som skyldes kryp (OCR_τ) bør velges til mellom 1-1.5 for Vestfossen. I våre estimat er det benyttet 1.2, da dette gir en god korrelasjon med tolkning av CPTU-resultater fra området.

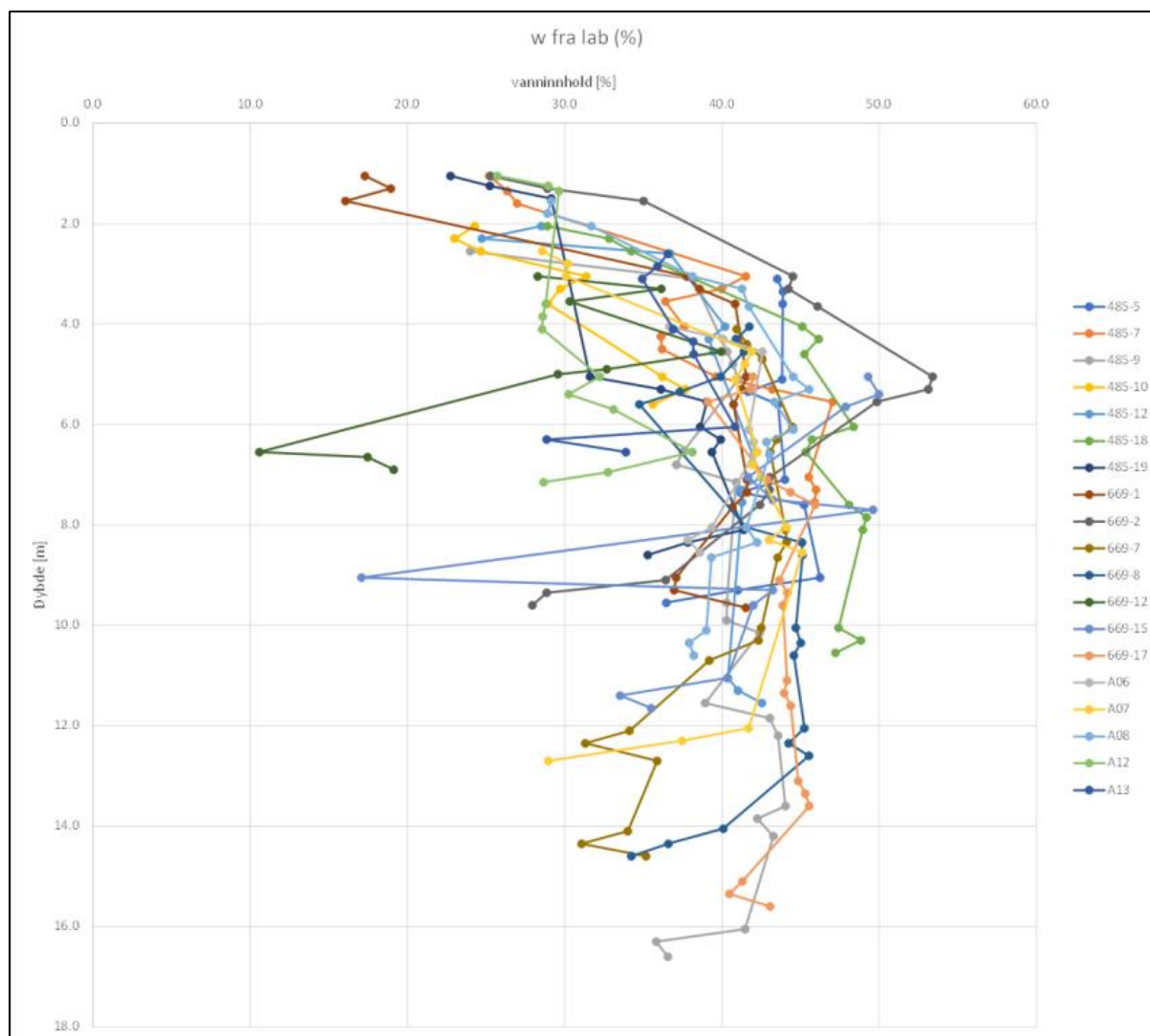
Iht. NIFS-rapporten [6] er minimumstyrke i toppen av suA-profilene satt til 31 kPa for stabilitetsvurderinger ved Vestfossen. Vi har gjort samme antagelse for vår vurdering i dette prosjekt.

S- og m-faktorene er bestemt iht. [1], basert på vanninnhold.

$$S = (0.27 + 0.10w)$$

$$m = (0.58 + 0.33w)$$

Figur 20 viser grafisk fremstilling av vanninnholdet w målt i laboratorieanalyser for prøver vist i datarapport fra COWI[3]. Som vist i figuren er vanninnholdet generelt mellom 30-50% for de analyserte prøvene, med størst vekt av resultater ved ca. 40-45%. Tabell 2.1 viser resultater for S og m for ulike vanninnhold.



Figur 20: Vanninnhold fra laboratorieanalyse [3]

Tabell 2.1: S og m beregnet for ulike vanninnhold

w	S	m
0.3	0.3	0.679
0.35	0.305	0.6955
0.4	0.31	0.712
0.45	0.315	0.7285
0.5	0.32	0.745

Basert på Tabell 2.1 velges følgende verdier for S og m:

S=0.3
m=0.72

Merk at i tolkning av skjærfasthet fra CPTU-sonderinger (Vedlegg 4) er det benyttet standardverdier for S og m ($S=0.25$, $m=0.65$) for SHANSEP. Det er kontrollert hvorvidt oppdaterte verdier påvirker tolkning av su_A fra CPTU-sonderinger. Det konkluderes med at det ikke har noen betydning for tolket skjærfasthet, og vedlegg 4 er derfor ikke oppdatert med dette.

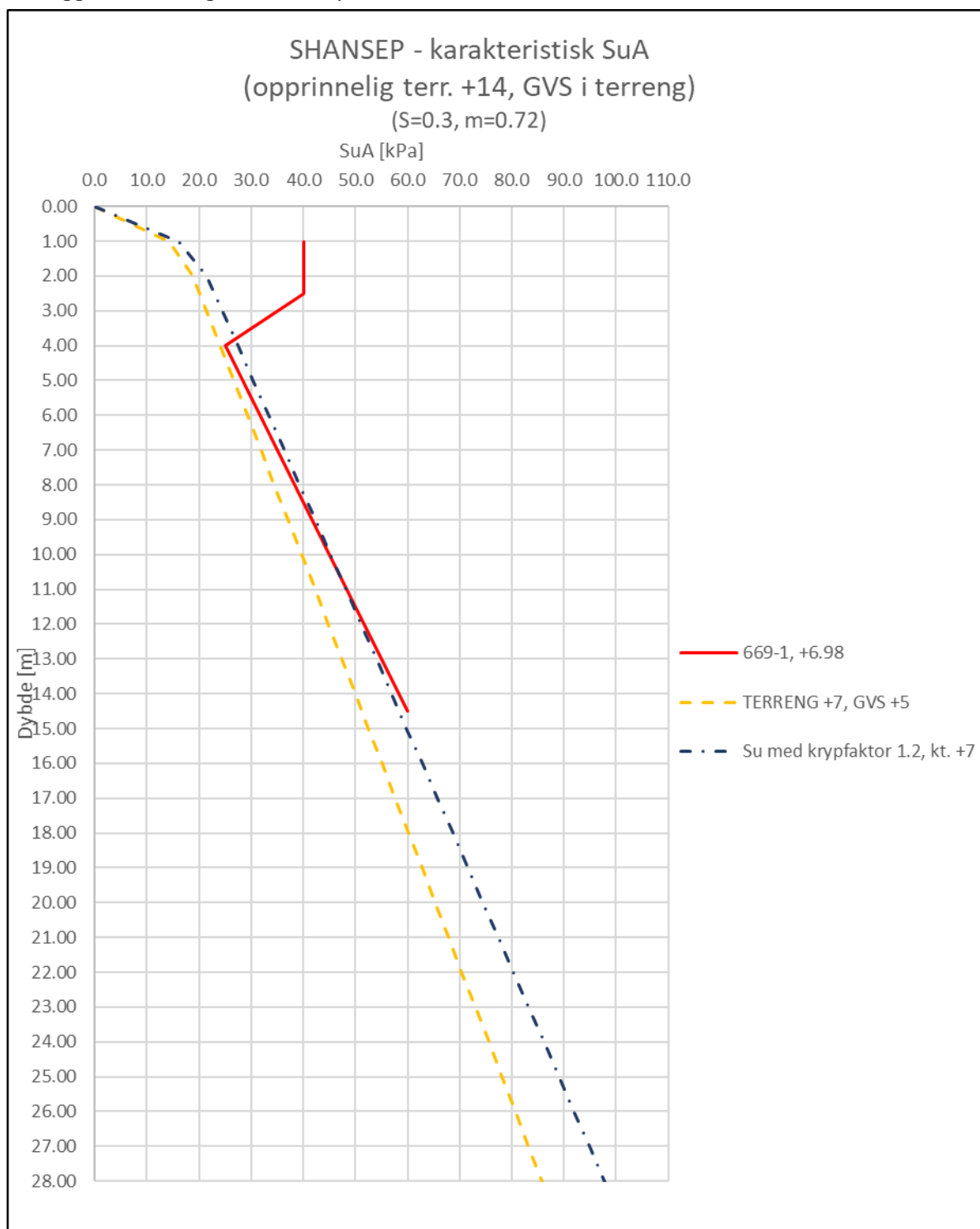
2.2 TIDLIGERE TERRENG

Tidligere terreng er tilbakeregnet for hvert enkelt beregningssnitt, basert på dagens terreng samt CPTU-resultater fra skråningene. Basert på dette er det anslått et tidligere terrengnivå for hvert beregningssnitt, som i sin tur er benyttet til å bestemme skjærfasthet i knekkpunktene til snittene. Tabell 2.2 lister opp CPTU-sonderinger som er benyttet for tilbakeberegning av terreng for hvert beregningssnitt, og Figur 21-30 viser resultatene for beregningen.

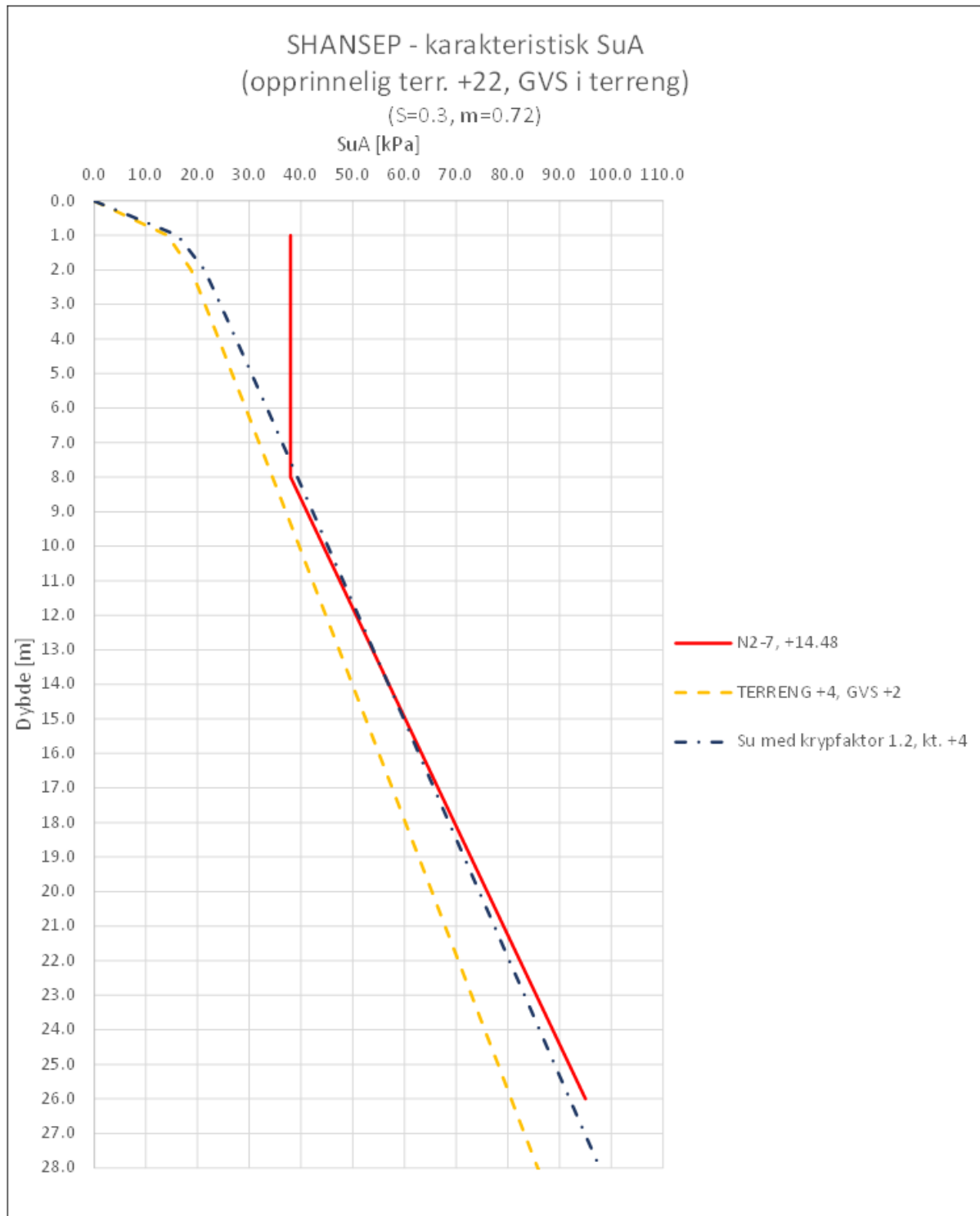
I vurderingene er tidligere grunnvannstand antatt å ha ligget i nivå med datidens terreng.

Tabell 2.2: Oversikt tilbakeregning av terreng

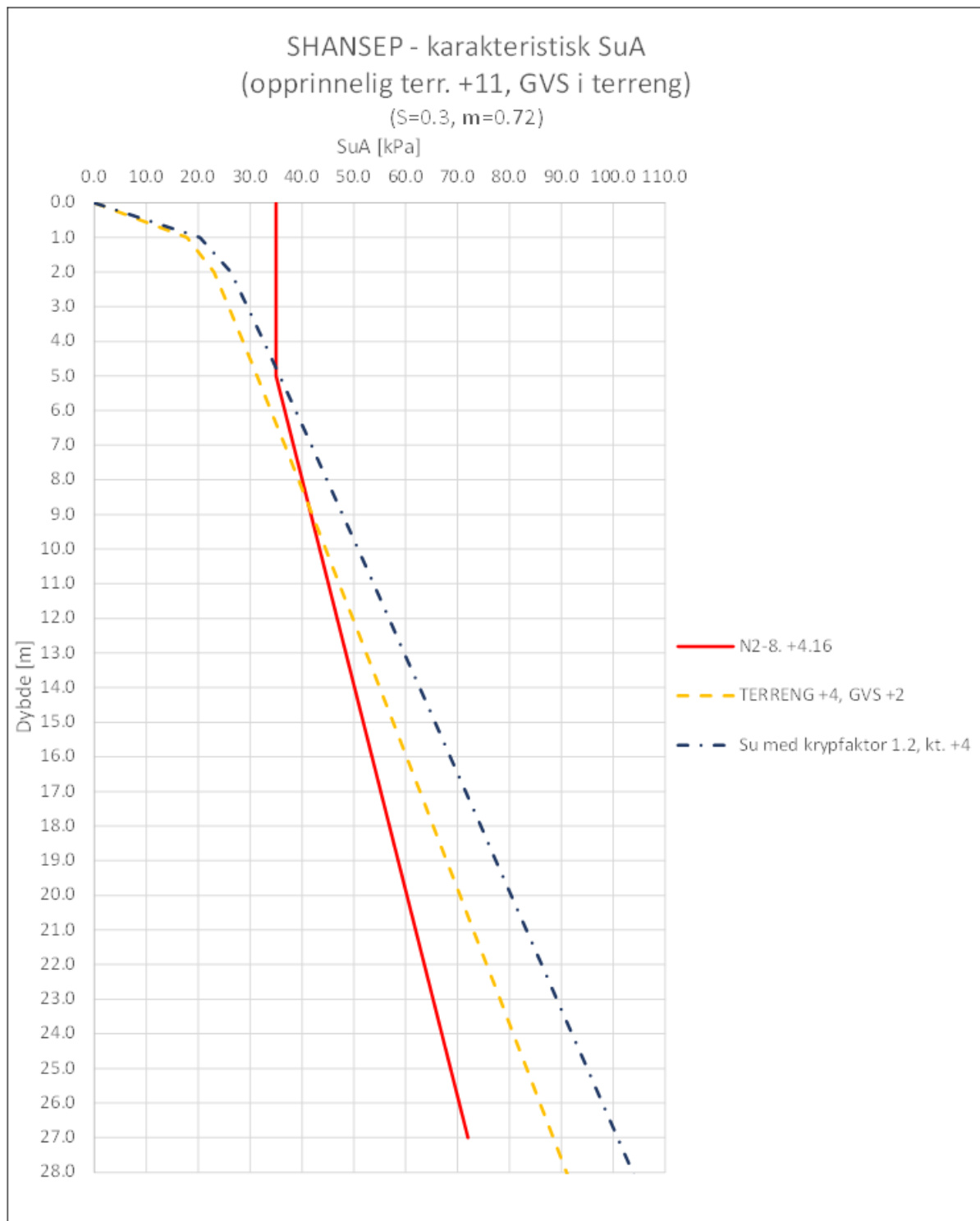
Ref. rapport	Snitt	CPTU fra pkt. benyttet for tilbakeberegning	Figur	Dagens terreng	Tilbakeregnet terreng	Forskjell fra dagens terreng (m)	Kommentar
R-01	V1	669-1	Figur 21	+6.98	+14	7	
R-01	V4	N2-7	Figur 22	+14.48	+22	7.5	
R-01	V4	N2-8	Figur 23	+4.16	+11	6.8	Dårlig korrelasjon for dette punktet. CPTU-tolkning er basert på laveste grense for skjærfasthet i dybden. Mest sannsynlig er faktisk skjærstyrke høyere enn tolkning fra CPTU i denne dybden.
R-01	S2	N2-505	Figur 24	+18.21	+22	3.8	
R-01	S2	N2-506	Figur 25	+11.21	+22	10.8	
R-01	S2/S4	N2-525	Figur 26	+20	+21	1	Tilbakeregnet terreng for dette punktet er benyttet for sørsiden av snitt S4
R-01	S4	485-8	Figur 27	+24	+24	0	Tilbakeregning av terreng uten krypfaktor gir best resultat her.
R-02	A3-4	R648-A8	Figur 28	+37	+40	3	
R-02	A4-2	A07	Figur 29	+41	+44	3	
R-03	S3	NC-3	Figur 30	+21.7	+22	0	Tilbakeregning av terreng med krypfaktor gir best resultat her.



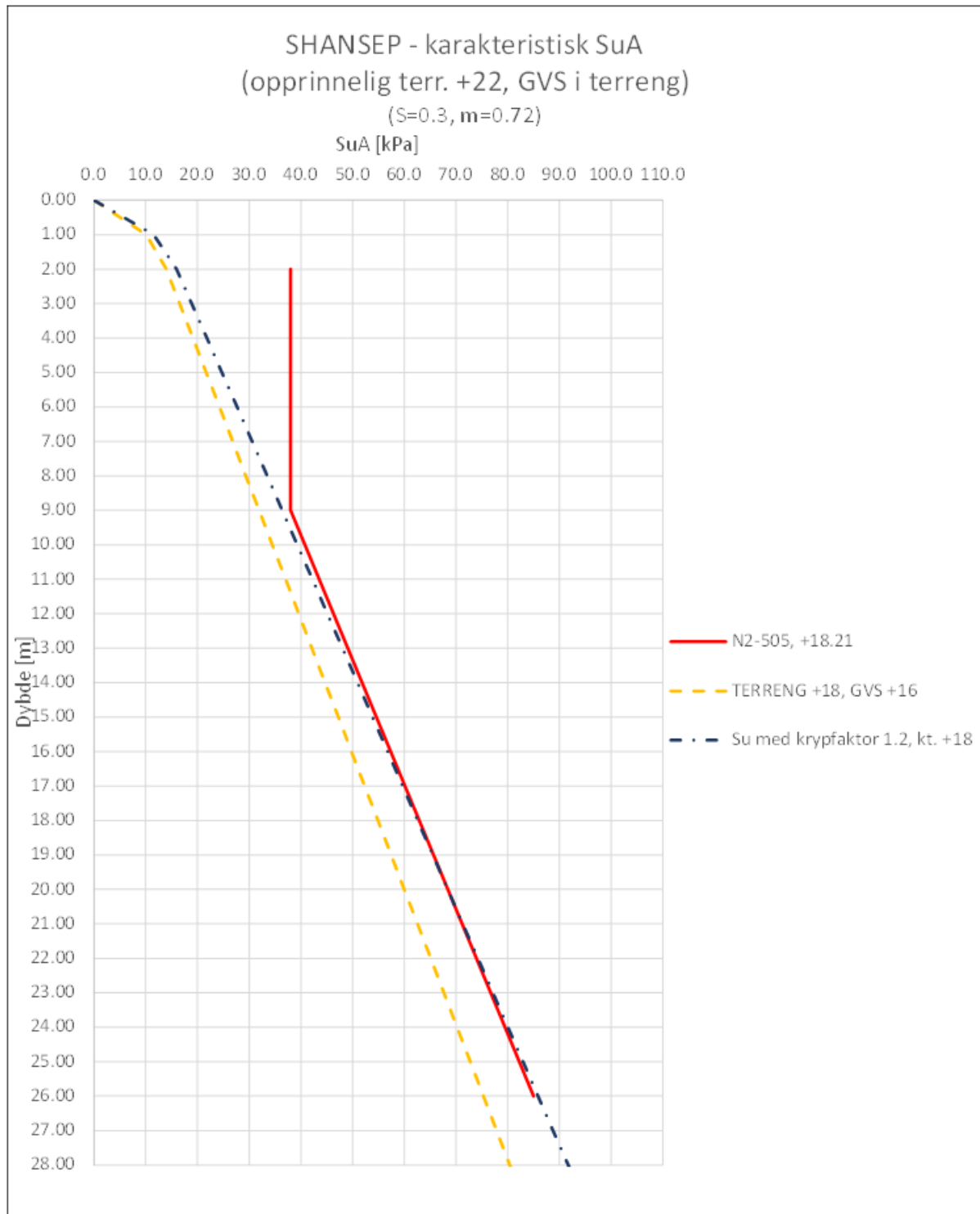
Figur 21: Tilbakeregnet terreng for pkt. 669-1



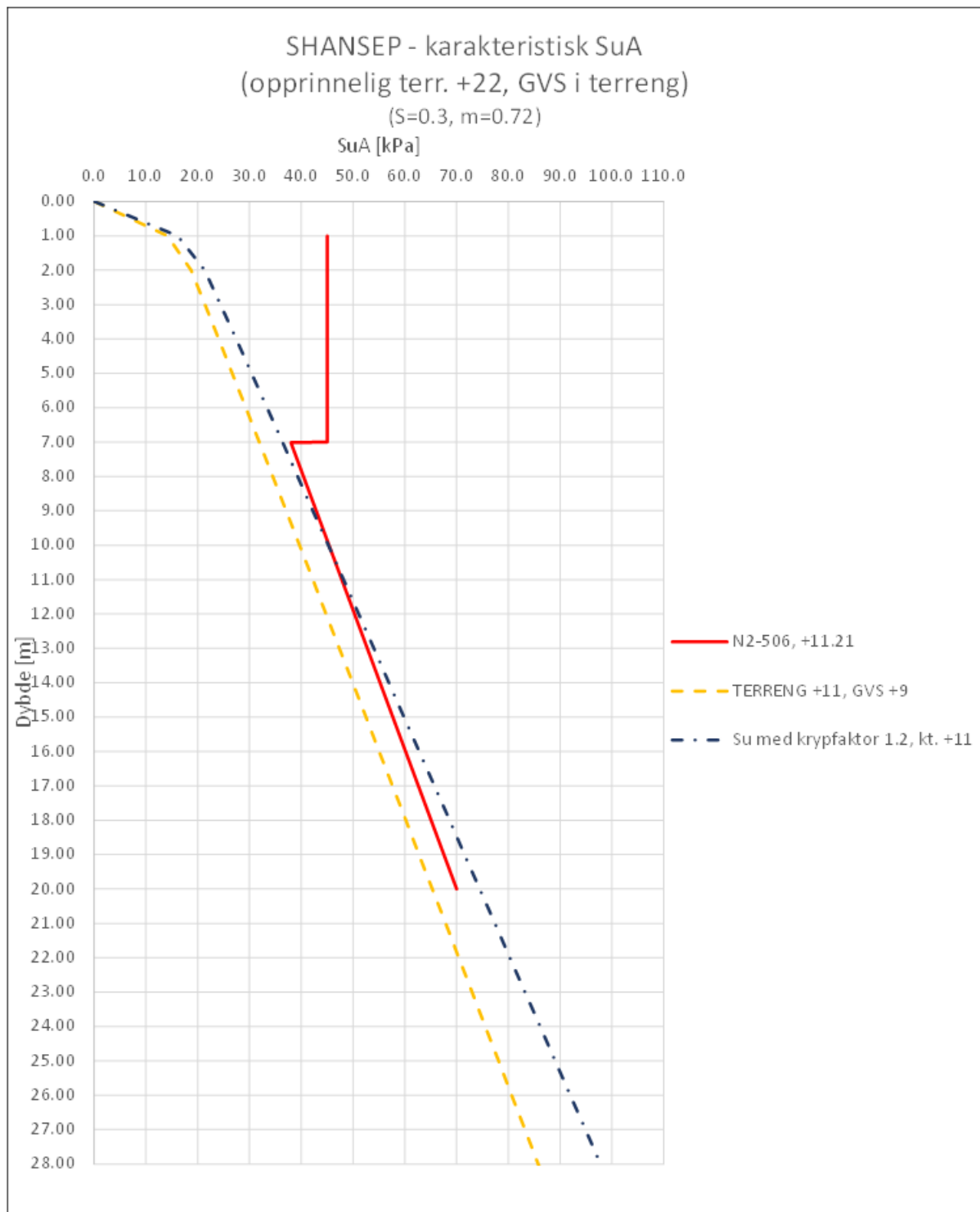
Figur 22: tilbakeregnet terreng for pkt. N2-7



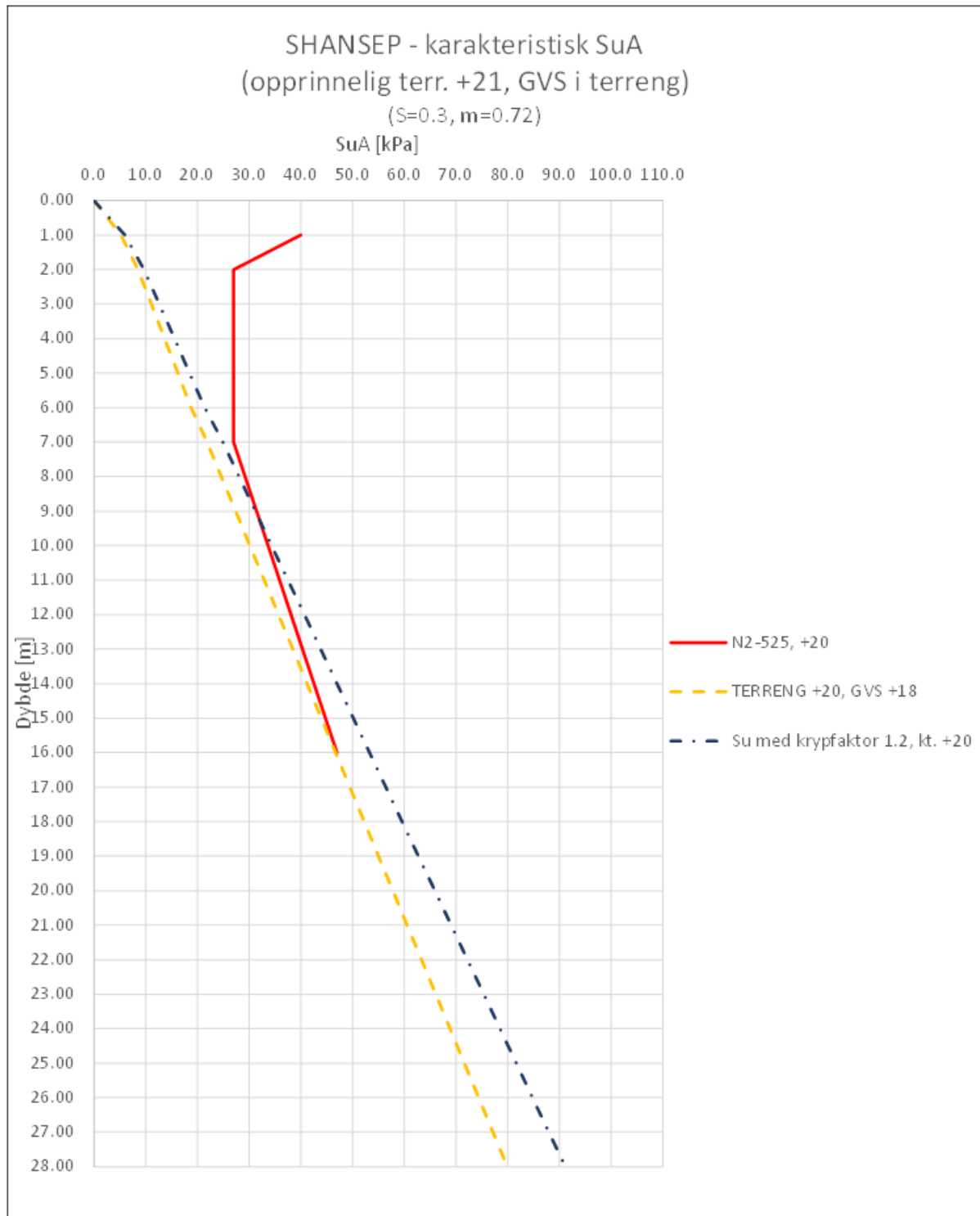
Figur 23: tilbakeregnet terreng for pkt. N2-8



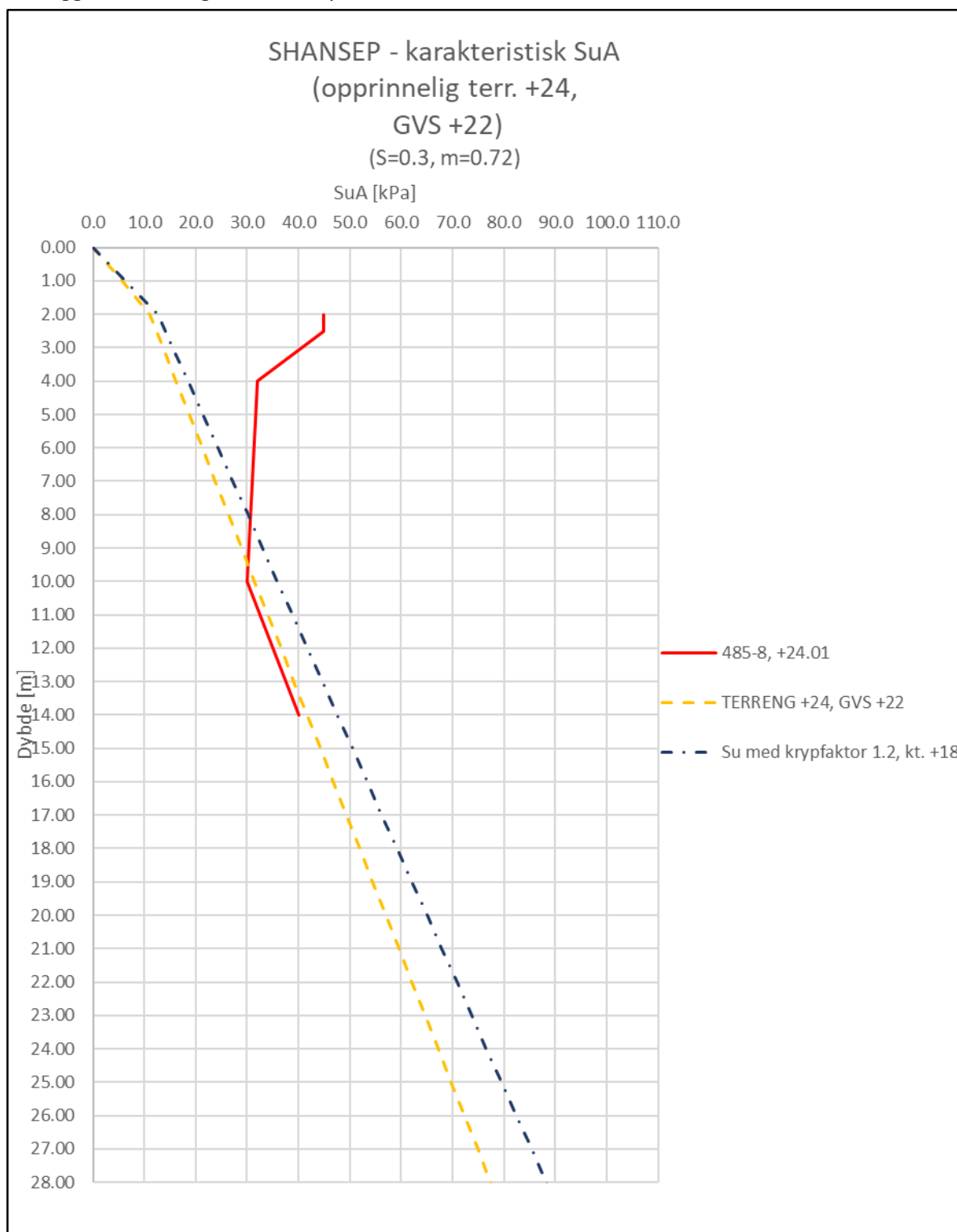
Figur 24: tilbakeregnet terreng for pkt. N2-505



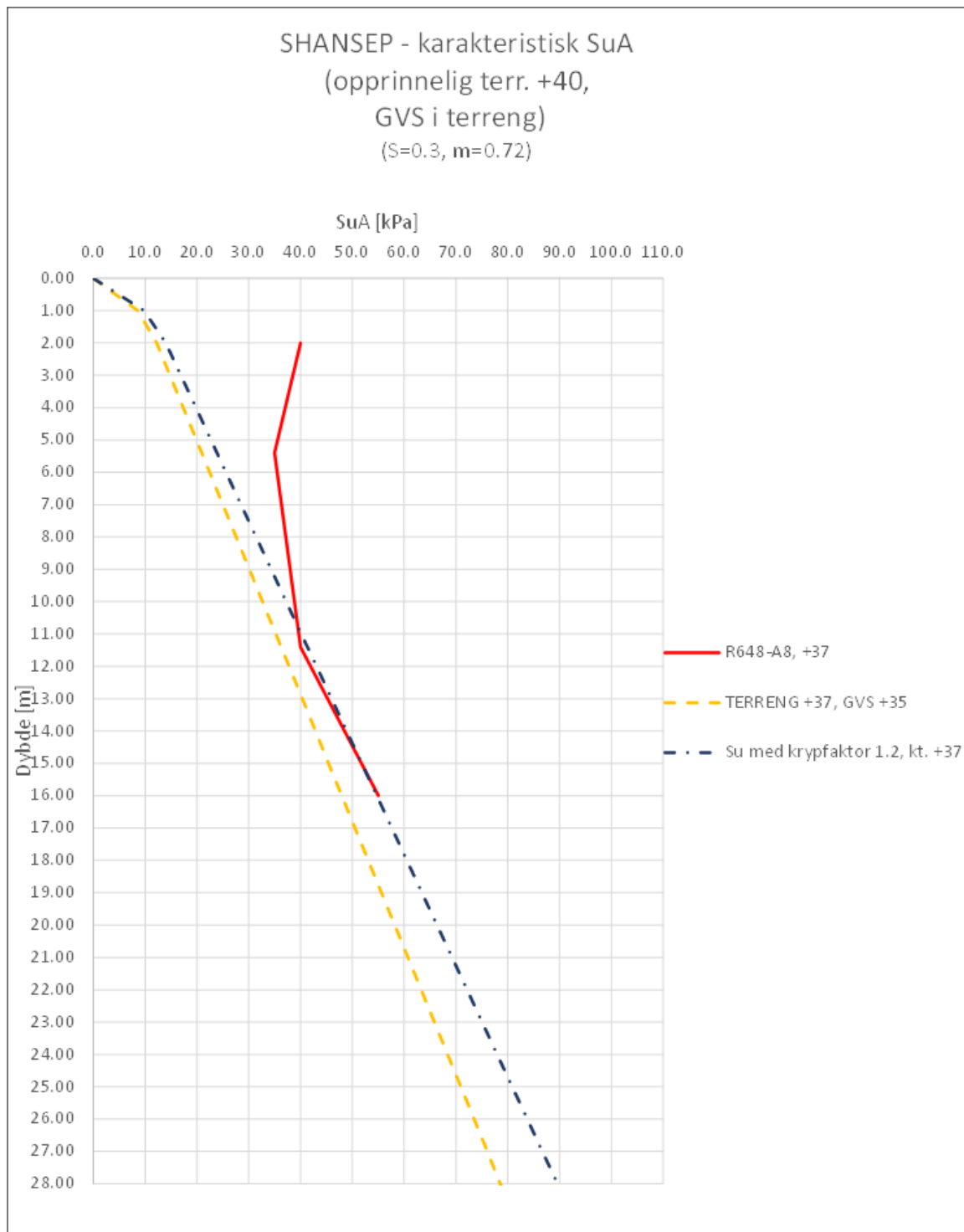
Figur 25: tilbakeregnet terreng for pkt. N2-506



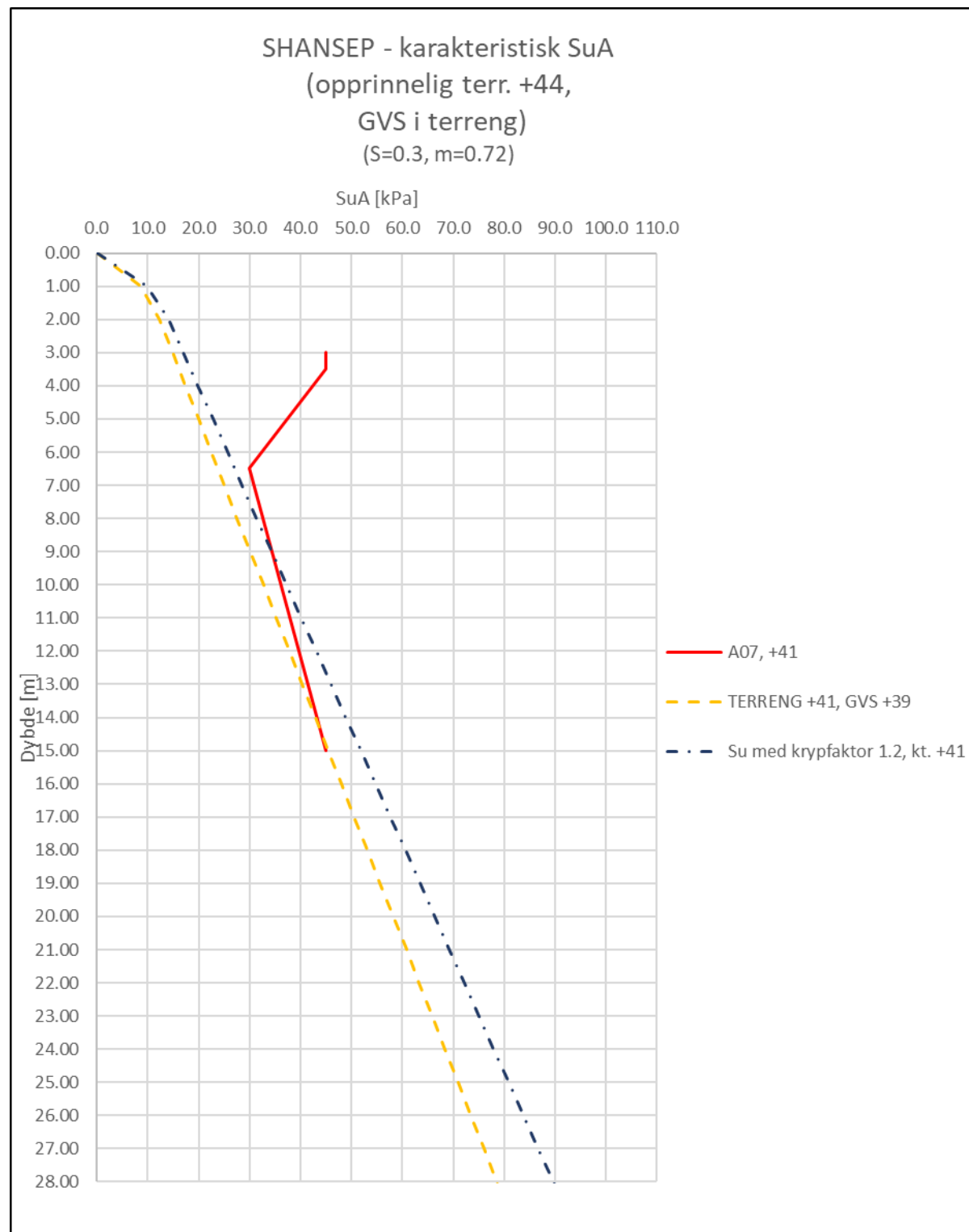
Figur 26: tilbakeregnet terreng for pkt. N2-525



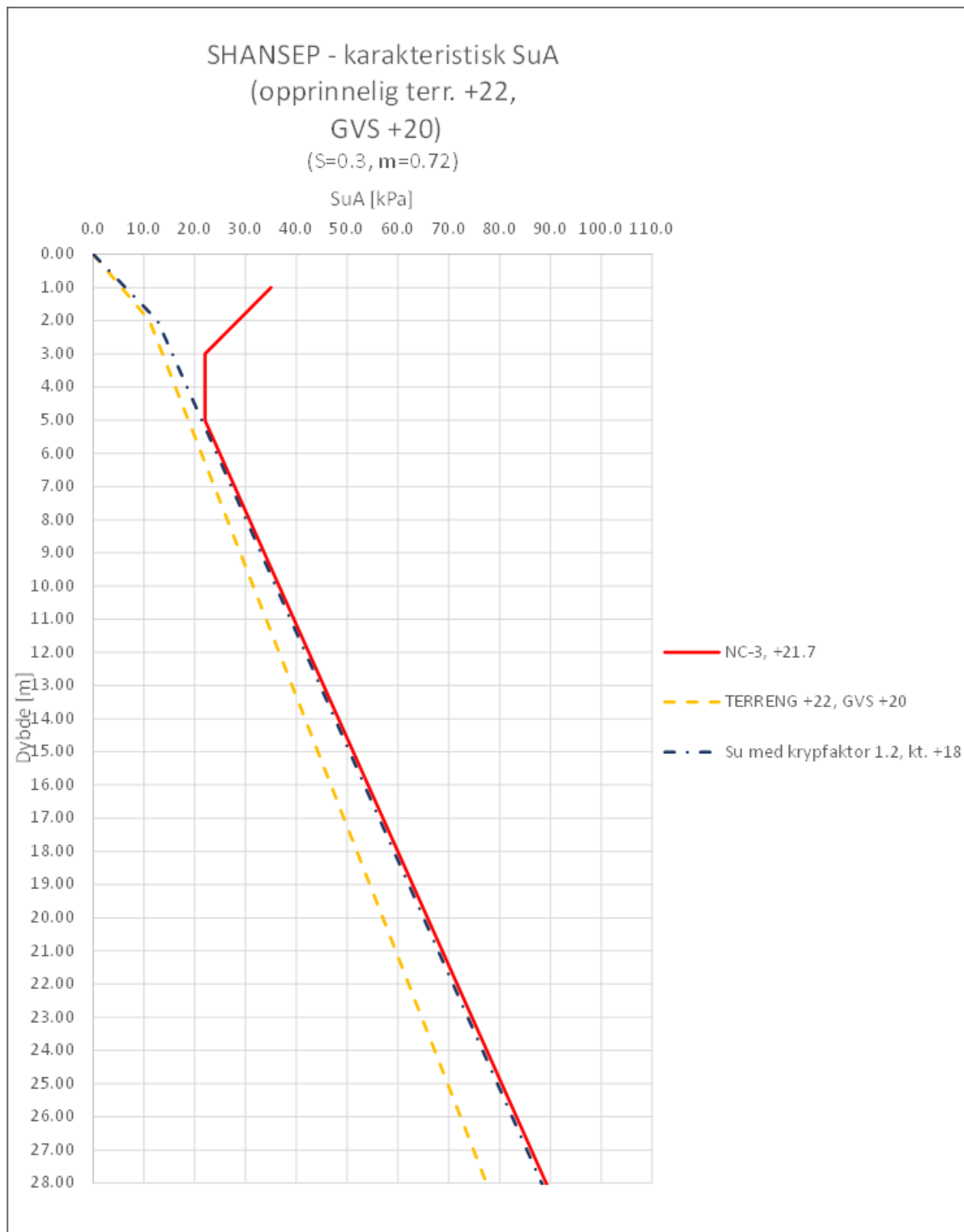
Figur 27: Tilbakeregnet terreng for pkt. 485-8



Figur 28: tilbakeregnet terreng for pkt. R648-A8



Figur 29: Tilbakeregnet terreng for pkt. A07



Figur 30: tilbakeregnet terreng for pkt. NC-3

3.0 REFERANSER

- [1] K. Karlsrud and F. G. Hernandez-Martinez, "Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high-quality block samples," 2013.
- [2] NGI, "Stabilitetsforholdene Strandajordet Vestfossen etter utglidningen den 11. september 1984," 85002-1, Apr. 1985.
- [3] COWI, "Grunnundersøkelser for utredning av kvikkleireskredfare Vestfossen, Øvre Eiker. Geoteknisk datarapport.," Apr. 2023.
- [4] Innlandet Geoteknikk AS, "Geoteknisk datarapport - Vestfossen kirke, Øvre Eiker kommune," 21-0111-1, Apr. 2022.
- [5] NGI, "Sikkerhet mot leirskred, Øvre Eiker kommune - Grunnundersøkelser," 20071671-2, Jun. 2009.
- [6] NGI, "Naturfareprosjektet DP.6 Kvikkleire. Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Tilbakeregning av Vestfossenskredet," 56/2014, 2014.

Vedlegg 2

Klassifisering av faresone



 AFRY		Skadekonsekvens <table><thead><tr><th>Faktorer</th><th>Valgt verdi</th><th>Vekttall</th><th>Vektet verdi</th><th colspan="4">Konsekvens, score</th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>3</th><th>2</th><th>1</th><th>0</th></tr></thead><tbody><tr><td>Boligheter, antall</td><td>3</td><td>4</td><td>12</td><td>Tett > 5</td><td>Spredt > 5</td><td>Spredt < 5</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Næringsbygg, personer</td><td>3</td><td>3</td><td>9</td><td>>50</td><td>10 - 50</td><td>< 10</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Annen bebyggelse, verdi</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>Stor</td><td>Betydelig</td><td>Begrenset</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Vei, ÅDT</td><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>>5000</td><td>1001 - 5000</td><td>100 - 1000</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Toglinje, bruk</td><td>3</td><td>2</td><td>6</td><td>Persontrafikk</td><td>Godstrafikk</td><td>Normalt ingen trafikk</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Kraftnett</td><td>2</td><td>1</td><td>2</td><td>Sentral</td><td>Regional</td><td>Distribusjon</td><td>Lokal</td></tr><tr><td>Oppdemning, flom</td><td>3</td><td>2</td><td>6</td><td>Alvorlig</td><td>Middels</td><td>Liten</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Sum</td><td></td><td></td><td>38</td><td>45</td><td>30</td><td>15</td><td>0</td></tr><tr><td colspan="8">% av maksimal poengsum</td><td colspan="2">84 %</td></tr><tr><td colspan="8">Konsekvensklasse</td><td colspan="2">Meget alvorlig</td></tr></tbody></table>										Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Konsekvens, score								3	2	1	0	Boligheter, antall	3	4	12	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	Næringsbygg, personer	3	3	9	>50	10 - 50	< 10	Ingen	Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	Vei, ÅDT	1	2	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen	Toglinje, bruk	3	2	6	Persontrafikk	Godstrafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen	Kraftnett	2	1	2	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	Oppdemning, flom	3	2	6	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Sum			38	45	30	15	0	% av maksimal poengsum								84 %		Konsekvensklasse								Meget alvorlig									
		Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Konsekvens, score																																																																																																																	
						3	2	1	0																																																																																																														
		Boligheter, antall	3	4	12	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen																																																																																																														
		Næringsbygg, personer	3	3	9	>50	10 - 50	< 10	Ingen																																																																																																														
		Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen																																																																																																														
		Vei, ÅDT	1	2	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	Ingen																																																																																																														
		Toglinje, bruk	3	2	6	Persontrafikk	Godstrafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen																																																																																																														
		Kraftnett	2	1	2	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal																																																																																																														
		Oppdemning, flom	3	2	6	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen																																																																																																														
Sum			38	45	30	15	0																																																																																																																
% av maksimal poengsum								84 %																																																																																																															
Konsekvensklasse								Meget alvorlig																																																																																																															
Oppdragsgiver: Prosjekt: Rapportnr: Prosjektnr: Områdestabilitetsvurdering Klassifisering av faresone Granløkka Ansvarlig: Kontrollert:		Evaluering av faregrad <table><thead><tr><th>Faktorer</th><th>Valgt verdi</th><th>Vekttall</th><th>Vektet verdi</th><th colspan="4">Faregrad, score</th></tr><tr><th></th><th></th><th></th><th></th><th>3</th><th>2</th><th>1</th><th>0</th></tr></thead><tbody><tr><td>Tidligere skredaktivitet</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>Høy</td><td>Noe</td><td>Lav</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Skråningshøyde, meter</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>> 30</td><td>20 - 30</td><td>15 - 20</td><td><15</td></tr><tr><td>Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)</td><td>2</td><td>2</td><td>4</td><td>1,0 - 1,2</td><td>1,2 - 1,5</td><td>1,5 - 2,0</td><td>>2,0</td></tr><tr><td>Poretrykk</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>> +30, >-50</td><td>10 - 30, -(20 - 50)</td><td>0 - 10, -(0 - 20)</td><td>Hydrostatisk</td></tr><tr><td>Kvikkleiremektighet</td><td>3</td><td>2</td><td>6</td><td>>H/2</td><td>H/2 - H/4</td><td><H/4</td><td>Tynt lag</td></tr><tr><td>Sensitivitet</td><td>3</td><td>1</td><td>3</td><td>>100</td><td>30 - 100</td><td>20 - 30</td><td><20</td></tr><tr><td>Erosjon</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>Aktiv/glidning</td><td>Noe</td><td>Lite</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Inngrep</td><td>0</td><td>3</td><td>0</td><td>Stor</td><td>Noe</td><td>Liten</td><td>Ingen</td></tr><tr><td>Sum</td><td></td><td></td><td>16</td><td>51</td><td>34</td><td>16</td><td>0</td></tr><tr><td colspan="8">% av maksimal poengsum</td><td colspan="2">31 %</td></tr><tr><td colspan="8">Faregrad</td><td colspan="2">Lav faregrad</td></tr></tbody></table>										Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Faregrad, score								3	2	1	0	Tidligere skredaktivitet	3	1	3	Høy	Noe	Lav	Ingen	Skråningshøyde, meter	0	2	0	> 30	20 - 30	15 - 20	<15	Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0	Poretrykk	0	3	0	> +30, >-50	10 - 30, -(20 - 50)	0 - 10, -(0 - 20)	Hydrostatisk	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	0	3	0	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen	Inngrep	0	3	0	Stor	Noe	Liten	Ingen	Sum			16	51	34	16	0	% av maksimal poengsum								31 %		Faregrad								Lav faregrad	
		Faktorer	Valgt verdi	Vekttall	Vektet verdi	Faregrad, score																																																																																																																	
						3	2	1	0																																																																																																														
		Tidligere skredaktivitet	3	1	3	Høy	Noe	Lav	Ingen																																																																																																														
		Skråningshøyde, meter	0	2	0	> 30	20 - 30	15 - 20	<15																																																																																																														
		Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	>2,0																																																																																																														
		Poretrykk	0	3	0	> +30, >-50	10 - 30, -(20 - 50)	0 - 10, -(0 - 20)	Hydrostatisk																																																																																																														
		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	0	3	0	Aktiv/glidning	Noe	Lite	Ingen																																																																																																														
Inngrep	0	3	0	Stor	Noe	Liten	Ingen																																																																																																																
Sum			16	51	34	16	0																																																																																																																
% av maksimal poengsum								31 %																																																																																																															
Faregrad								Lav faregrad																																																																																																															
Risikoverdi (skadekons. x faregrad)2604 Aktuell risikoklasse4																																																																																																																							
Risikoklasse10170																																																																																																																							
Risikoklasse2171630																																																																																																																							
Risikoklasse36311900																																																																																																																							
Risikoklasse419013200 X																																																																																																																							
Risikoklasse5320110000																																																																																																																							

Begrunnelse for soneklassifisering

Bestemmelse av **faregradsklasse** er gjort iht. metodebeskrivelsen i NVEs eksterne rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred» kapittel 4.1.

Bestemmelse av **skadekonsekvensklasse** er gjort iht. metodebeskrivelsen i NVEs eksterne rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred» kapittel 4.2.

1 Soneklassifisering av *Granløkka*

Kvikkleiresonen Granløkka er vurdert i ett kritisk profil; snitt A4-2. Plassering av snittet i plan er vist på tegning V02-1-1. Profiltegning med lagdeling vist i følgende tegninger:

- A4-2: V02-2-3/ V02-2-4

1.1 Faregradsklasse (sannsynlighet) for *Granløkka*

1.1.1 Faregradsevaluering for snitt A4-2

Punkt	Kommentar	Score
1	Høy. Markert tidligere utglidning både på østsiden av elva, samt nedstrøms demningen. 	3
2	H=13 (H: skråningshøyde målt fra ravinebunn til topp av det slake partiet mot vest)	0
3	OCR basert på CPTU i punkt A07 er mest relevant, men sammenligner med kjente verdier fra ødometer i området (punkt A12 og R648-A8). Basert på kjente grunnforhold, samt ravineterreng antas ganske overkonsoliderte forhold her- spesielt i ravinebunn. Konservativt valgt verdi: 1.2-1.5 .	2
4	Ved 2 m dybde påviser avlesning i pkt. A12 noe overtrykk. Ved antakelse om grunnvannstand på 1.5 m dybde tilsvarer avlesning omtrent hydrostatisk fordeling. Totalvurdering gir ca. hydrostatisk fordelt poretrykk.	0
5	>H/2	3
6	A06: St _{maks} =65 A07: St _{maks} =311	3
7	Ikke observert erosjon i sone på befaring.	0
8	Basert på tilgjengelige historiske kart er det ikke tegn til inngrep i området. NB: eldste kart over området er fra 1965.	0

1.2 Skadekonsekvensklasse for Granløkka

Punkt	Kommentar	Score
1	Tett bebyggelse, >5 boligheter	3
2	Midlertidig opphold i sonen vil omfatte arbeidsplasser og gjester/kunder på Vestfossen kraftverk, og i næringsbyggene nært demningen, samt røde kors-hus. For sykehjemmet og næringsbyggene vil det i tillegg til ansatte være sannsynlig med gjester/kunder.	3
3	Båter og brygger som befinner seg oppstrøms demningen vurderes å ha begrenset verdi.	1
4	Sonen består av flere boliger og arbeidsplasser. ÅDT for Smellhauggata og Sagveien er ikke registrert i vegkart, antar ÅDT mellom 100-1000.	1
5	Sørlandsbanen har spor innenfor området	3
6	Det går en kraftlinje gjennom sonen samt tre trafostasjoner som ifølge NVE-kart tilhører det regionale kraftnettet	2
7	Et skred vurderes å kunne demme opp innløpet til Vestfossen Kraftverk. En konservativ vurdering av størrelse på skred vil føre til oppdemning som vil kunne ramme både flere boligheter samt næringsbygg.	3

Vedlegg 3

CPTU-tolkning –

Generell beskrivelse av metodikk

AFRY bruker verktøy/regneark for CPTU-tolkning som er utviklet av Statens vegvesen (<https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/geofag/geoteknikk/cptu/>). Følgende referanser er brukt i utviklingen av regnearket. Beskrivelse av korrelasjoner for udrenert skjærfasthet (SuA) som er brukt i regnearket er presentert i dette vedlegg. Korrelasjoner for øvrige jordparametere er ikke presentert. Beskrivelse av spesielle korrelasjoner oversendes ved oppfordring. Vi gjør oppmerksom på at regnearket er et «standard»-verktøy som er brukt i mange konsulenter i den geotekniske bransjen i Norge.

Nr.	Referanse	Forfattere	Publisert
1	Cone penetration testing in geotechnical practice	Lunne, T., Powell, John J.M., Robertson, P.K.,	1997
2	CPTU correlations for clays. Proceedings of the 16th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering.	Karlsrud, K., Kort D.A., Lunne, T., Strandvik, S.	2005
3	Strength and deformation properties of fine grained soils obtained from piezocone tests	Sandven, R.	1990
4	CPT-sondering. Utrustning-utförande – utvärdering. En in-situ metod för bestämning av jordlagerföljd och egenskaper i jord.	Larsson, R.	2007
5	Geoteknikk i vegbygging – veiledning	Statens vegvesen	2010
6	Guide to cone penetration testing	Cabal-Robertson, K.L., Robertson, P.K.	2014
7	Peleveidningen	Den Norske pelekommité	2012
8	Valg av karakteristisk cuA-profil basert på felt – og laboratorieundersøkelser. NIFS 2014-R077	Christensen, S., Fauskerud, O.A., Gjelsvik, V., Nordal, S., Oset, F., Strand, S., Thakur, V., Viklund, M.	2014
9	Cone penetration testing. National cooperative highway research program. Synthesis 368	Mayne, P.	2007
10	En omforent anbefaling for bruk av anisotropi i prosjektering i norske leirer. NIFS 2014-R014	Christensen, S., Fauskerud, O.A., Gjelsvik, V., Oset, F., Strand, S., Thakur, V., Viklund, M.	2014
11	Detektering av kvikkleire – Sluttrapport. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire. NIFS 2015-R126	Sandven, R., Montafia, A., Gylland, A.S., Pfaffhuber, A.A., Kåsin, K., Long, M.	2015
12	Statistical relationships between piezocone measurements and stress history of clays. Link https://www.researchgate.net/profile/Paul_Mayne/publication/237380380_Statistical_relationships_between_piezocone_measurements_and_stress_history_of_clays/links/54da4a1c0cf233119bc29f38/Statistical-relationships-between-piezocone-measurements-and-stress-history-of-clays.pdf	B.S.Y. Chen, P.W.Mayne	2011

Figur 1: Referanseliste for utvikling av Statens vegvesen CPTU-regneark.

Følgende formel brukes for tolkning av aktiv udrenert skjærstyrke (SuA)

Basert på spissmotstand: $S_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$

der:

- q_t = korrigert spissmotstand
- σ_{v0} = in situ vertikalt overlageringstrykk
- N_{kt} = bæreevnemotstand, spissmotstand basert

Basert på effektiv spissmotstand: $S_{uA} = \frac{q_t - u}{N_{ke}}$

der:

- q_t = korrigert spissmotstand
- u = det målte totale poretrykket i jorden ved nedpressing av sonden

Basert på poreovertrykk: $S_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{ku}}$

der:

- Δu = poreovertrykk i referansenivå like bak konisk del ($u_2 - u_0$)
- N_{ku} = bæreevnemotstand, poretrykksbasert

Det er lagt opp med 2 modell for beregning av N-faktorer Bæreevnemotstander (N-faktorer) for beregning av udrenert skjærfasthet

- Lunne et al. 1997 - basert på Bq
- Karlsrud et al. 2005 - basert på OCR, I_p og Bq

Karlsrud et al. 2005

Modellen baseres på korrelasjoner mellom trykksonderinger og laboratoriearbeid på blokkprøver av høy kvalitet. Det er lagt opp med en todelt modell, der likninger gis både for S_t under og over 15.

$$\begin{aligned} N_{kt} &= 7.8 + 2.5 * \log OCR + 0.082 * I_p && \text{for } S_t < 15 \\ N_{kt} &= 8.5 + 2.5 * \log OCR && \text{for } S_t > 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{\Delta u} &= 6.9 + 4.0 * \log OCR + 0.07 * I_p && \text{for } S_t < 15 \\ N_{\Delta u} &= 9.8 + 4.5 * \log OCR && \text{for } S_t > 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{ke} &= 11.5 - 9.05 * B_q && \text{for } S_t < 15 \\ N_{ke} &= 12.5 - 11.0 * B_q && \text{for } S_t > 15 \end{aligned}$$

Lunne et al. 1997

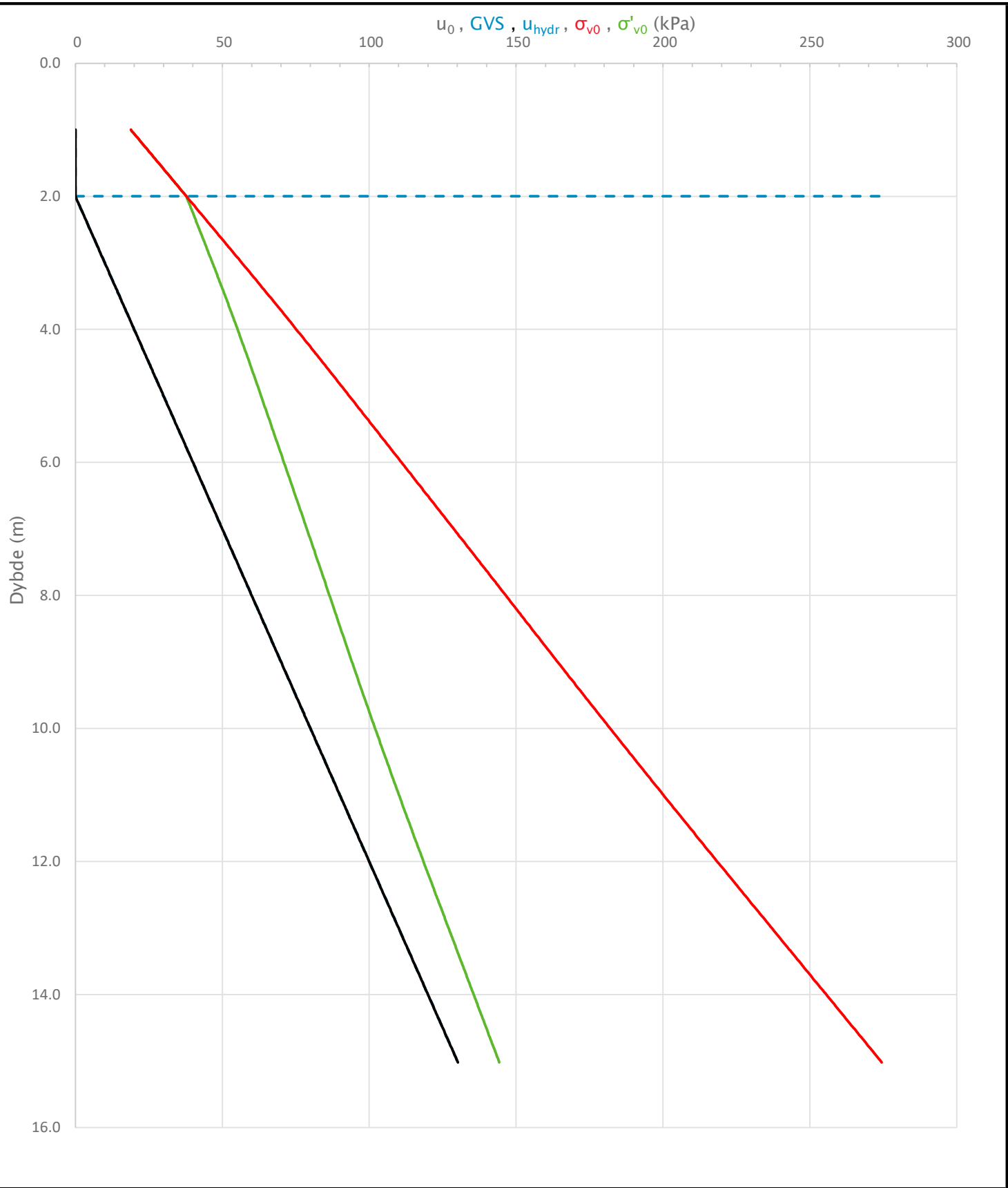
Modellen baseres også på korrelasjoner mellom trykksonderinger og laboratoriearbeid på blokkprøver av høy kvalitet. Bæreevnefaktorene kobles mot B_q , med verdier mellom ca. 0,3 og 1,0.

$$\begin{aligned} N_{kt} &= 19 - 12.5 * B_q \\ N_{\Delta u} &= 1.0 + 9.0 * B_q \\ N_{ke} &= 16 - 14.5 * B_q \end{aligned}$$

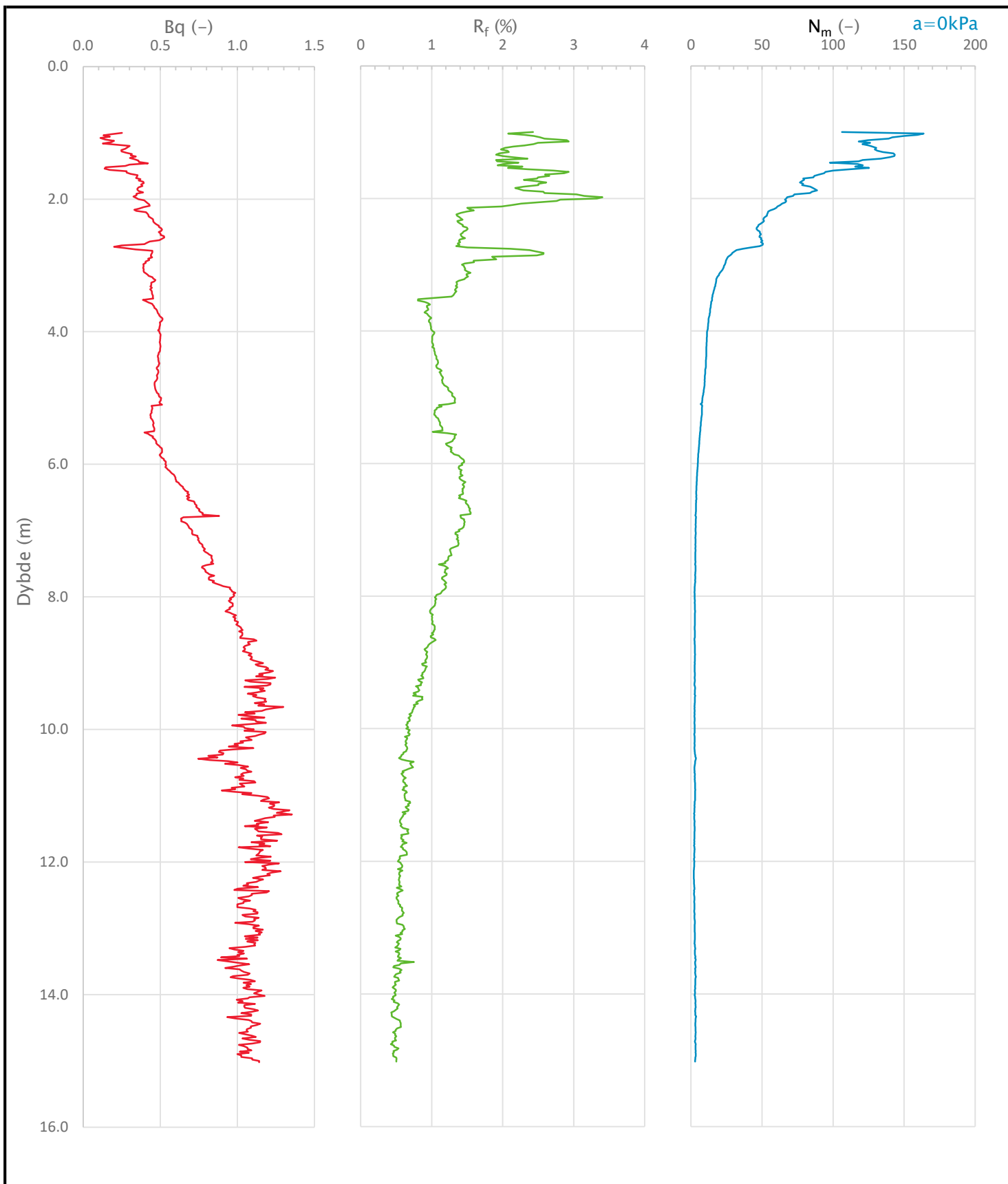
Vedlegg 4

CPTU-tolkning

Sonde og utførelse						
Sondennummer	4554		Boreleder		ROZA	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		1.9	
Kalibreringsdato	03.09.2022		Maks helning (°)		3.9	
Dato sondering	31.03.2023		Maks avstand målinger (m)		0.02	
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0.5		2	
Måleområde (MPa)	50		0.5		2	
Skaleringsfaktor	1590		3661		2396	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0.4798		0.0104		0.0318	
Arealforhold	0.8520		0.0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	26.375		0.406		1.877	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5972.9		127.3		386.2	
Registrert etter sondering (kPa)	-17.2		0.2		0.3	
Avvik under sondering(kPa)	17.2		0.2		0.3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	1.3		0.0		0.1	
Maksverdi under sondering (kPa)	3601.0		87.3		1259.2	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	18.9	0.5	0.2	0.3	0.4	0.0
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur		
OK	OK	OK	OK	OK		
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull Kote +27.05	
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A07	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	HR/MML	GYe	HN	1		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		
		31.03.2023	Rev. dato	1		



Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A07	
Innhold					Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger					4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	HR/MML	GYe	HN		1	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon		Figur	
		31.03.2023	Rev. dato		2	



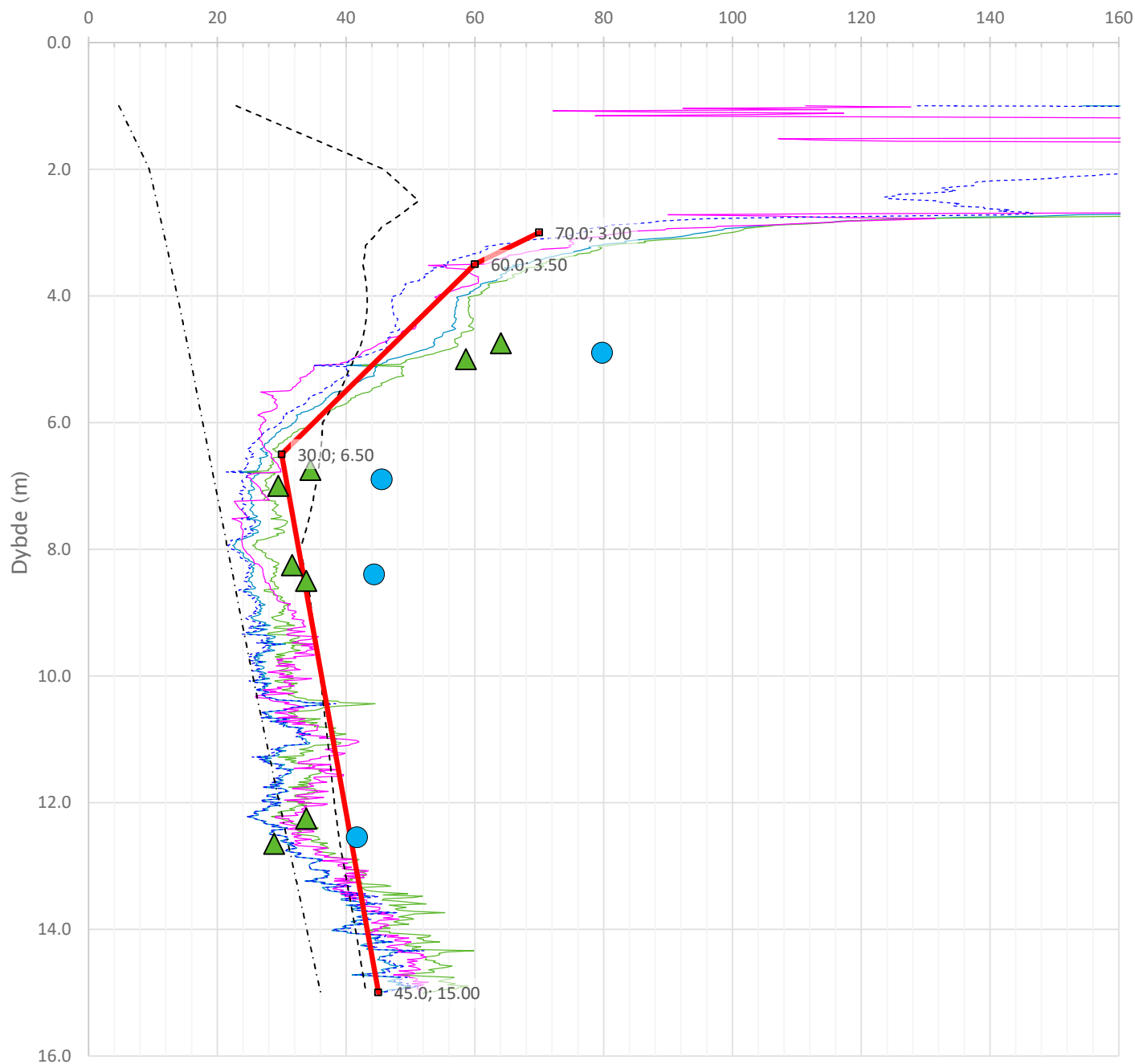
Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A07	
Innhold					Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold					4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	HR/MML	GYe	HN	1		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		
		31.03.2023	Rev. dato	4		

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH A07: c_{uc}/c_{ucptu} = var. (min:0.645 max:0.662)

Konus BH A07: c_{ufc}/c_{ucptu} = var. (min:0.645 max:0.662)

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



$N\Delta u.L=1+9 \cdot Bq$

$N\Delta u.K=[6.9/9.8]-[4/4.5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.07/0] \cdot Ip$

----- SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=[0.30-0.32]$, $m=[0.67-0.73]$)

● Enaks BH A07

—■— Anbefalt kurve

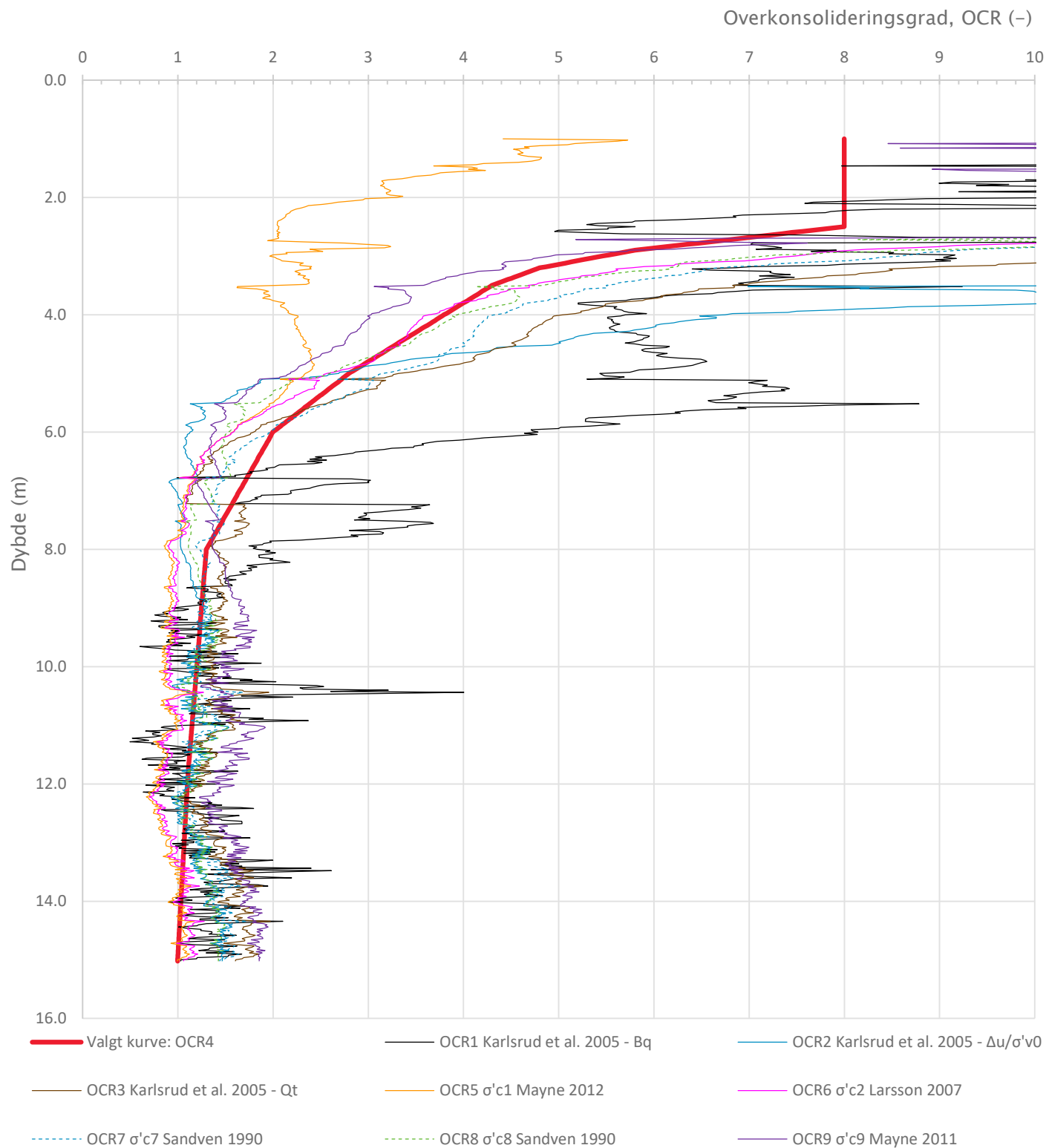
$Nkt.K=[7.8/8.5]+2.5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.082/0] \cdot Ip$

----- Larsson 2007 omregn. til c_{uc} (leire eller gytje)

..... $c_{uNC}: 0,25 \cdot \sigma'_{v0}$

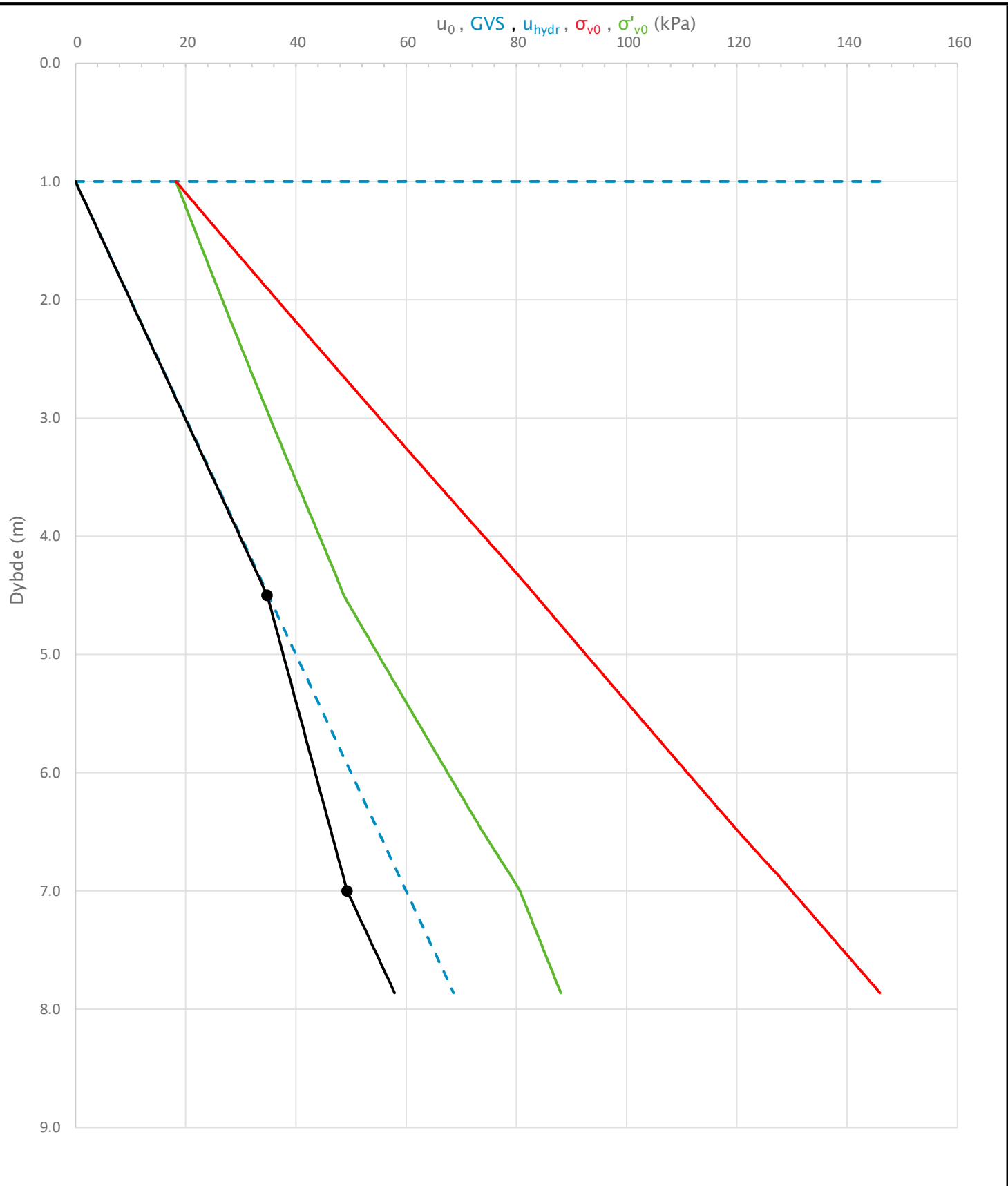
▲ Konus BH A07

Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A07	
Innhold					Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet					4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	HR/MML	GYe	HN	1		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		
	31.03.2023	Rev. dato				
					5	

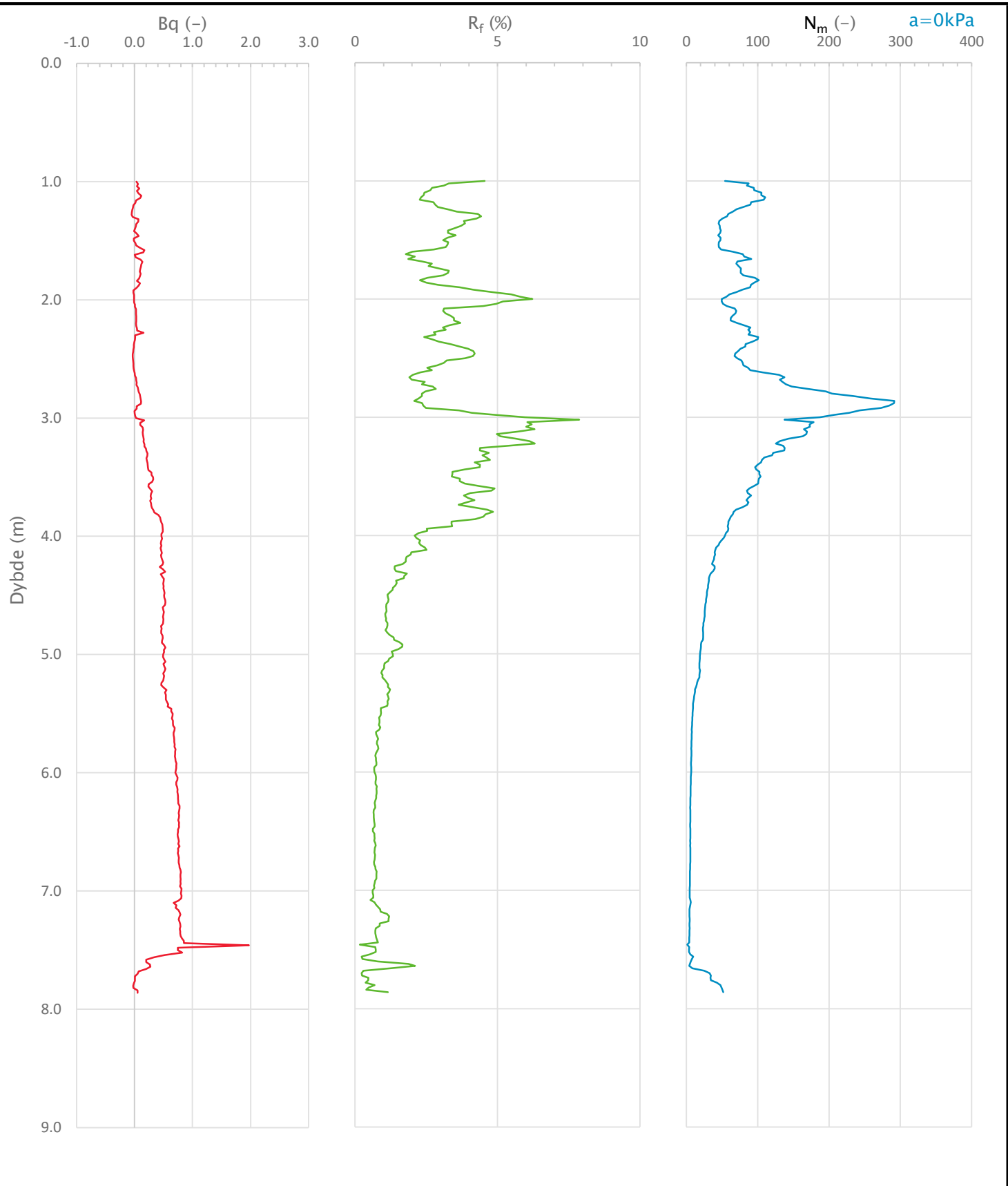


Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A07	
Innhold					Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR					4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	HR/MML	GYe	HN	1		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		
		31.03.2023	Rev. dato	8		

Sonde og utførelse						
Sondennummer	4554		Boreleder		ROZA	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		2.6	
Kalibreringsdato	03.09.2022		Maks helning (°)		6.1	
Dato sondering	30.03.2023		Maks avstand målinger (m)		0.02	
Filtertype	Spaltefilter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0.5		2	
Måleområde (MPa)	50		0.5		2	
Skaleringsfaktor	1590		3661		2396	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0.4798		0.0104		0.0318	
Arealforhold	0.8520		0.0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	26.375		0.406		1.877	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktsskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	5951.3		127.4		386.9	
Registrert etter sondering (kPa)	-17.7		0.1		-1.1	
Avvik under sondering(kPa)	17.7		0.1		1.1	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	1.7		0.0		0.1	
Maksverdi under sondering (kPa)	9864.5		397.6		1338.0	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	19.9	0.2	0.1	0.0	1.3	0.1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer: 						
Prosjekt Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner			Prosjektnummer: D0083385		Borhull Kote +27.05 A12	
Innhold Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					Sondennummer 4554	
	Utført HR/MML		Kontrollert GYe		Godkjent HN	
	Divisjon		Dato sondering 30.03.2023		Revisjon Rev. dato	
					Anvend.klasse 1	
					Figur 1	



Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A12	
Innhold			Sondennummer		4554	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger						
	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	HR/MML	GYe	HN		1	
Divisjon		Dato sondering	Revisjon		Figur	
		30.03.2023	Rev. dato		2	



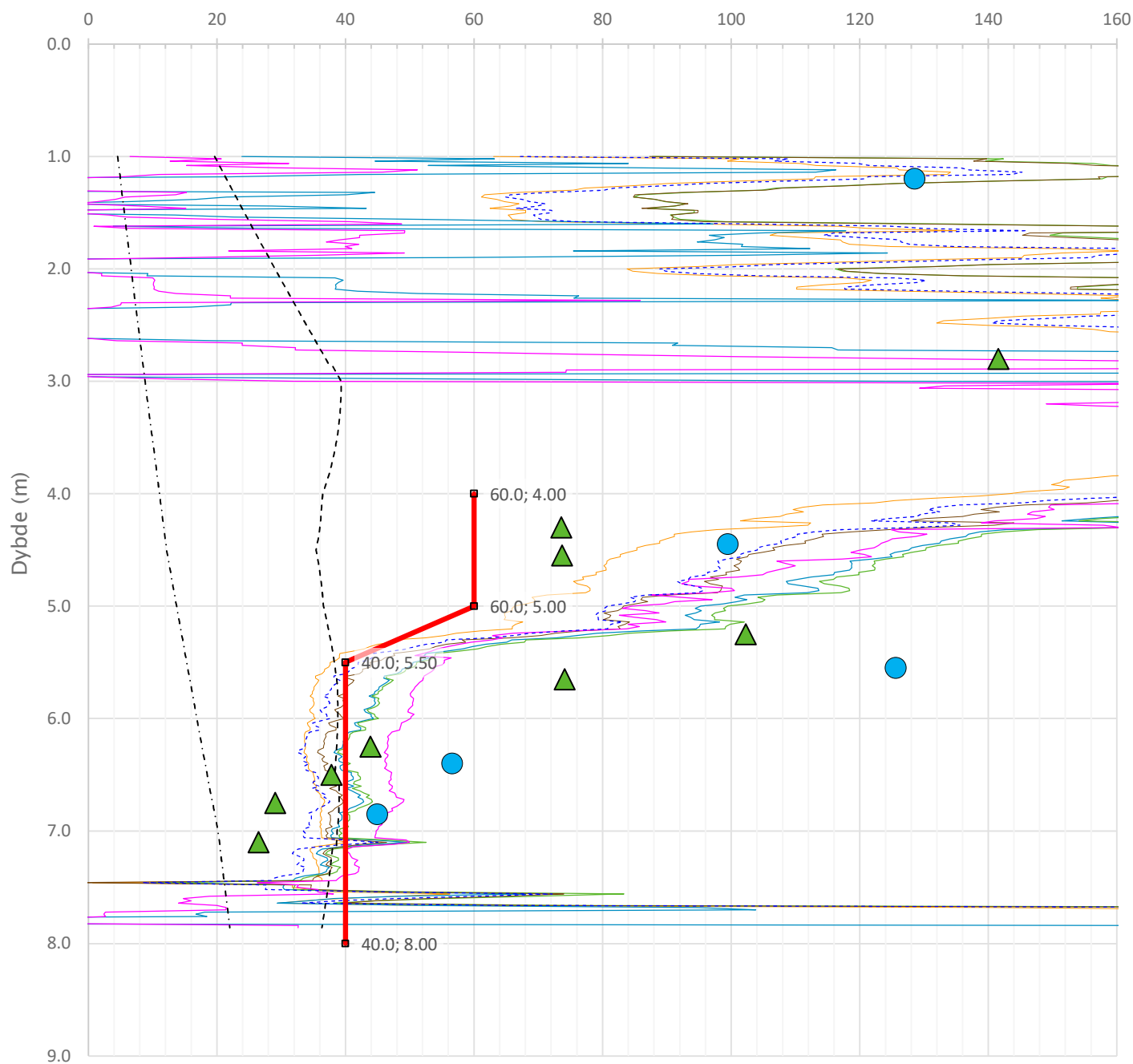
Prosjekt				Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner						A12	
Innhold						Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold						4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		1	
	HR/MML	GYe	HN				
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		4	
		30.03.2023	Rev. dato				

Anisotropiforhold i figur:

Enaks BH A12: c_{uc}/c_{ucptu} = var. (min:0.659 max:0.668)

Konus BH A12: c_{ufc}/c_{ucptu} = var. (min:0.659 max:0.669)

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



$N_{ke.L} = 16 - 14.5 \cdot B_q$

$N_{kt.K} = [7.8/8.5] + 2.5 \cdot \log(\text{Brukerdefinert OCR4}) + [0.082/0] \cdot I_p$

$N_{du.K} = [6.9/9.8] - [4/4.5] \cdot \log(\text{Brukerdefinert OCR4}) + [0.07/0] \cdot I_p$

--- SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha = [0.30-0.31]$, $m = [0.66-0.70]$)

● Enaks BH A12

— Anbefalt kurve

$N_{du.L} = 1 + 9 \cdot B_q$

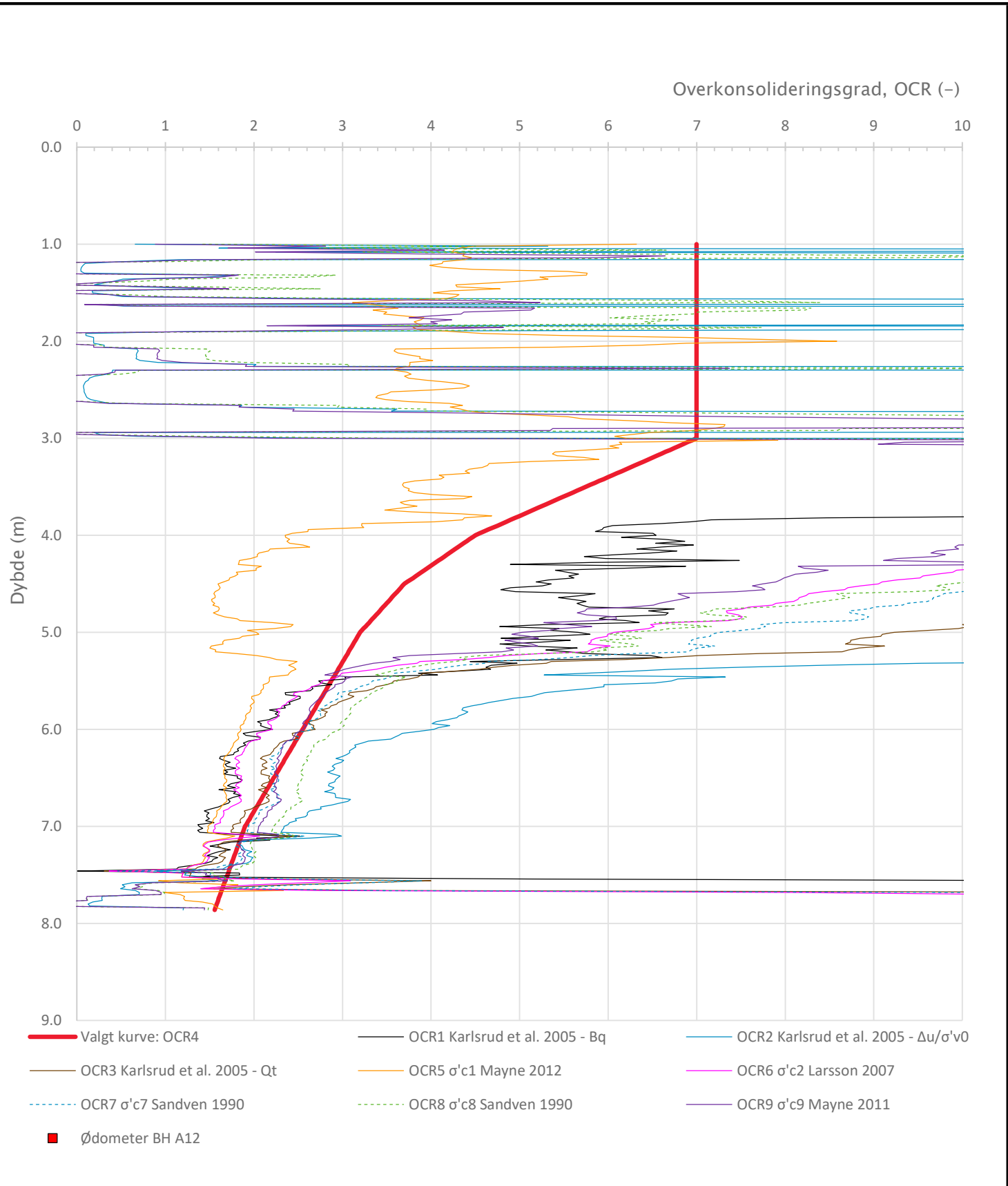
$2 < N_{ke.K} = [11.5/12.5] - [9.05/11] \cdot B_q$

--- Larsson 2007 omregn. til c_{uc} (leire eller gytje)

--- $c_{uNC} = 0.25 \cdot \sigma'_{v0}$

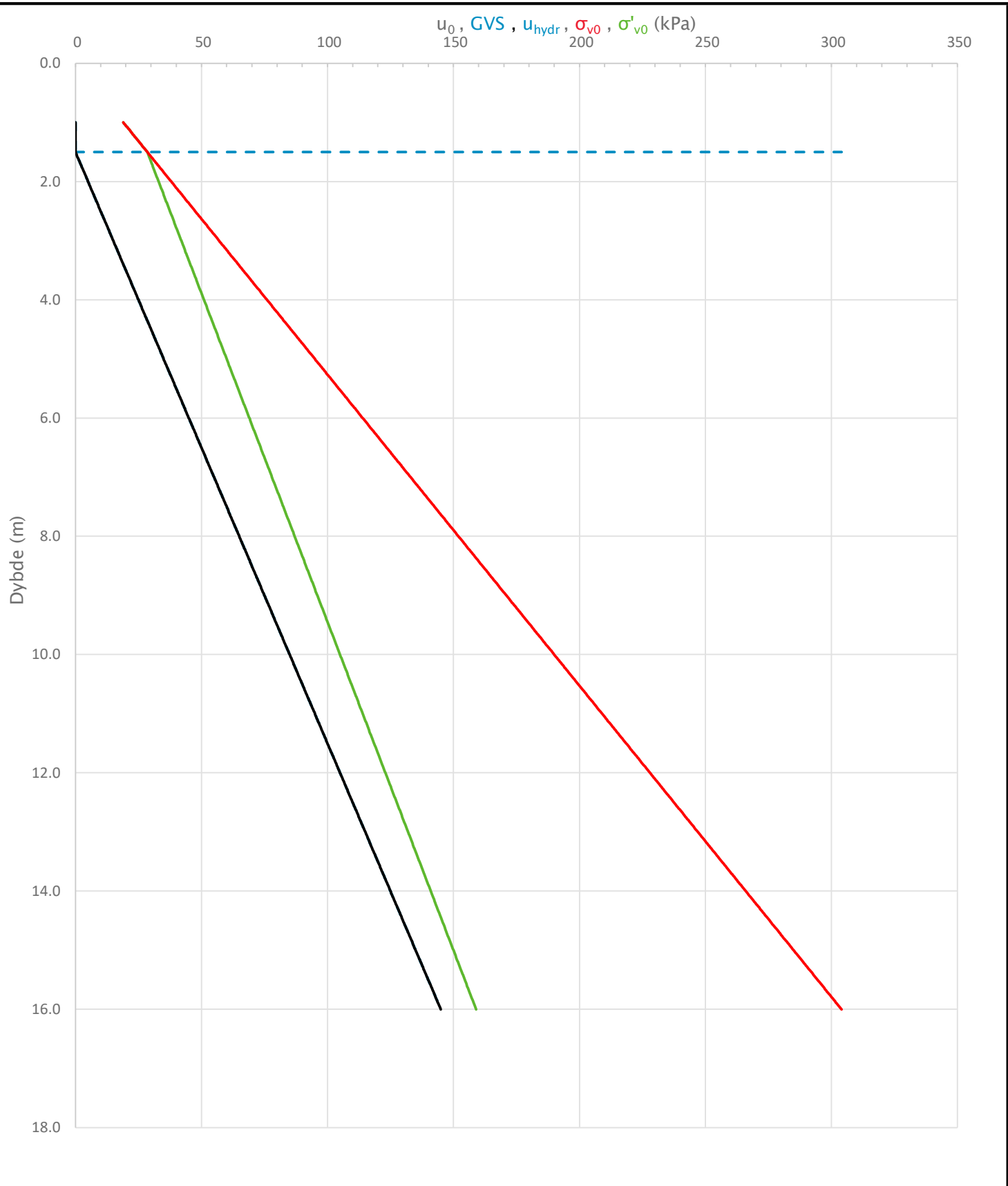
▲ Konus BH A12

Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					A12	
Innhold					Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet					4554	
AFRY	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	HR/MML	GYe	HN		1	
Divisjon		Dato sondering	Revisjon		Figur	
		30.03.2023	Rev. dato		5	

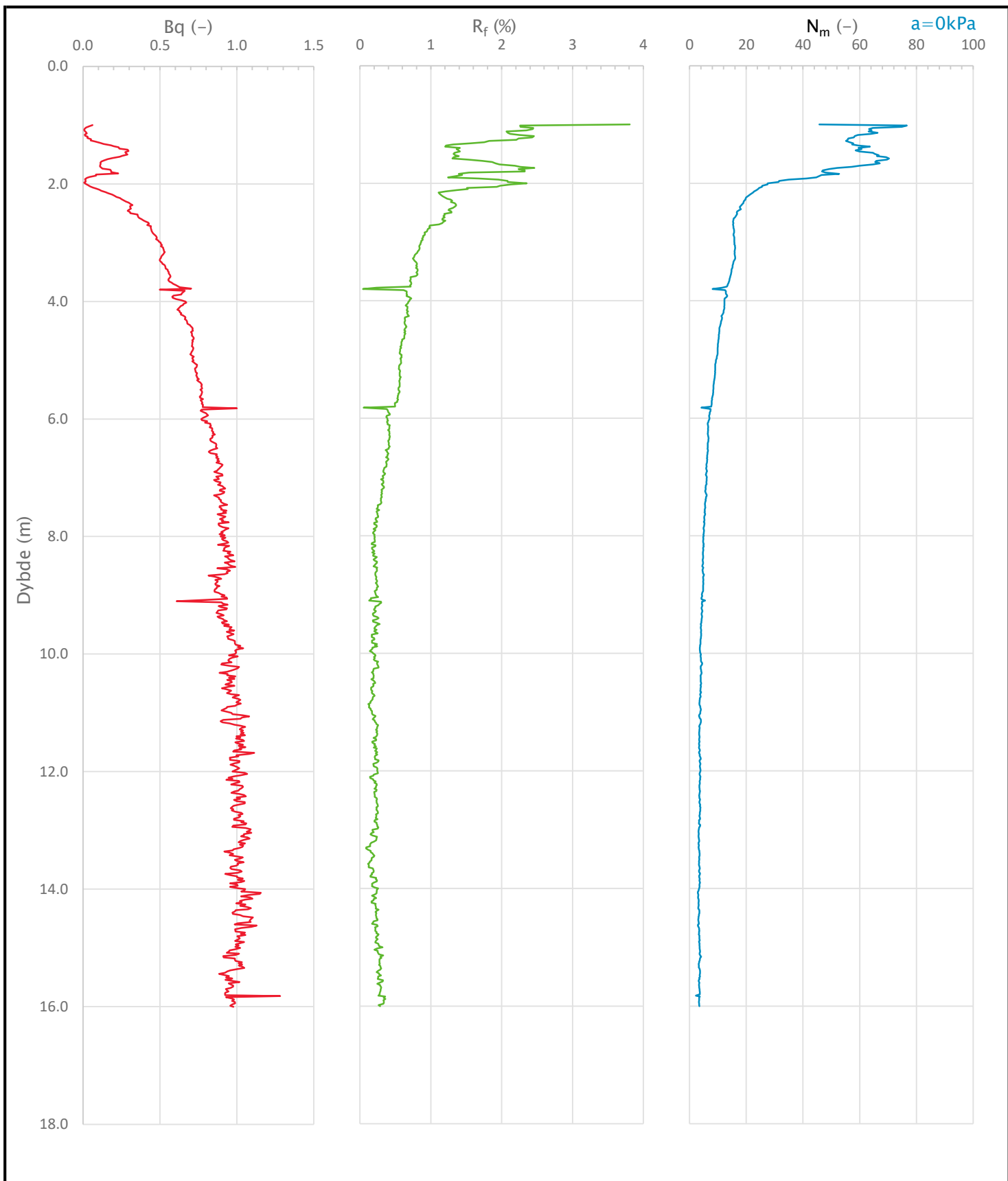


Prosjekt				Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote +27.05
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner						A12	
Innhold						Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR						4554	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		1	
	HR/MML	GYe	HN				
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		8	
		30.03.2023	Rev. dato				

Sonde og utførelse						
Sondennummer	4492		Boreleder		André	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		4.9	
Kalibreringsdato	02.02.2021		Maks helning (°)		2.0	
Dato sondering	25.05.2021		Maks avstand målinger (m)		0.02	
Filtertype	Porøst filter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0.5		2	
Måleområde (MPa)	50		0.5		2	
Skaleringsfaktor	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0.5719		0.01		0.0225	
Arealforhold	0.8600		0.0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	13.146		0.29		1.259	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktsskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	6885.4		123.5		276.4	
Registrert etter sondering (kPa)	18.8		0.0		-1.6	
Avvik under sondering(kPa)	18.8		0.0		1.6	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	1.6		0.0		0.2	
Maksverdi under sondering (kPa)	2038.3		40.4		697.8	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	21.0	1.0	0.0	0.1	1.8	0.3
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull Kote 36.97	
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					R648-A8	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4492	
	Utført		Kontrollert		Godkjent	
	JMV/MML		GYe		HN	
	Divisjon		Dato sondering		Revisjon	
			25.05.2021		Rev. dato	
					Anvend.klasse	
					1	
					Figur	
					1	



Prosjekt Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner			Prosjektnummer: D0083385		Borhull Kote 36.97 R648-A8
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			Sondennummer 4492		
	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse
	JMV/MML	GYe	HN		1
Divisjon		Dato sondering	Revisjon	Figur	
		25.05.2021	Rev. dato		
				2	



Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote 36.97
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					R648–A8	
Innhold					Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold					4492	
	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	JMV/MML	Gye	HN		1	
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon		Figur	
		25.05.2021	Rev. dato		4	

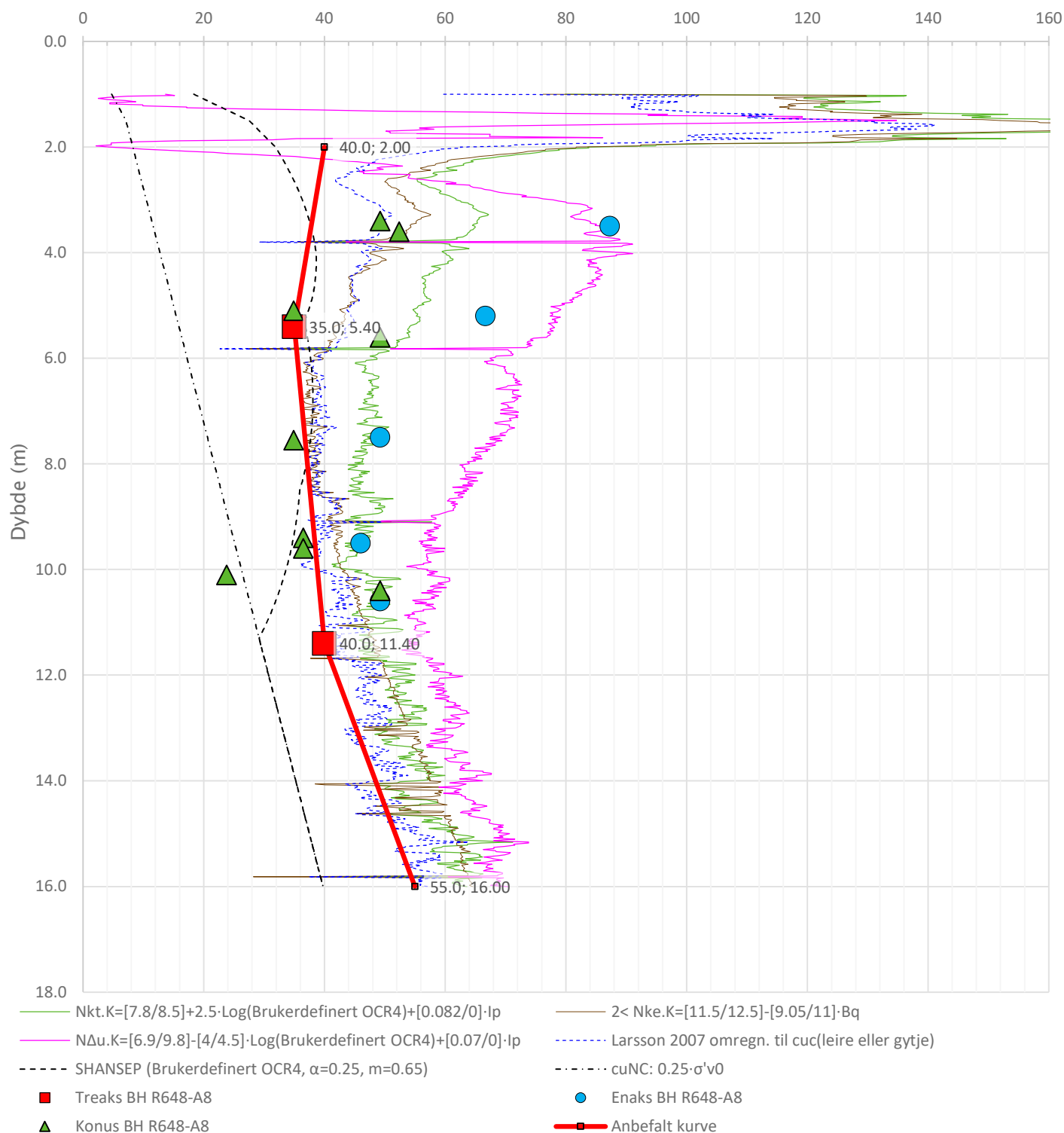
Anisotropiforhold i figur:

Treks BH R648-A8: $c_u/c_{u\text{cptu}} = 1.000$

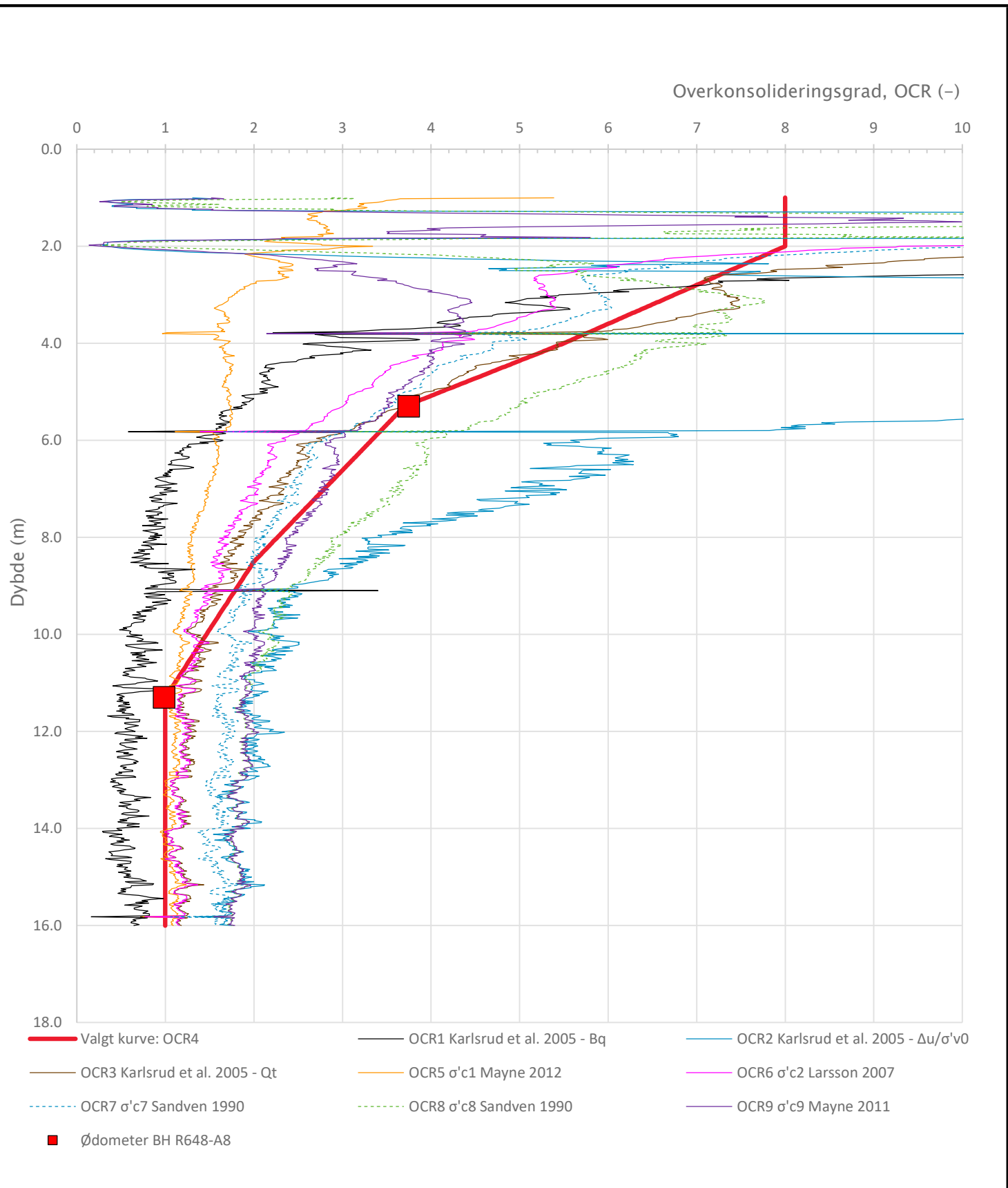
Enaks BH R648-A8: $c_{uc}/c_{u\text{cptu}} = 0.630$

Konus BH R648-A8: $c_{ufc}/c_{u\text{cptu}} = 0.630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, $c_{u\text{cptu}}$ (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: D0083385		Borhull
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner				Kote 36.97
Innhold		Sondennummer		
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet		4492		
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	JMV/MML	Gye	HN	1
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur
		25.05.2021	Rev. dato	
				5



Prosjekt			Prosjektnummer: D0083385		Borhull	Kote 36.97
Vestfossen – Detaljutredning av kvikkleiresoner					R648–A8	
Innhold					Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR					4492	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	JMV/MML	GYe	HN	1		
	Divisjon	Dato sondering	Revisjon	Figur		
		25.05.2021	Rev. dato	8		

Vedlegg 5

Befaring 27.11.2023

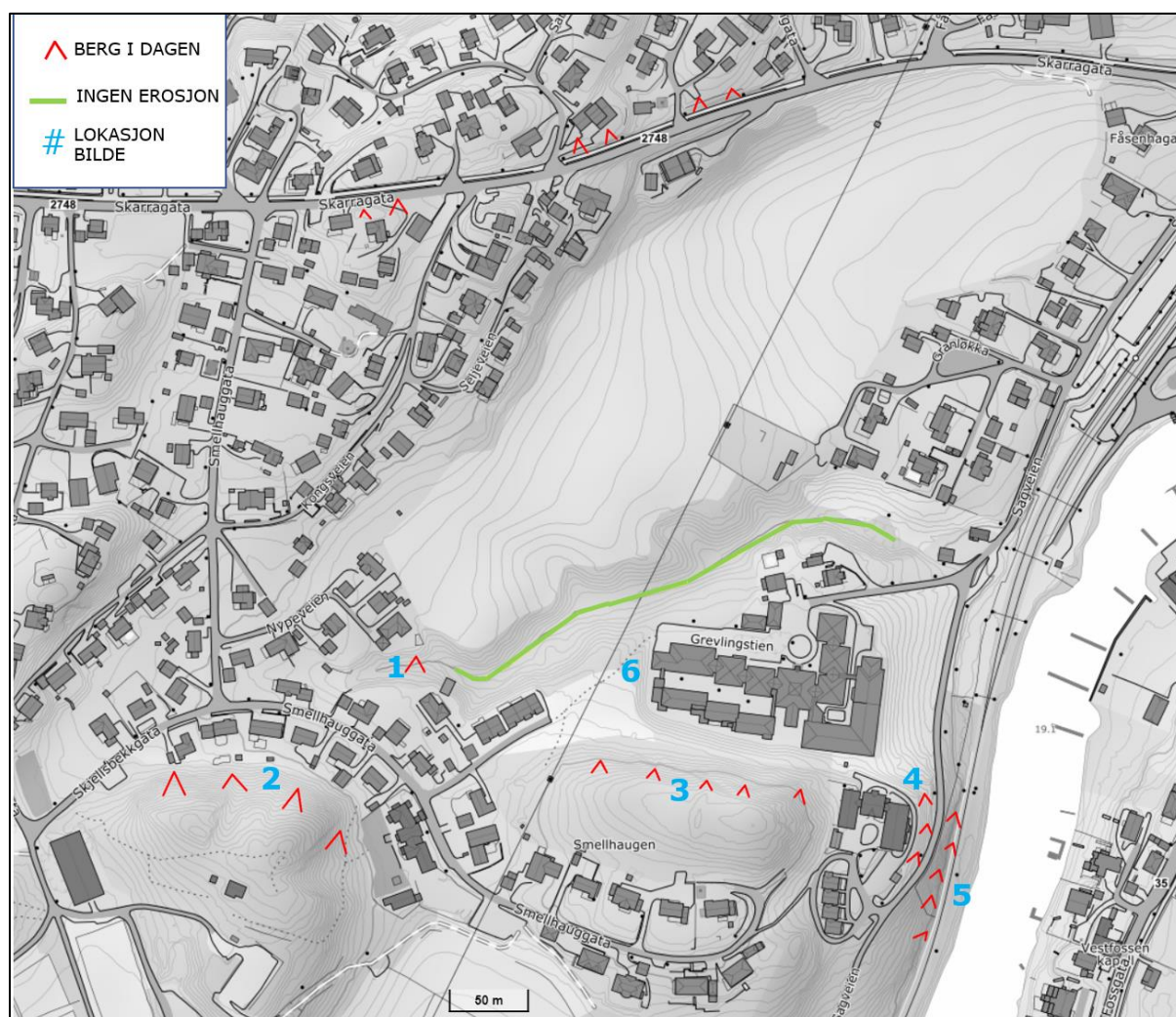
BEFARING AV VESTFOSSEN – 27.11.2023

Geoteknikere fra AFRY befarte området den 27.11.2023. Befaringen ble gjennomført for å få bedre oversikt over berg i dagen i området ved Grevlingstien og Granløkka. I tillegg ble erosjonsforholdene i ravinen mellom de to sonene vurdert.

Det ble også sett på en sikrede bekken i Smørgrav. Bekken ble befart et lite stykke oppover for å se om det var berg i dagen og om det var spor til erosjon. I tillegg ble det sett på Arneberget om man kunne se berg i dagen.

1.1 GREVLINGSTIEN OG GRANLØKKA

Det ble ikke avdekket erosjon i ravinen som skiller Grevlingstien og Granløkka. Det ble observert berg i dagen i vestlig del av ravinebunnen (Figur 2). Det ble også oppdaget berg i dagen flere steder, særlig mot sør, langs Vestfosselva og på haugene sør for sonene. Det er også bergskjæring langs Skarragata på nordsiden av sonene. Det ser ut til at det er berg/blokk langs Vestfosselva, men det er vanskelig å komme nærmere nok til å bekrefte dette. Observert berg i dagen er vist på Figur 3-Figur 6. Observasjoner fra felt er vist på Figur 1.



Figur 1: Kart over Grevlingstien og Granløkka med berg i dagen og kartlagt erosjonsforhold, samt referanse til bildelokasjon

På sør/vestside av sykehjemmet Villa Skaar er det tegn til terrenginngrep, med en forholdsvis bratt skråning på ca. 4-5 m. Overflaten av skråningen er dekket med grus (se Figur 7). Skråningen ser ut til å være menneskeskapt, og det antas som sannsynlig at skråningen er prosjektert som et tiltak mot overflateutglidninger ned mot sykehjemmet.



Figur 2: Berg i ravinebunn (lokasjon 1, Figur 1)



Figur 3: Berg i dagen, sørvestlig haug (lokasjon 2, Figur 1)



Figur 4: Berg i dagen, Smellhaugen (lokasjon 3, Figur 1)



Figur 5: Berg i dagen nedenfor Sagveien 32 (lokasjon 4, Figur 1)



Figur 6: Berg i dagen langs elva, og mulig plastring ned mot elv sett fra østsiden av Vestfosselva. (lokasjon 5, Figur 1)

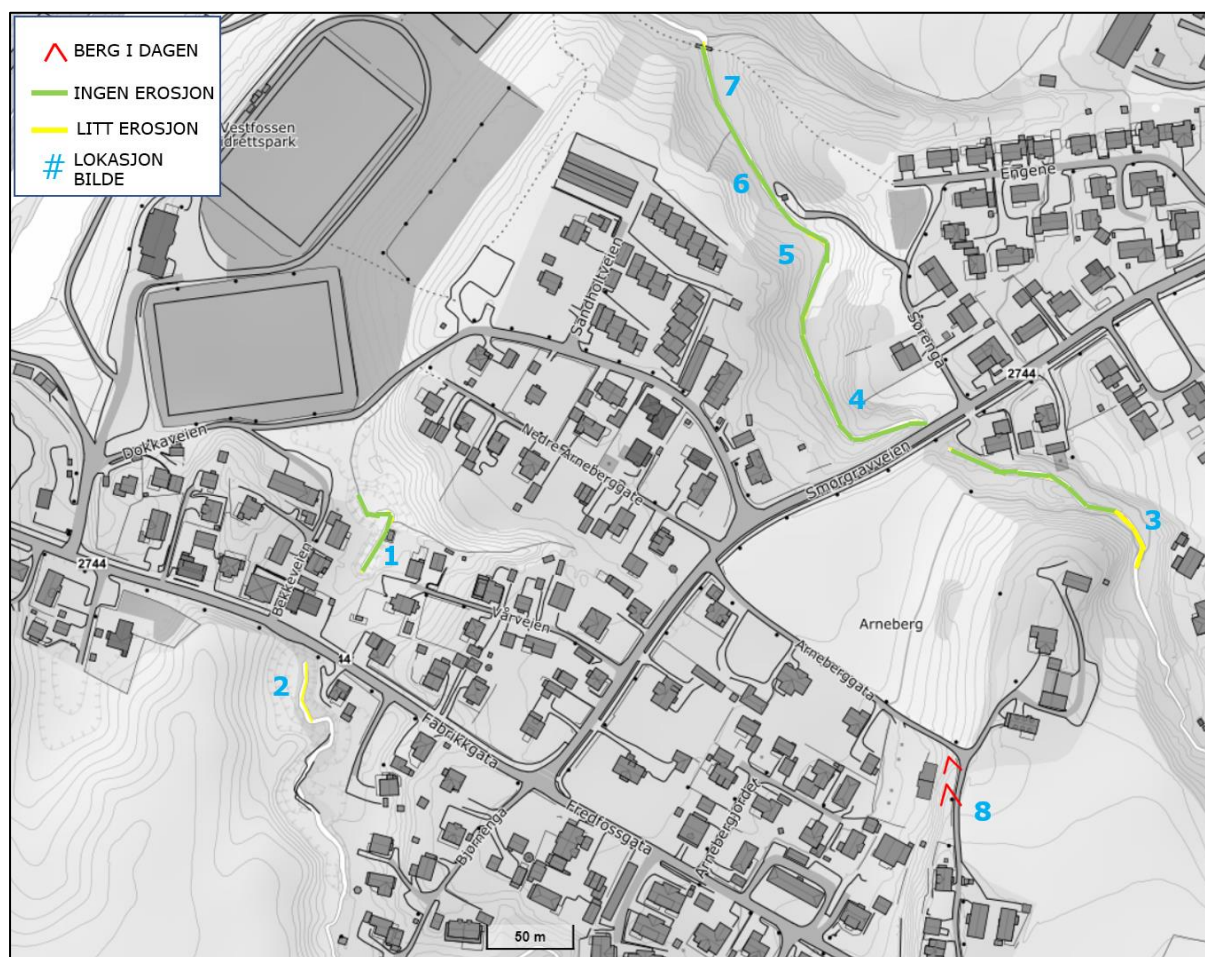


Figur 7: Terrenginngrep/grusfylling på sør/vestside av Villa Skaar (lokasjon 6, Figur 1)

1.2 VESTFOSSEN SENTRUM

Vestfossen sentrum ble befart i tidligere fase av prosjektet (08.12.2022), og fokus for denne befaringen var å lete etter berg i dagen, samt undersøke om det er noen naturlige avgrensninger mellom sonene Vestfossen idrettsanlegg og Fabrikkgata. På befaringen i 2022 var det snø, og dermed vanskelig å vurdere erosjon i bekker/ravine. På befaring 27.11.2023 ble erosjonsforholdene vurdert i bekken ved Fabrikkgata (sør og nord for bilvegen), samt i ravinen ved Sørenga som ble erosjonssikret i 2007.

Figur 8 viser kart over befarte områder med lokasjoner samt kartlagt erosjon og berg i dagen.



Figur 8: Kart over Vestfossen sentrum med berg i dagen og kartlagt erosjonsforhold, samt referanse til bildelokasjon

1.2.1 FABRIKKGATA

Figur 9, 10 og 11 viser at terrenget inntil bekken har lav naturlig gradient. Vannet er klart. Langs bekken mot Fabrikkgata er det tegn til erosjonssikring på nedsiden av bebyggelse (Figur 9). Det er ikke tegn til sår i terrenget langs bekken.

På sørsiden av Fabrikkgata (Figur 12) er det tegn til sår i terrenget. Gradientforholdene langs bekken vurderes som bratte. Det var is i bekken på befaringstidspunktet, og derfor ikke mulig å se bekkebunn. Det kartlegges som litt erosjon (Figur 8).



Figur 9: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Mulig tegn til erosjonssikring på nedsiden av hus langs bekkekant. (lokasjon 1, Figur 8)



Figur 10: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Lav terrenggradient, klart vann (lokasjon 1, Figur 8)



Figur 11: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Lav terrenggradient inntil bekken. (lokasjon 1, Figur 8)



Figur 12: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Sår i terreng i kant av bekken (lokasjon 2, Figur 8)

1.2.2 SIKRET RAVINE VED SØRENGA

Bekken som går i den sikrede ravinen mellom Sørenga og Vestfossen idrettspark ble befart for å kartlegge erosjonsforholdene. Øst for Smørgravveien er det tegn til sår i terrenget der bekken svinger, se Figur 13. Dette er utenfor prosjektområdet.

På vestsiden av Smørgrav veien vurderes det at det ikke er erosjon, basert på følgende:

- Lav terrenggradient nærmest bekken
- Klart vann i bekken
- Ikke tegn til sår i terrenget
- Erosjonssikring i form av stein langs bekkens sider (NB – ikke synlig langs hele bekken).

Langs store deler av bekken er det tilgrensende terrenget nesten flatt (se Figur 15-20).

Lokasjon 5 ser ut til å være der bekken ble lagt om under sikringsarbeidet (se Figur 15). Bekken ser ut til å ha ligget nærmere skråningsfot tidligere (til høyre for bekken i Figur 15, skråning opp mot Vestfossen idrettspark – retning sørvest).



Figur 13: Erosjon langs elv på østsiden av Smørgravveien (utenfor prosjektområde), sår i terrenget i bekkesving (lokasjon 3, Figur 8)



Figur 14: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. (lokasjon 4, Figur 8)



Figur 15: Sikret ravine mellom Sørenga og Vestfossen idrettspark, sett i retning sørøst. Lav terrenggradient. Antatt lokasjon hvor bekk er lagt om under sikringsarbeider i 2007 (flyttet mot nordvest bort fra skråningsfot) (lokasjon 5, Figur 8)



Figur 16: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Lav terrenggradient/platå i landskap nærmest bekk (lokasjon 5, Figur 8)



Figur 17: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Lav terrenggradient og klart vann i bekk (lokasjon 5, Figur 8)



Figur 18: Sikret ravine mellom Sørenga og Vestfossen idrettspark. Lav terrenggradient og klart vann i bekk (lokasjon 5, Figur 8)



Figur 19: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Lav terrenggradient og klart vann i bekk (lokasjon 7, Figur 8)



Figur 20: Bekk mellom sone Fabrikkgata og Vestfossen idrettspark. Sikringstiltak langs bekkekant. (lokasjon 7, Figur 8)

1.2.3 BERG I DAGEN

Det ble ikke oppdaget berg i dagen i Vestfossen sentrum, men det er oppdaget berg i dagen ved Arneberg, øst for området i form av en fjellskjæring sikret med sprøytebetong (Figur 21). Merk at dette er utenfor prosjektområdet.

Plassering er gitt av lokasjon 8 på Figur 8.



Figur 21: Fjellskjæring ved Arneberg, utenfor prosjektområde (lokasjon 8, Figur 8)