

NOTAT-RIG-001

OPPDAG	Trosvikstranda, Fredrikstad	DOKUMENTKODE	10219796-RIG-NOT-001_02
EMNE	ROS-analyse, områdestabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Trosvikstranda Utvikling AS	OPPDRAGSLEDER	Espen Fiskum
KONTAKTPERSON	Richard Zagar	SAKSBEHANDLER	Dan Sergei Sukuvara
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10111063 Geoteknikk Fredrikstad

SAMMENDRAG

Trosvikstranda Utvikling AS planlegger utbygging av et boligområde på Trosvikstranda i Fredrikstad.

Det kan ikke utelukkes sammenhengende kvikkleire eller sprøbruddsmateriale på det aktuelle området, og det ble derfor utført en geoteknisk ROS-analyse iht. NVE-veileder nr. 7/2014 i år 2020. Veilederen er nå oppdatert til nr. 1/2019, og den tidligere vurderingen er derfor oppdatert iht. nyeste veileder.

Vurderingen konkluderer generelt med at stabiliteten er for lav i dagens situasjon, og det kan heller ikke utelukkes pågående erosjon i kaifronten langs strekningen innenfor tiltaksområdet. Det må derfor gjøres stabiliserende tiltak før eventuelt bygging innenfor tiltaksområdet, og beregninger viser at dette kan løses med en 15 meter lang, avstivet stålsjunt eller evt. avlastning. Evt. skred utenfor tiltaksområdet vil ikke påvirke tiltaksområdet.

Løsneområdet har faregradsklassifisering «lav» og skadekonsekvensklasse «meget alvorlig», og dette gir risikoklasse 3 for området.

Videre geoteknisk detaljprosjektering skal dokumentere at de endelige tiltak(ene) og anleggsgjennomføringen ivaretar sikkerheten i alle faser. Områdestabiliteten er dermed tilfredsstillende.

Uavhengig kvalitetssikring utføres av Løvlien Georaad.

02	2025-05-22	Revidert etter uavhengig kvalitetssikring av Løvlien Georaad.	Dan Sergei Sukuvara	Espen Fiskum	Espen Fiskum
01	2025-04-04	Revidert kvikkleireutredning iht. NVE-veileder nr. 1/2019.	Dan Sergei Sukuvara	Espen Fiskum	Espen Fiskum
00	2020-09-28	Utarbeidelse notat	Dan Sergei Sukuvara	Dag Erik Julsheim	Dag Erik Julsheim
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHALDSFORTEGNELSE

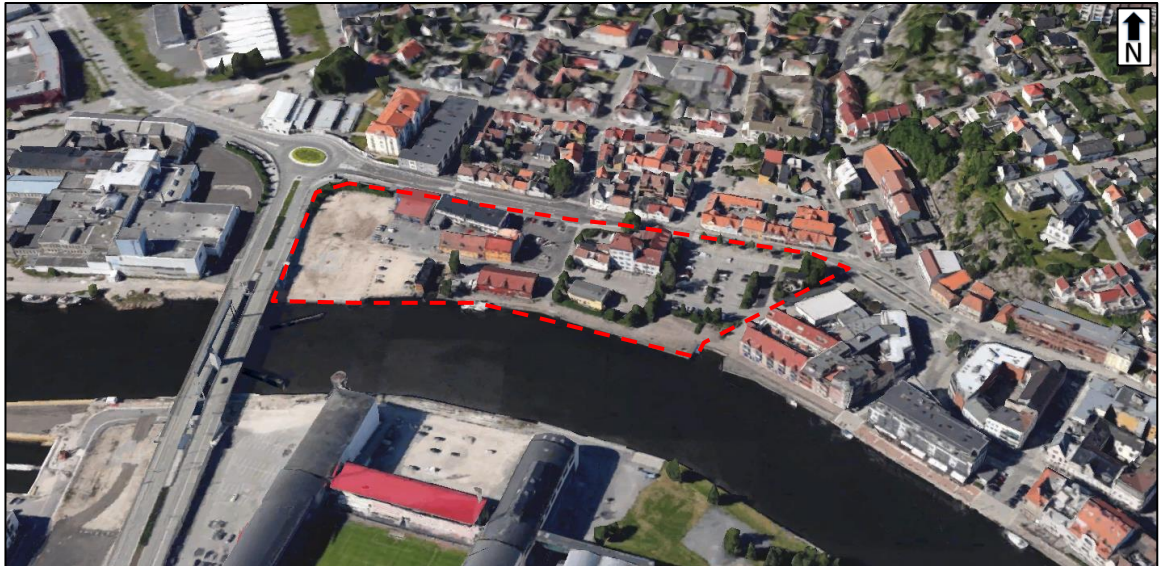
1	Innledning.....	3
2	Regelverk og krav	4
2.1	Tiltakskategori faregrad og risikonivå.....	4
2.2	Sikkerhetskrav	4
2.3	Kvalitetssikring av uavhengig firma	5
3	Grunnlag – Identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løснеområde	6
3.1	Topografi, kvartærgeologisk kart og marin grense.....	6
3.2	Oppsummering av tidligere utførte grunnundersøkelser	7
3.3	Identifikasjon av kritiske skråninger	7
4	Befaring	9
4.1	Historiske bilder.....	9
4.2	Befaring utført av Multiconsult	9
5	Grunnundersøkelser	11
6	Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone	12
6.1	Kartlegging av kvikkleire	12
6.2	Løsne- og utløpsområde	12
6.3	Erosjon.....	14
7	Klassifisering av faresone.....	16
7.1	Faregradsevaluering	16
7.2	Skadekonsekvensevaluering.....	17
7.3	Risikoklasser	18
8	Kritiske snitt og materialparametere	19
9	Stabilitetsvurderinger	20
9.1	Stabilitets mot elva i dagens situasjon	20
9.2	Tiltak for å oppnå tilfredsstillende stabilitet og sikring mot erosjon	20
10	Konklusjon.....	21
11	Referanser	22

Tegninger

10219796-RIG-TEG	-002	Borplan med profiler
	-003	Løsne- og utløpsområdet
	-500 til -503	Beregningsprofiler

1 Innledning

Trosvikstranda Utvikling AS planlegger utbygging av et nytt boligområde på Trosvikstranda i Fredrikstad, og Multiconsult er engasjert som geoteknisk rådgiver. Se figur 1.1 og 1.2.



Figur 1.1: Oversiktskart med tiltaksområdet i dagens situasjon merket med rødt (Hentet fra www.finn.no)



Figur 1.2: Planlagt bybilde i fremtidig situasjon (Arkitekttegninger fra Mad Arkitekter AS)

Foreliggende notat er en geoteknisk ROS-analyse som vurderer sikkerhet mot kvikkleireras iht. retningslinjer utarbeidet av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) [8,10].

Retningslinjene gjelder for områder der det er funnet kvikkleire eller materialer med sprøbruddsegenskaper, og selve utredningen gjelder for regulering av området.

2 Regelverk og krav

Ved vurderingen av sikkerhet mot naturpåkjenninger er det avgjørende om det er kvikkleire eller sprøbruddsmateriale på tomte eller ikke. Dersom det påvises kvikkleire, skal retningslinjer fra Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) følges for utredning av sikkerhet mot skred. Dvs. retningslinjer beskrevet i rapport nr. 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» og anbefalinger/prosedyrer fra veileder nr. 1/2019 «sikkerhet mot kvikkleireskred» [8,10].

2.1 Tiltakskategori faregrad og risikonivå

Det planlegges generelt bygging av sentrumsdel med forretninger og leiligheter (økt personopphold), men endelig plassering av nye bygg og utforming er enda ikke bestemt. Tiltaket kan slikt sett plasseres i tiltakskategori K4, se figur 2.1.

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafiksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting Massedepionier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

Figur 2.1: Klassifisering av tiltakskategori i hht. NVE veileder 1/2019

For inngrep i tiltakskategori K4 skal faresoner som kan berøre tiltaket avgrenses og utredes for områdeskredfare. Kravene gjelder også for utløpsområder utenfor tiltaksområdet som kan påvirke selve tiltaket.

Videre, stiller veilederen krav til at erosjon som kan utløse skred kartlegges, og eventuelt utbedres dersom erosjon avdekkes.

2.2 Sikkerhetskrav

I hht. kapittel 3.3.6 i NVE veileder nr. 1/2019 skal inngrep som ikke forverrer stabiliteten og er plassert i tiltakskategori K4 ha en beregningsmessig sikkerhet på minst $F_c \geq 1.4$ på korttidsbasis (su) og $F_{c\phi} \geq 1.25$ på langtidsbasis (aφ). Kravet gjelder for skråninger som kan påvirke tiltaket direkte.

Dersom sikkerhetstiltaket eller inngrepet forverrer stabiliteten, skal sikkerhetskravet på korttidsbasis økes med en sprøbruddsfaktor $f_s = 1.15$, slik at sikkerhetskravet blir $F_c \geq 1.4 * 1.15 = 1.61$ på korttidsbasis (su).

For skråninger i faresonen, men utenfor influensområdet til tiltaket, åpner veilederen for et sikkerhetsnivå helt ned til 1.20 på Cu-basis og 1.25 på langtidsbasis [8].

2.3 Kvalitetssikring av uavhengig firma

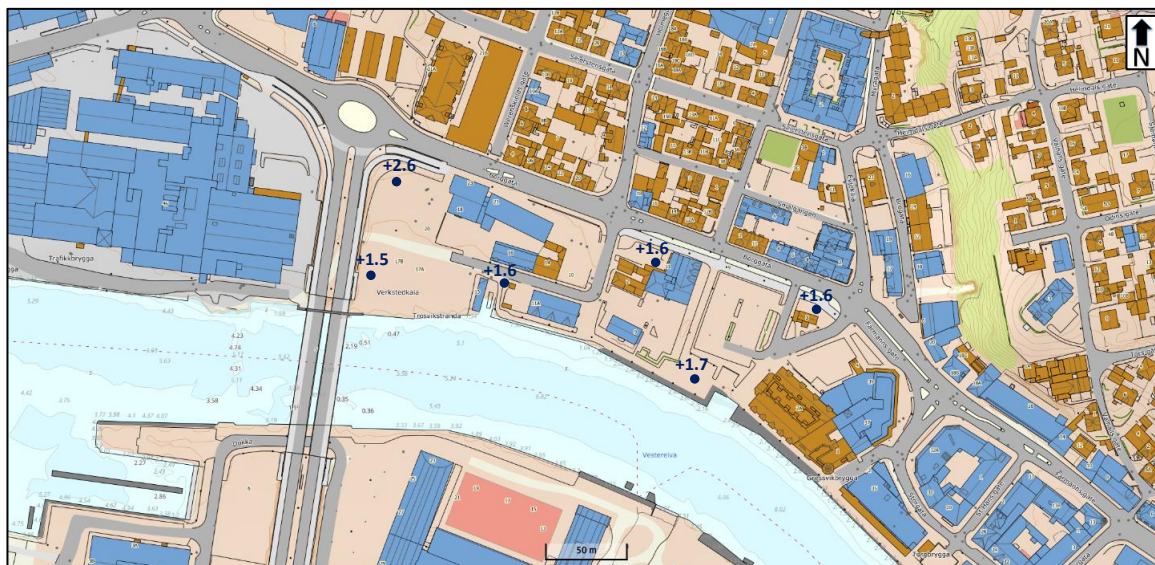
Siden det er kvikkleire på området og vurdering av løsneområde viser at utbyggingen er innenfor det samme aktsomhetsområdet (se kapittel 6), er det påkrevd at områdeskredfarekartleggingen kvalitetssikres av uavhengig firma, tilsvarende prosjekteringskontrollklasse PKK3.

Uavhengig tredjepartskontrollør for denne vurderingen er Løvlien Georaad.

3 Grunnlag – Identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsneområde

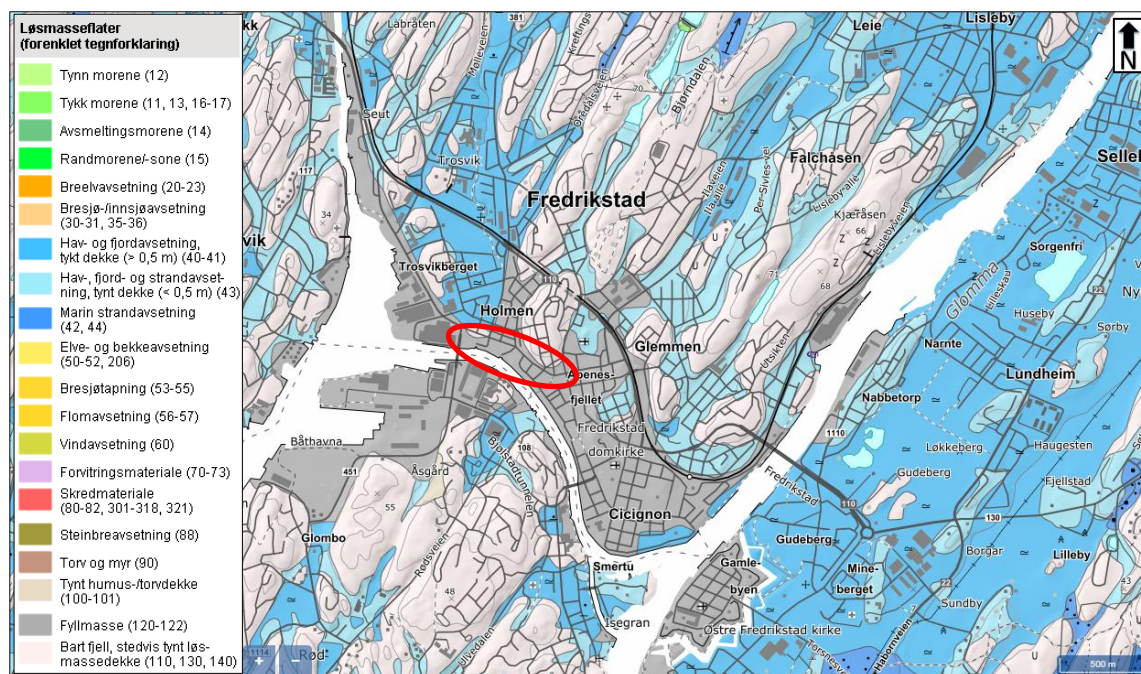
3.1 Topografi, kvartærgeologisk kart og marin grense

Området er tilnærmet flatt og ligger mellom ca. kotene +1.4 til +2.7. I sør langs Vesterelva går det en kontinuerlig kaifront frem til Kråkerøybrua og elva er generelt rundt 5-7 meter dyp, se figur 3.1.



Figur 3.1: Høyder inne på området og dybder ut i Vesterelva (Fra www.kommunekart.com)

På figur 3.2 vises et utsnitt av det kvartærgeologisk kartet for det aktuelle området, som indikerer at området består av fyllmasser.



Figur 3.2: Utsnitt av NGUs kvartærgeologiske kart med planområdet merket i rødt (Fra www.NGU.no)

Det gjøres oppmerksom på at kvartærgeologiske kart i bystrøk ofte angir fyllmasser øverst uten å si noe hva slags masser som er lagret under oppfyllingen. I henhold til faresonekart fra NVE-Atlas, befinner deler av tiltaksområdet ute i Vestreelva innenfor et kartlagt kvikkleireområde, se figur 3.3

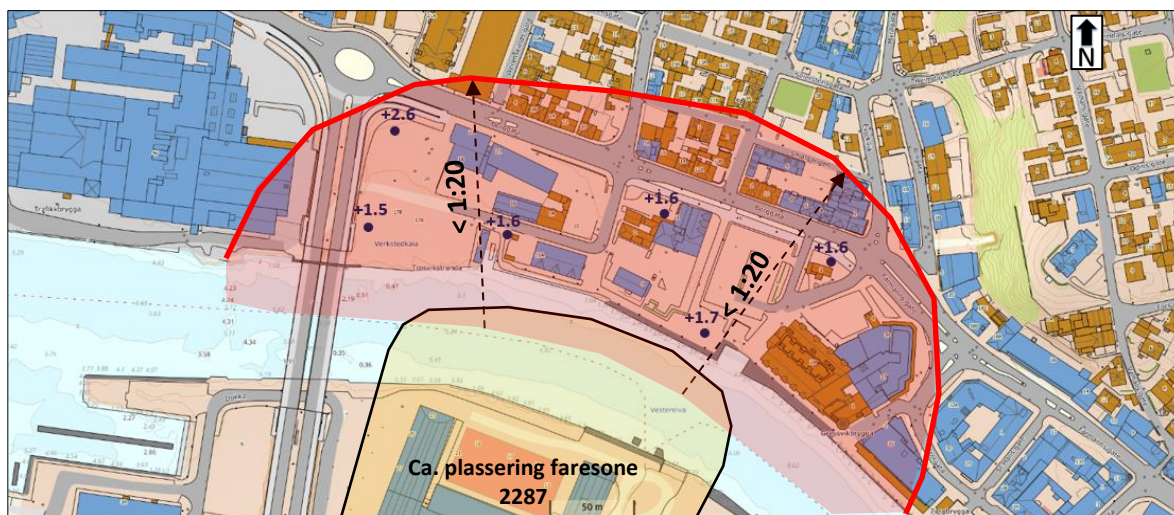
Tiltaksområdet grenser mot sone 2287, som er kartlagt på motsatt side av elva. Mot elva vil det etableres sikringstiltak ifm. en ny kaifront. Disse tiltakene er vurdert til å ikke kunne påvirke faresone 2287 negativt. For øvrig se kapittel 3.3.

I vår sammenstillingsrapport [1] er resultater fra følgende oppdrag inkludert:

- Norconsult, rapport nr. 5103971, datert 31.08.2011 [2].
- Multiconsult, rapport nr. 511347-1, datert 04.09.2009 [3].
- Statens Vegvesen, rapport nr. Bd216B nr. 1, datert 04.09.2006 [4].
- Bjørn Strøm AS, rapport nr. PR2183R1, datert 12.11.1993 [5].
- Noteby AS (nå Multiconsult), rapport nr. 17687, datert 17.01.1978 [6].

Iht. NVE-veileder nr. 1/2019 skal det innledningsvis utføres terrengeanalyser med konservative kriterier for å avgrense et potensielt løseområde der topografien kan gi mulighet for et område-skred. En slik analyse legger til grunn maksimal bakovergrepene utbredelse på 20 ganger skrånings-høyden, og forutsetter at det er sammenhengende kvikkleire på området.

På den aktuelle tomte er kritiske løsnedistanser vurdert etter der det er en høydeforskjell på over 5 meter mellom bunn skråning og opp til tomte, og der en skråningshelning brattere enn 1:20 havner innenfor tomte. Fra de dypeste partiene ute i Vesterelva og opp til tomte, viser denne vurderingen at det er flere løsneområder som kan havne innenfor tiltaksområdet, se figur 3.4.



Figur 3.4: Høyder inne på området og potensielt løснеområde basert på dybder ut i Vesterelva (Fra www.kommunekart.com)

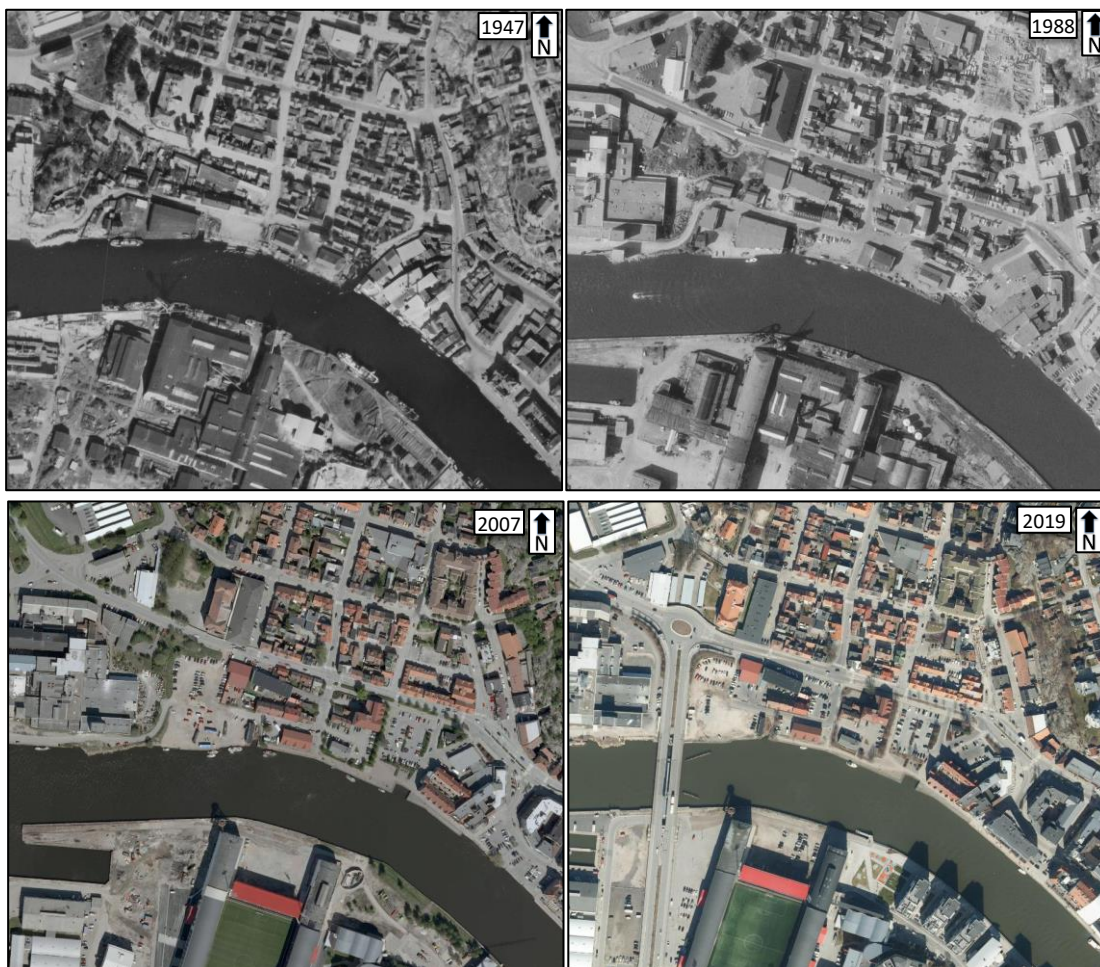
Faresone 2287 starter rundt midten av elva som danner en dalbunn, og fortsetter videre inn mot Fredrikstad stadion i syd. Eventuelt ras fra faresone 2287 vil slikt sett ikke kunne forverre sikkerheten på tiltaksområdet, siden skredmassene vil ha utløp mot elva (lavpunktet i skråningen) og virke stabiliserende. Tilsvarende vil et skred på tiltaksområdet ikke kunne utløse et områdeskred ved faresone 2287. Se figur 3.4.

Det er ikke presisert et løснеområde for faresone 2287, men dette vurderes å ha orientering mot topografisk lavpunkt (midten av elva). Siden det ikke er høydeforskjell mellom elvesidene vil ikke skredmassene kunne treffe tiltaksområdet. Det vil derimot kunne oppstå en flodbølge som kan treffe tiltaksområdet. For øvrig se kapittel 6.2.

4 Befaring

4.1 Historiske bilder

Flyfoto fra www.finn.no indikerer at kaifronten som står langs Trossvikstranda i dagens situasjon allerede var etablert i år 1947, se figur 4.1.



Figur 4.1: Historiske flyfoto fra år 1947, 1988, 2007 og 2019 med området merket med rødt (Fra www.finn.no)

Flyfoto fra år 1947 til 1988 viser at det var noe bygging på området i perioden, og mellom 1988 og frem til 1997 var det økt byggeaktivitet nede ved Evjebekk-kaia i sørøst, der blant annet et nytt bygg ble satt opp men også noe gammel bebyggelse revet og erstattet med parkeringsplass.

Mellom 2003 til 2007 ble lagerbygget helt mot vest revet som på deler av området ble erstattet med Værstebrua og ny veg-trasè. Siden år 2011 har området stått tilnærmet likt frem til dagens situasjon.

For vurdering av erosjon vises det for øvrig til kapittel 6.3.

4.2 Befaring utført av Multiconsult

Det er utført befaring av området den 12.06.2020 og 26.08.2020 av Multiconsult i forbindelse med prosjektet, se figur 4.2-4.4, og området har i etterkant blitt befart flere ganger.



Figur 4.2 – Står vest i området (fig. 1.1) og tar bildet mot vest, fra befarings den 12.06.2020



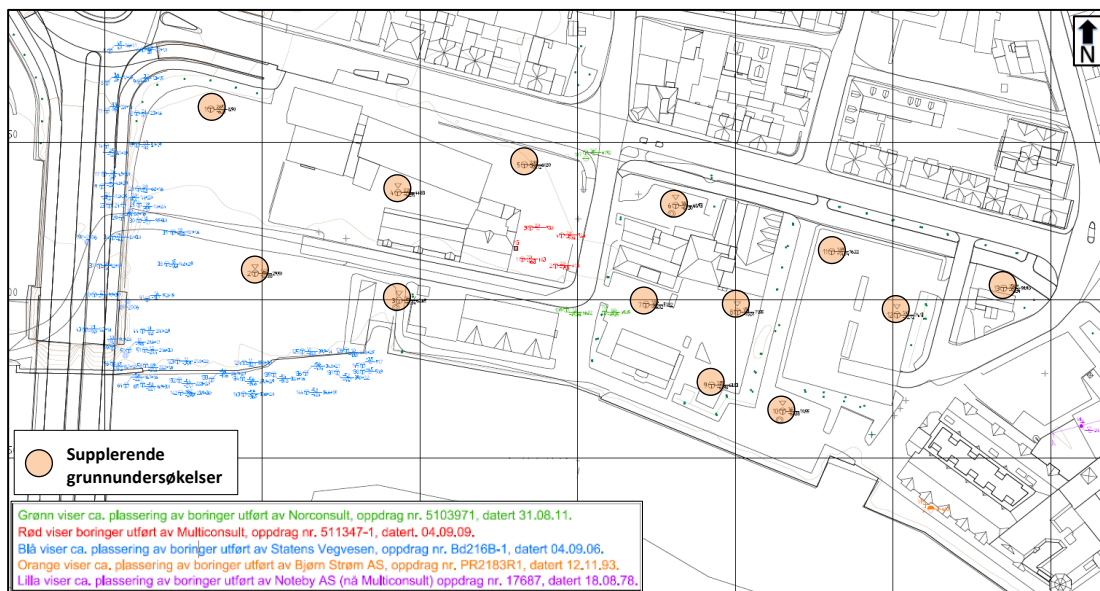
Figur 4.3 - Står vest i området (fig. 1.1) og tar bildet mot øst, fra befarings den 12.06.2020



Figur 4.4 - Står øst i området (fig. 1.1) og tar bildet mot vest, fra befarings den 12.06.2020

5 Grunnundersøkelser

Multiconsult har utført supplerende grunnundersøkelser i forbindelse med prosjektet, og det vises generelt til vår geotekniske datarapport som sammenstiller alle tidligere grunnundersøkelser på området. Se rapport nr. 10219796-RIG-RAP-001, datert 06.08.2020 [1] og figur 5.1.



Figur 5.1: Borplan og prøvesylindere som viser utførte supplerende grunnundersøkelser [1].

Det er generelt mellom 0,6 til 76,2 meters dybde til antatt berg i borpunktene utført på området.

Øverst er det fyllmasser av sand, grus, tegl, jord, leire eller tørrskorpe ned til rundt 0,4-3 meters dybde, etterfulgt av siltig leire ned til rundt 5,7-75,3 meters dybde. Derunder er det et fastere lag (morene) av trolig sand eller grus over antatt berg med variert tykkelse, mellom 0-5,9 meter.

Det er på mindre partier funnet sprøbruddsleire i noen prøvesylindere.

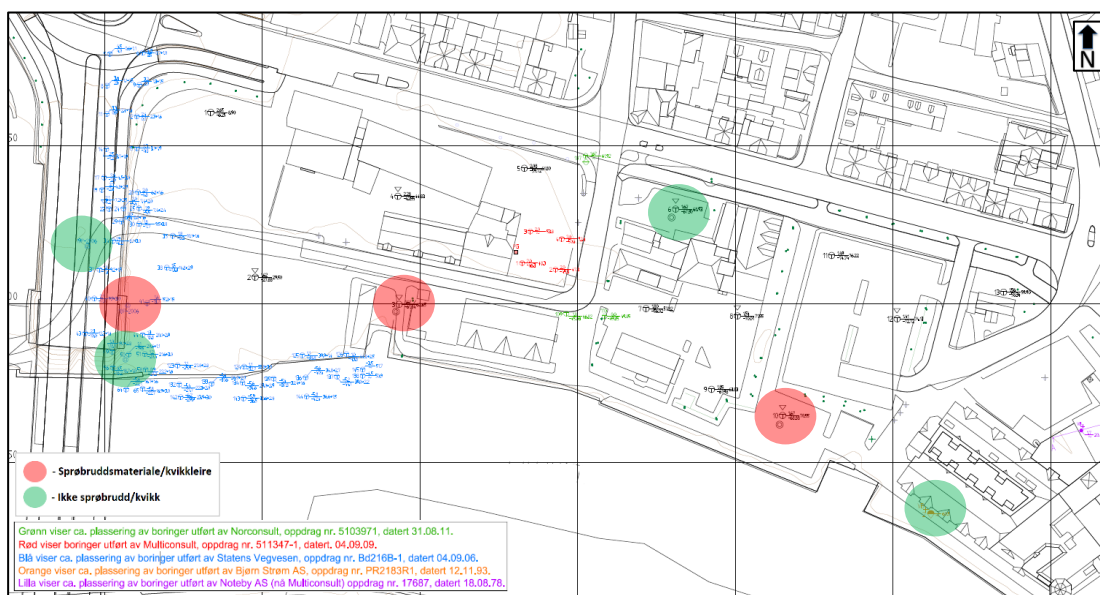
Grunnvannstanden antas å følge nivået på Vestreelva, dvs. ca. 1-2 meter under terrengnivå.

6 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Dette kapittelet viser kartlegging av kvikkleire og opptegning av løsne- og utløpsområdet, og vurdering av områder med mulig pågående erosjon.

6.1 Kartlegging av kvikkleire

Totalsonderinger viser generelt en trend med stigende bormotstand i dybden, og prøveserier viser at leira i noen prøvesylindere blir flytende ved omrøring de øverste par meterne, dvs. defineres som sprøbruddsmateriale. Det er ikke utført grunnundersøkelser i Glomma, og det kan derfor ikke utelukkes om det er kvikkleire/sprøbruddsmateriale eller ikke. Se figur 6.1.



Figur 6.1: Borplan og prøvesylindere som viser sprøbruddsmateriale/kvikkleire [1].

6.2 Løsne- og utløpsområde

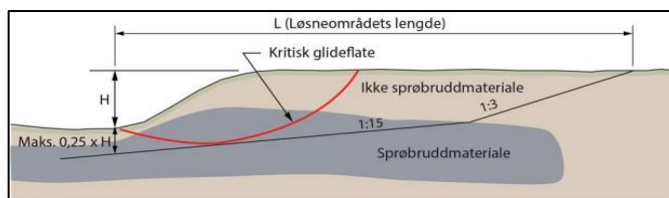
Iht. kapittel 4.5 i NVE veileder 1/2019, skal utførte grunnundersøkelser og befaringer være omfattende nok til å kunne gi tilstrekkelig informasjon til om løsneområdet kan avgrenses ift. den aktuelle skredmekanisme gjeldende i snittet. Skredmekanismen defineres generelt etter kvikkleiras mektighet innenfor kritisk glideflate, som må beregnes for dagens situasjon i hvert enkelt profil.

Det vises generelt til flytskjema angitt i NVE-veilederen, se figur 6.2.

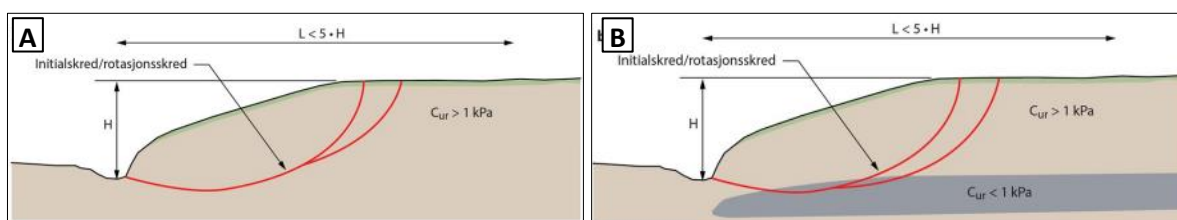


Figur 6.2: Flytskjema for vurdering av skredmekanisme iht. NVE-veileder nr. 1/2019.

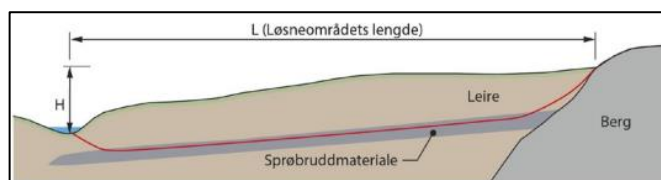
Flytskjemaet viser at dersom det er sammenhengende kvikkleire og over 40% av den kritiske glideflaten havner i kvikkleirelaget, så vil dette gi potensiale for en lang bakovergripelse (retrogressiv skred). Dersom under 40% av den kritiske glideflaten havner i kvikkleirelaget, skiller veilederen mellom rotasjonsskred og flaskred som ofte har kortere bakovergripelse. Se figur 6.3-6.5.



Figur 6.3: Retrogressiv skredmekanisme med maksimal bakovergripelse definert iht. NGI-metoden.

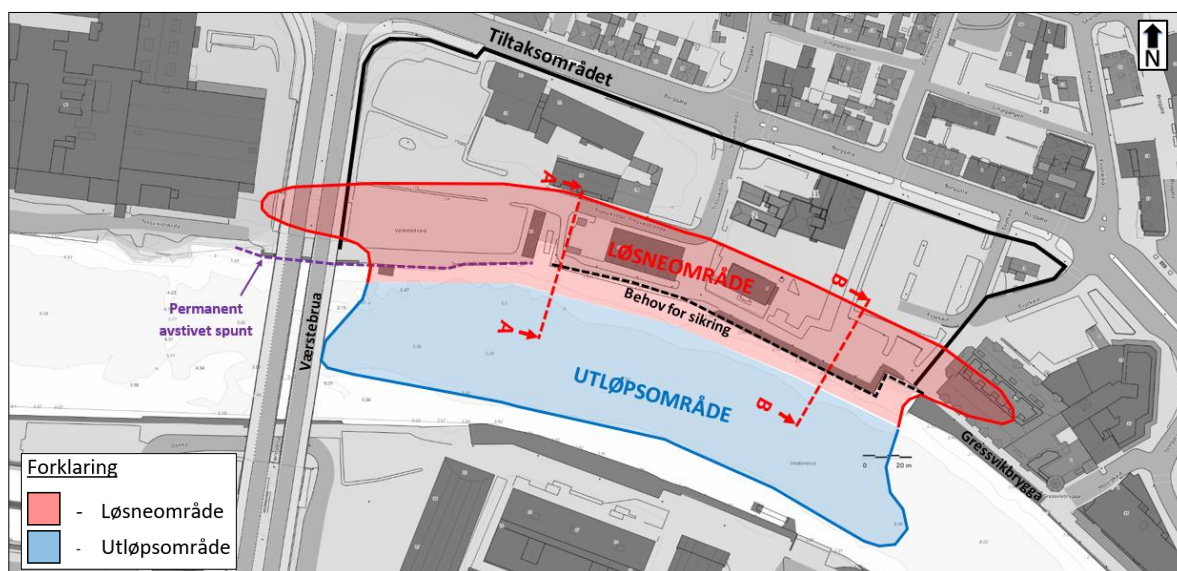


Figur 6.4: Rotasjonsskred og prinsipp for å vurdere maksimal bakovergripelse.



Figur 6.5: Flaskred og prinsipp for å vurdere maksimal bakovergripelse.

Løsneområdet er basert på antatt sammenhengende kvikkleire fra Glomma og inn på området, jfr. kvikkleirekartleggingen i kapittel 6.1, der rotasjonsskred med bakovergripelse $L < 5 \cdot \Delta H$ er definert som kritisk skredmekanisme. Samlet sett, gir dette løsneområdet som vist på figur 6.6.



Figur 6.6: Løsne- og utløpsområdet vurdert etter 1:15-kriteriet (Tegning nr. 10219796-RIG-TEG-003).

Tiltaksområdet ligger relativt flatt og domineres av elva mot syd, som danner en dalside. Utløpsområdet er vurdert til å ha orientering mot lavpunktet i elva, dvs. mot midten. Et eventuelt ras vil kunne skape en flodbølge som treffer motsatt side av elva i syd.

Sideveis utbredelse er ikke vurdert som relevant forbi løsneområdet, basert på en samlet vurdering av kvikkleiras utstrekning og aktuell skredmekanisme.

6.3 Erosjon

Gamle tegninger fra vårt arkiv tilbake til år 1951 viser at kaifronten var bygd forskjellig, med granittblokker, betongskjørt eller avstivet trespunt på ulike partier. I år 1993 utførte Grøner Østfold AS en detaljert tilstandsanalyse av kaifronten, inkludert dykkerundersøkelser [15], se figur 6.7-6.10.



Figur 6.7: Antatt tilstand på kaifronten langs Trosvikstranda i dagens situasjon (earth.google.com)



Figur 6.8: Kaifront mot Værstebua i vest, avstivet stålsput (Fra befaring 2020-08-26)



Figur 6.9: Kaifront ved båtbua mot øst, betongskjørt (befaring 2020-08-26)



Figur 6.10: Kaifront ved Evjekaia og mot vest (befaring 2020-08-26)

Befaringen bekrefter de ulike løsningene i kaifronten er som beskrevet av Grøner Østfold i 1993 (figur 4.5). I tilstandsanalysen ble deler av kaifronten generelt beskrevet som «generelt dårlig» [15].

Under etablering av Kråkerøyforbindelsen mellom 2009 til 2011 ble deler av kaifronten langs Trosvikstranda fornyet [16,17]. Det ble rammet permanent stålsputt ned til fjell som ble avstivet med løsmassestag, og med et beregningsmessig sikkerhetsnivå over 1.4.

Mot vest er det en permanent avstivet spunt der befaring vurderer at det ikke er fare for erosjon.

Lengere mot øst (gammel kaifront) kan tilstanden på kaifronten ikke dokumenteres utover tilstandsvurderingen som ble gjort av Grøner Østfold i 1993. Det kan derfor ikke utelukkes pågående erosjon i dette området (figur 6.9), og utførte supplerende grunnundersøkelser utført av Multiconsult (kapittel 5 og 6.1) kan heller ikke utelukke sprøbruddsmateriale.



Figur 6.11: Antatt tilstand på kaifronten langs Trosvikstranda i dagens situasjon (Etter google.earth, 2020)

På partier langs kaifronten det ikke kan utelukkes erosjon, må kaifronten enten utbedres eller det må utføres inspeksjon som dokumenterer at det ikke er pågående erosjon som kan utløse skred. Se figur 6.11.

For øvrig gjelder NVE-krav til absolutt sikkerhet langs hele kaifronten. Se kapittel 9.

7 Klassifisering av faresone

Iht. NVE veileder nr. 1/2019 skal faresoner klassifiseres og evalueres etter definert faregrad, konsekvens- og risikoklasse [8]. I forbindelse med klassifiseringen, skal det også utarbeides et faregradskart i hht. metoden beskrevet i NVE rapport nr. 9/2020, som skal meldes inn til www.NVE.no [7].

Klassifisering legger generelt til grunn tiltakets faregradsindikator (F_i), skadekonsekvensindikator (S_i), som gir risikoindikatoren (R_i), definert som $R_i = F_i * S_i$.

7.1 Faregradsevaluering

For klassifisering av faresoner skal totalt 8 faktorer vurderes og poeng gis for det aktuelle området. Hver faktor skal poeng gis etter en skala fra 0 til 3, hvor 3 angir høyest faregrad. I tillegg skal noen faktor vektlegges med positivt eller negativt fortegn (+/-), hvor positivt fortegn (+) gir negativt utslag og negativt fortegn (-) gir positivt utslag.

Faregraden deles generelt inn i 3 klasser; *Lav*, *middels* eller *høy* og bestemmes til slutt etter samlet poengsum, iht. figur 7.1.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poretrykk Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen
Inngrep: forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
Faresonene fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum: Lav faregrad = 0-17 poeng Middels faregrad = 18-25 poeng Høy faregrad = 26-51 poeng					

Figur 7.1: Metode for evaluering av faregrad innenfor et løseområde, NVE-veileder nr. 1/2019.

Faregradsevalueringen er generelt basert på utførte grunnundersøkelser (poretrykksmålinger, prøveserier og spesialforsøk), forhistorie, befaringer og parameterstudie. Se tabell 7.1.

Tabell 7.1: Faregradsevaluering av antatte løsneområder som kan påvirke tiltaksområdet

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Vi kjenner ikke til noen skred som har gått på området.
Skråningshøyde	2	0	0	Maks skråningshøyde i området er < 15 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	6	Området har tidligere vært benyttet til lagring av tømmer, men utførte ødometerforsøk på området indikerer normalkonsolidert leire.
Poretrykk, overtrykk Poretrykk, undertrykk	3 -3	0 0	0 0	Grunnvannstanden er indikert under opptak av uforstyrrede prøveserier, som korresponderer med nivået i Glomma. Det er derfor antatt hydrostatisk poretrykk i området.
Kvikkleiremektighet	2	1	2	Konservativt valgt et tykt lag med kvikkleire på området.
Sensitivitet	1	2	2	Sensitivitet $St < 20$, målt fra laboratorium.
Erosjon	3	1	3	Kan ikke utelukke erosjonsfare på langs kaifronten der tilstanden er spesielt usikker.
Inngrep, forverring Inngrep forbedring	3 -3	0 0	0 0	Vi er ikke kjent med tidligere tiltak som hverken har bedret eller forverret sikkerheten.
Poengverdi (Faregradsindikator, F_i)			13	Dette gir faregradsklasse «lav».

Basert på en samlet vurdering av området, gir faregradsevalueringen en poengverdi (F_i) på 13, dvs. 25.5 % av maksimal poengsum. Se oppsummering av vurderingen i tabell 7.1. Dette medfører at løsneområdet med forutsetninger i dagens situasjon, kan faregradsklassifiseres med «lav faregrad».

7.2 Skadekonsekvensevaluering

Skadekonsekvensklasser vurderer om det er fare for at liv kan gå tapt, kan oppstå skade på mennesker, økonomiske tap eller om det er fare for at viktige samfunnsmessige funksjoner kan stoppe opp, og deles inn i betegnelse *mindre alvorlig*, *alvorlig* eller *meget alvorlig*.

Løsne- og utløpsområde skal generelt skadekonsekvens-evalueres iht. figur 7.2, hvor totalt 7 faktorer poenggis. Hver faktor vurderes etter en skala fra 0 til 3, hvor 3 angir høyest faregrad. I tillegg vektet hver faktor med et vektall, mellom 1-4, avhengig av hvilken betydning de har relativt til hverandre, se figur 7.2.

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, bruk	2	Person-trafikk	Gods-trafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemming og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:					
Mindre alvorlig = 0-6 poeng					
Alvorlig = 7-22 poeng					
Meget alvorlig = 23-45 poeng					

Figur 7.2: Metode for evaluering av skadekonsekvensklasse

Basert på de angitte kriteriene, gir skadekonsekvensevalueringen av det definerte løsneområdet (kapittel 6.2) en poengverdi som angitt i tabell 7.2.

Tabell 7.2: Skadekonsekvensevalueringen av antatte løsneområder

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	3	12	Det er leiligheter i Trosvikstranda 14 og 16, og Trosvikstranda 8 leies av en interesseorganisasjon.
Næringsbygg, personer	3	2	6	Det er butikker i Trosvikstranda 16 og 18.
Annen bebyggelse, verdi	1	2	2	Det ene båthuset er fredet og kan slikt sett vurderes som verneverdig.
Vei, ÅDT	2	3	6	Løsneområdet er innenfor Borgata, som er en hovedvei gjennom Fredrikstad Sentrum.
Toglinje, bruk	2	0	0	Ikke relevant (ingen toglinje på området eller i nærheten).
Kraftnett	1	0	0	Ikke relevant (ingen høyspentmaster på området eller nærheten).
Oppdemning og flodbølge	2	1	2	Skredmassene vil havne i Glomma og vaskes bort relativt raskt. Området er relativt flatt og det er omtrent samme høyde på kaifronten på motsatt side av elven. Dvs. evt. flodbølge vurderes ikke kritisk.
Sum poeng	28/45			
% av maksimal poengsum	62.2 %			Dette gir konsekvensklasse «Meget alvorlig».

En skadekonsekvensevaluering (S_i) på 28, gir 62,2% av maksimal poengsum, tilsvarende konsekvensklassen «meget alvorlig».

7.3 Risikoklasser

Risikoklassen (R_i) er definert som faregradsklasse (F_i) multiplisert med skadekonsekvensklasse (S_i) i prosent (%), og er generelt delt inn i fem risikoklasser (1-5).

For det aktuelle tiltaket viser faregrads- og konsekvensevalueringen at risikoklassen er

- $R_i = (25,5\%) \times (62,2\%) = 1586$

I hht. NVE veileder nr.9/2020 gir en poenggivning på 1586 risikoklasse 3 [7].

PR3

Undrenet skjærstyrke [kPa]

0 20 40 60 80

0 5 10 15 20 25 30

Dybde [m]

30

30

64

— $Nkt-K: [7.8/8.5] + 2.5 \cdot \log(OCR3)$
 $+ [0.082/0] \cdot lp$
 - - - SHANSEP (OCR3, $\alpha = [0.31-0.31]$, $m = [0.70-0.71]$)
 ▲ PR3 - Korus
 ● PR3 - Enaks

PR10

Undrenet skjærstyrke [kPa]

0 20 40 60 80

0 5 10 15 20 25 30

Dybde [m]

32

32

60

— $Nkt-K: [7.8/8.5] + 2.5 \cdot \log(OCR3)$
 $+ [0.082/0] \cdot lp$
 - - - SHANSEP (OCR3, $\alpha = [0.30-0.31]$, $m = [0.69-0.71]$)
 ● PR10 - Korus
 ▲ PR10 - Enaks

Styrkeverdier (figur 8.2) er generelt tolket etter OCR3-metoden (Q_t), som vi vurderer til i være mer konservativt enn f.eks egendefinert OCR tolket via ødometerforsøk.

9 Stabilitetsvurderinger

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stability versjon 22.0.1.0, med beregningsmetodene BEAST 2003 og egendefinerte glideflater. Beregningsmetode BEAST lar programmet søke automatisk etter kritisk sirkulærsylindriske glideflater.

9.1 Stabilitets mot elva i dagens situasjon

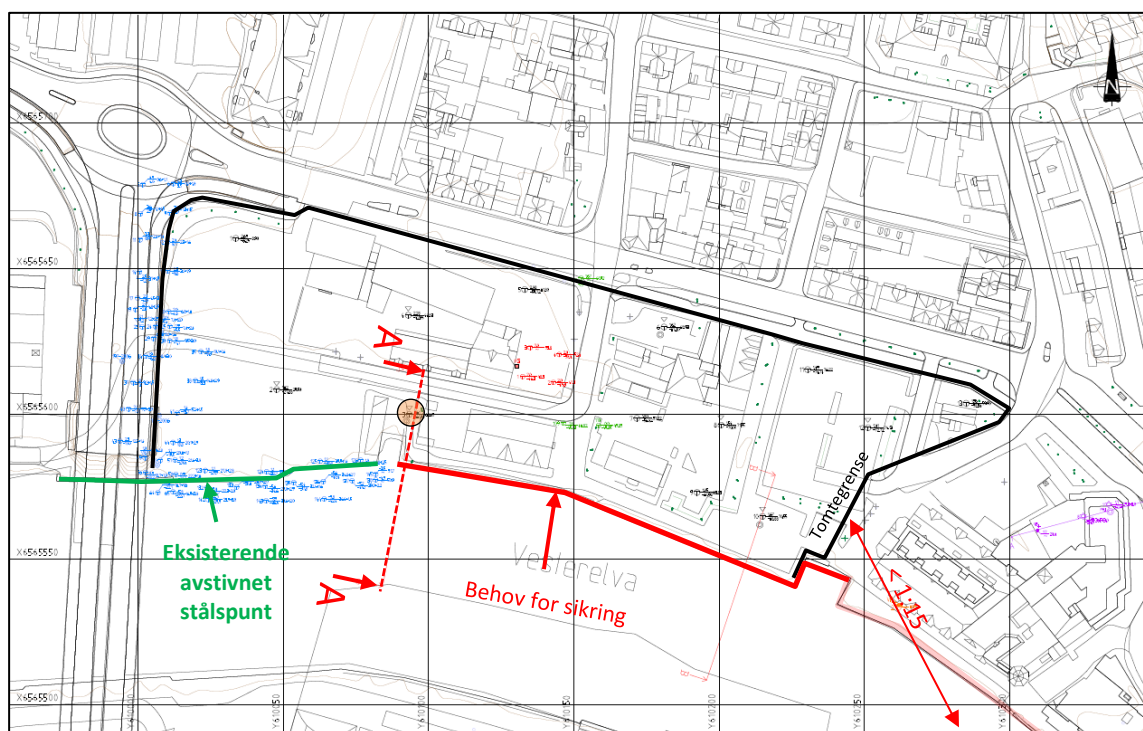
Oppdaterte beregninger er utført ved at det ikke er benyttet reduksjonsfaktor ($A_a = 1.0$) i udrenerte analyser. Stabilitetsberegningene viser et sikkerhetsnivå på 1.32 i profil A-A, og 1.38 i profil B-B ut mot Vesterelva på su-basis. Dvs. området tilfredsstiller ikke krav til absolutt sikkerhet (≥ 1.4) i dagens situasjon. Dersom tiltaket forverrer sikkerheten, kreves en absolutt sikkerhet $\geq 1.4 \cdot 1.15$.

For øvrig se vedlagte tegninger nr.10216531-RIG-TEG-500 til -501, datert 31.03.2025 (rev 01).

9.2 Tiltak for å oppnå tilfredsstillende stabilitet og sikring mot erosjon

Iht. retningslinjene utarbeidet av NVE skal det dokumenteres at områder som har for lav sikkerhet, lar seg stabilisere. Videre, skal erosjon som kan utløse skred kartlegges og eventuelt utbedres før bygging.

For å oppnå nødvendig sikkerhet mot stabilitet og erosjon så kan det rammes ned en avstivet stålspunt ned til rundt 15 meters dybde med stopp i løsmassene (svevespunt) som avstives med horisontalstag inn mot land. Glideflaten tvinges da til å gå dypere (under spunten) som fører til at sikkerheten blir tilstrekkelig i dagens situasjon og evt. erosjon som kan utløse skred stanses. Se figur 9.1.



Figur 9.1 – Borplan med utvalgt stabilitetsprofiler og behov for sikring.

En 15 meter lang avstivet spunt fører til en beregningsmessig sikkerhet på 1.71 på su-basis og ϕ -basis. Se tegning nr.10216531-RIG-TEG-502 til -503. Andre tiltak som kan vurderes er avlastning og tilbakefylling med lette masser, men dette må evt. detaljeres nærmere i detaljprosjekteringen.

Arbeidsrekkefølge og endelig tiltak som velges skal for øvrig sørge for at det oppnås tilstrekkelig sikkerhet i alle faser og dette skal detaljeres i prosjektets senere fase, når tiltakene er bestemt.

10 Konklusjon

Det er funnet sprøbruddsmateriale på flere partier inne på tiltaksområdet og det kan ikke utelukkes at dette er sammenhengende. Det er derfor gjort en geoteknisk ROS-analyse mhp. sikkerhet mot kvikkleire iht. NVE-veileder nr. 1/2019. En oppsummering av vurderingene er visst i tabell 10.1.

Tabell 10.1: Oppsummering av prosedyre fra NVE veileder nr. 1/2019.

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være	Utredningen gjøres for reguleringsplan.
2	Regelverk og krav	Tiltaket havner i tiltakskategori K4.
3	Grunnlag – Identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løснеområde	Området består av fyllmasser i hht. kvartærgeologisk kart. Tiltaksområdet i nærheten av en større kvikkleiresone kartlagt på motsatt side av elva.
4	Befaring	Det er utført flere befaringer på området, og disse samsvarer med tidligere tilstandsvurderinger gjort av kaia.
5	Grunnundersøkelser	Det er utført supplerende grunnundersøkelser i forbindelse med prosjektet.
6	Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone	Det er kartlagt kvikkleire, definert et løсне- og utløpsområde, og det er vurdert at erosjon ikke kan utelukkes.
7	Klassifisering av faresone	Det aktuelle løśnieområdet har faregradsklassifisering «lav», skadekonsekvens «meget alvorlig» og risikoklasse 3.
8	Kritiske snitt og materialparametere	Kritiske snitt er plassert langs kaifronten der det ikke nylig har vært dokumentert tilstrekkelig sikkerhet og det er potensiale for erosjon.
9	Stabilitetsvurderinger	For lav stabilitet i dagens situasjon.

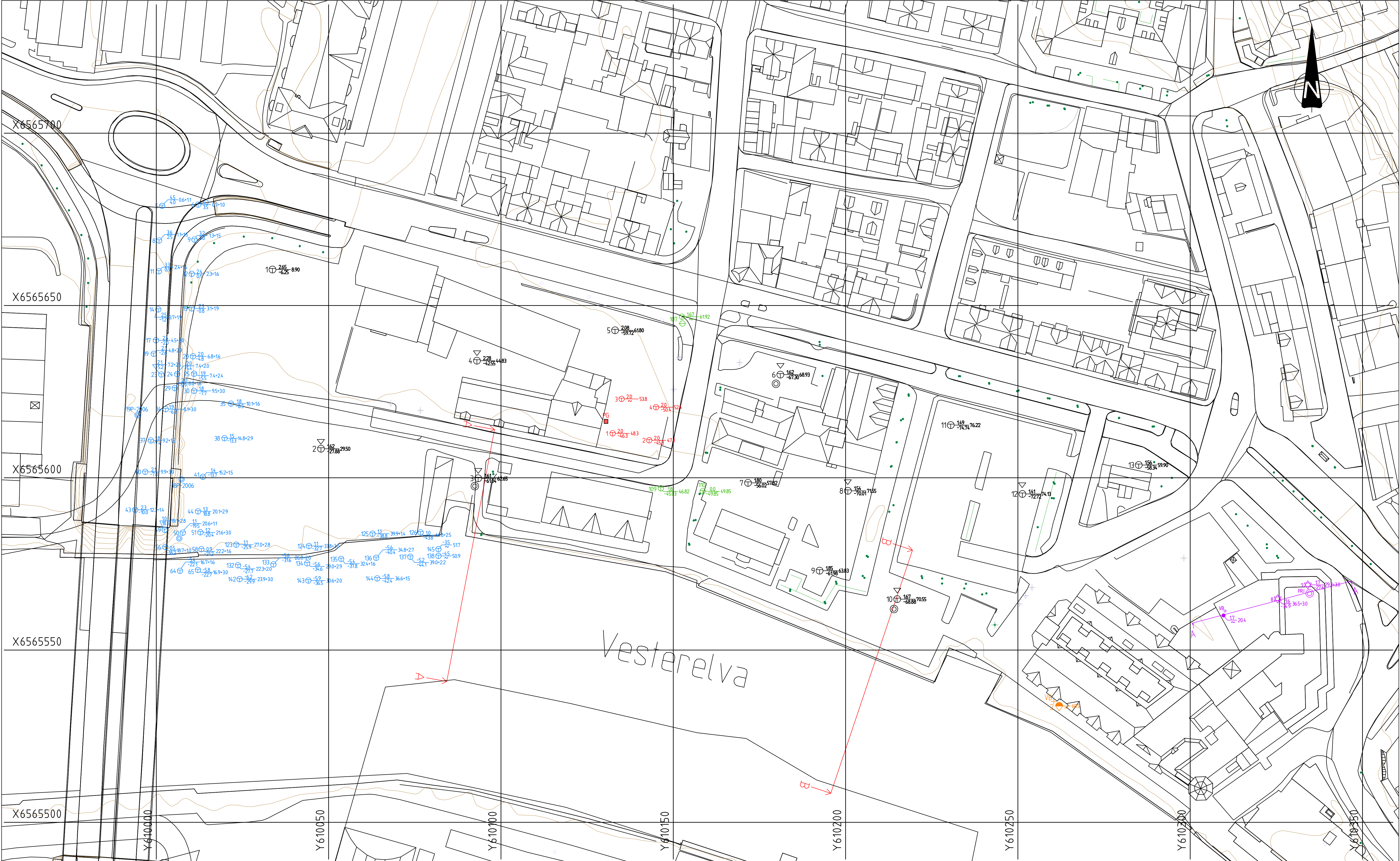
Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten mot områdeskred ikke er tilfredsstillt i dagens situasjon, og det må derfor gjøres stabilitetsforbedrende tiltak før eventuell utbygging. Dette kan løses med en 15 meter lang avstivet stålpunt med stopp i løsmasser (svevespunt) eller avlasting og tilbakefylling med lette masser, men dette må detaljeres nærmere i den geotekniske detaljprosjekteringen.

Videre geoteknisk detaljprosjektering skal for øvrig sørge for at det endelige tiltaket og anleggsgjennomføringen ivaretar sikkerheten i alle faser.

Områdestabiliteten er dermed ivaretatt.

11 Referanser

- [1] Multiconsult (2020). Rapport nr. 10219796-RIG-NOT-001 «Trosvikstranda, Fredrikstad». Dararapport – Geotekniske grunnundersøkelser, datert 06. august 2020. Østfold geoteknikk, Fredrikstad.
- [2] Norconsult (2011). Rapport nr. 5103971, «Veumbekken». Geoteknisk datarapport, datert 31. august 2011.
- [3] Multiconsult (2009). Rapport nr. 511347-1, «Planlagt nybygg Trosvikstranda 10-12, Fredrikstad», datert 04. september 2009. Geoteknikk, Østfold.
- [4] Statens Vegvesen (2006). Rapport nr. Bd216B nr. 1, «Rv. 108 Kråkerøyforbindelsen – Ny bry over Vesterelven». Geoteknisk datarapport, datert 04. september 2006.
- [5] Bjørn Strøm AS (1993). Rapport nr. PR2183R1, «Planlagt byggeprosjekt Evjekaia Torg», datert 12. november 1993.
- [6] Noteby AS (1978). Rapport nr. 17687, «Nybygg, Brogaten 1-3, Fredrikstad», oppdrag nr. 17687, datert 17. januar 1978. Geoteknikk, Østfold.
- [7] NVE (2020). "Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred", ekstern rapport, Norges vassdrags- og Energidirektorat (NVE), datert 13.05.2020.
- [8] NVE (2019). "Sikkerhet mot kvikkleireskred," Veileder nr. 1/2019. Norges vassdrags- og energidirektorat. Desember 2020.
- [9] NVE (2013). «Veiledning til forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforskyning», veileder nr. 1/2013, datert juli 2013.
- [10] NVE (2011). "Flaum- og skredfare i arealplanar (2-2011)," NVE, Oslo, NVE retningslinjer Retningslinjer nr. 2-2011, Apr. 2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- [11] Norges Geotekniske Institutt (NGI) (2008). Rapport nr. 20001008-2 «Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire», datert 31. august 2001, sist revidert 08. oktober 2008. Program for økt sikkerhet mot leirskred.
- [12] Norges Geotekniske Institutt (NGI) (1958). Grunnundersøkelse og stabilitetsanalyse for kaiområdet ved Greker Cellulosefabrikk, datert 21. november 1958. Oslo, Blindern.
- [13] NIFS (2014). Rapport nr. 14/2014, Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer». Publisert av Norges Vassdrags- og Energi direktorat i samarbeid med Statens Vegvesen og Jernbaneverket, datert 30.01.2014.
- [14] NIFS (2014). Rapport nr. 77/2014, Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire «Valg av karakteristisk cuA-profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser. Publisert av Norges Vassdrags- og Energi direktorat i samarbeid med Statens Vegvesen og Jernbaneverket, datert 19.05.2015.
- [15] Grøner Østfold AS (1993). Oppdrag nr. 45365, «Fredrikstad kommune, Bryggene i Fredrikstad – Tilstandsrapport». Tilstandsvurdering, rapport 14.03.1993.
- [16] Multiconsult (2012). «Ny Klaffebru Kråkerøy, Rv 108 i Region ØST». Teknisk sluttrapport, grunnarbeider og fundamentering, datert 15. mai 2012. Østfold geoteknikk, Fredrikstad.
- [17] Aas-Jakobsen AS (2009). Rv. 108 Ny Kråkerøyforbindelse, klaffebru over Vesterelva, rapport nr. 10425-02 «Pele- og spuntberegninger». Beregningsrapport, datert 01.06.2008. Sist revidert 21.04.2009.
- [18] Vegdirektoratet (2025). Håndbok V220, datert 10.02.2025.



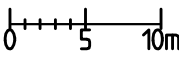
SYMBOLER

- Dreiesondering
- ✱ Fjellkontrollboring
- ⊙ Prøveserie/Skovliboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering
- ◆ Dreietrykksondering
- Prøvegrop
- ▲ Fjell i dagen
- ▽ Trykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Vingeboring

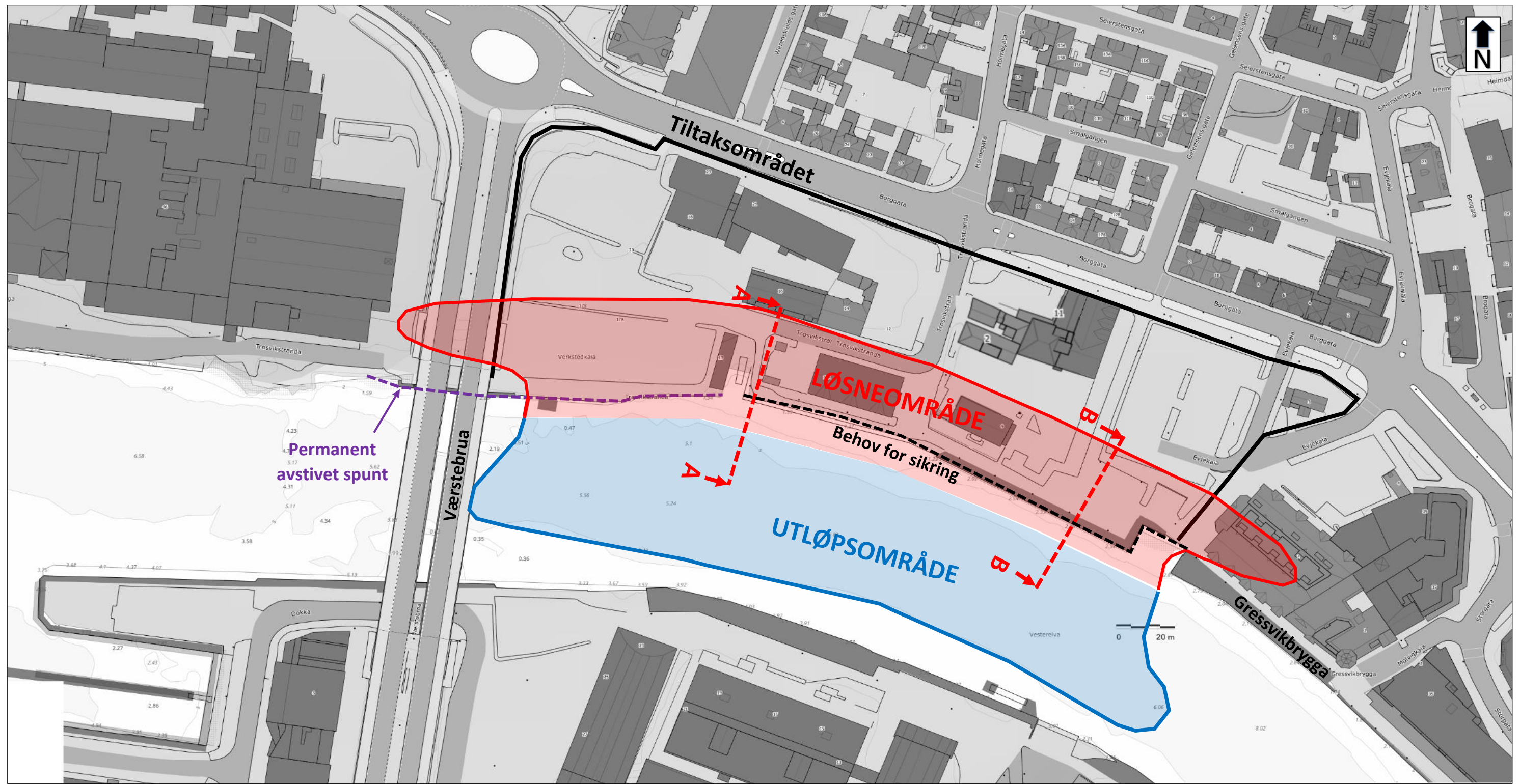
Borhull nr. Terreng (bunn) kote Boret dybde + (boret i fjell)
Antatt fjellkote

Borboknr. :
Lab.boknr. :
Kartgrunnlag :

Grønn viser ca. plassering av boringer utført av Norconsult, oppdrag nr. 5103971, datert 31.08.11.
Rød viser boringer utført av Multiconsult, oppdrag nr. 511347-1, datert 04.09.09.
Blå viser ca. plassering av boringer utført av Statens Vegvesen, oppdrag nr. Bd216B-1, datert 04.09.06.
Orange viser ca. plassering av boringer utført av Bjørn Strøm AS, oppdrag nr. PR2183R1, datert 12.11.93.
Lilla viser ca. plassering av boringer utført av Noteby AS (nå Multiconsult) oppdrag nr. 17687, datert 18.08.78.



Rev.	Beskrivelse	Endr./liste	Dato	Original format	Tegn.	Kontr.	Godt.
	Borplan med profiler			A1	Fag	GEO	
TROSVIKSTRANDA UTVIKLING AS TROSVIKSTRANDA, FREDRIKSTAD		Status	-				
		Målestokk	1:500				
Multiconsult www.multiconsult.no		Dato	2020-09-25	Konstr./Tegnet	DSS	Kontrollert	ESF
		Oppdragsnr.	10219796	Tegningsnr.	RIG-TEG-002	Godkjent	ESF
		Rev.					00



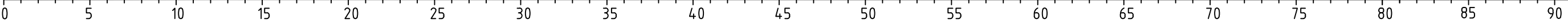
Forklaring

- Løsneområde
- Utløpsområde

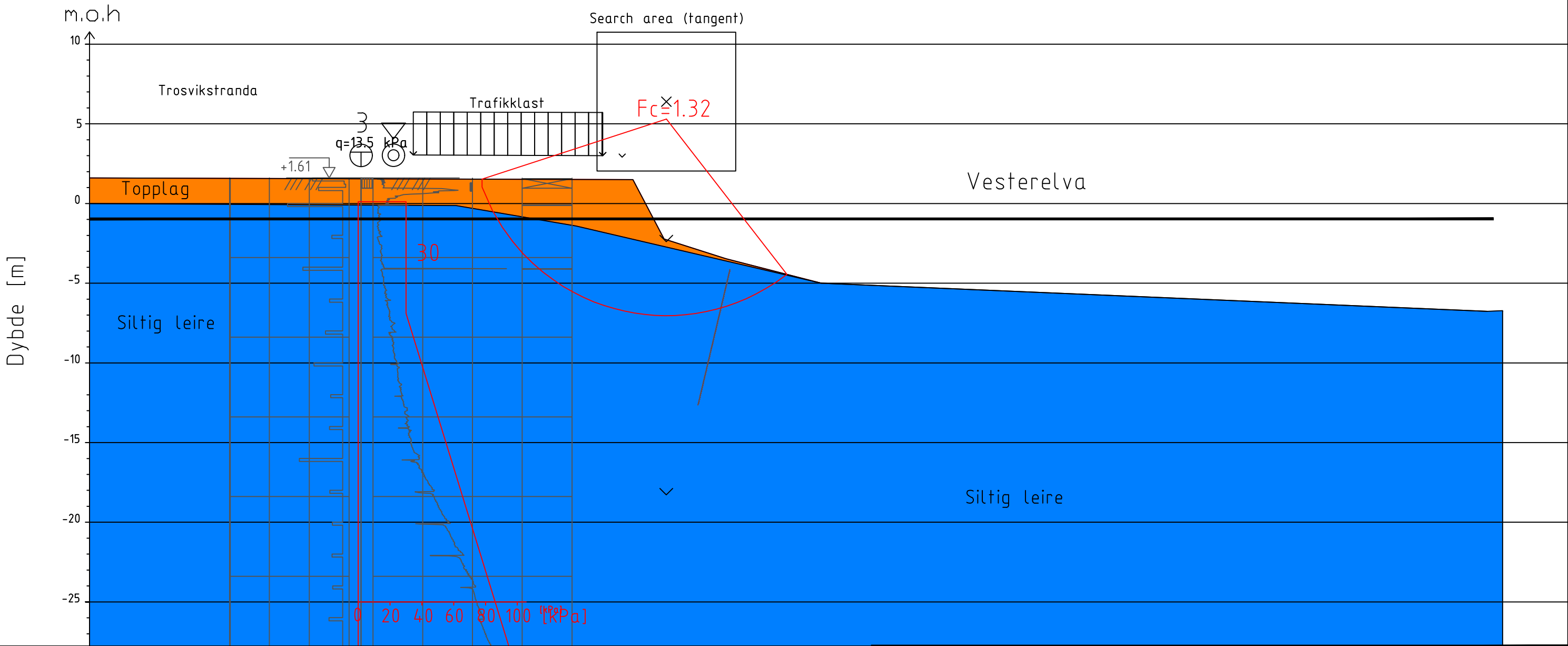
- Det er ikke utført grunnundersøkelser i Glomma og det kan derfor ikke utelukkes kvikkleira/sprøbruddsmateriale.
- Løsneområde er avgrenset basert på b/D-forhold med sprøbruddsmateriale innenfor kritisk glideflate, og dette gir en skredmekanisme med rotasjonsskred, definert som $5 \cdot \Delta H$ fra kritisk glideflate. Løsneområdet stoppes ved Værstebrua og mot Gressvikbrygga, der det er påvist at leira ikke er sprøbrudd eller kvikk. Se kapittel 6.1 i 10219796-RIG-NOT-001_02.
- Utløpsområdet er definert med orientering mot elvas topografiske lavpunkt.
- Kaifronten som må sikres er vist med sort stipplet linje.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
LØSNE- OG UTLØPSOMRÅDET		Original format A3	Fag GEO		
Trosvikstranda Utvikling AS Trosvikstranda, Fredrikstad		Tegningens filnavn		Målestokk	
Multiconsult		Dato 2025-05-06	Konstr./Tegnet DSS	Kontrollert ESF	Godkjent ESF
Storgata 33/35 – Pb. 1424 – 1602 Fredrikstad Tlf. 69 38 39 00 - Fax: 69 38 39 99		Oppdrag nr. 10219796	Tegning nr. RIG-TEG-003		Rev. 02





Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	30.0	0.1			
Leire	18.00	8.00		C-prof1.00	1.00	0.67	0.35



Merknader

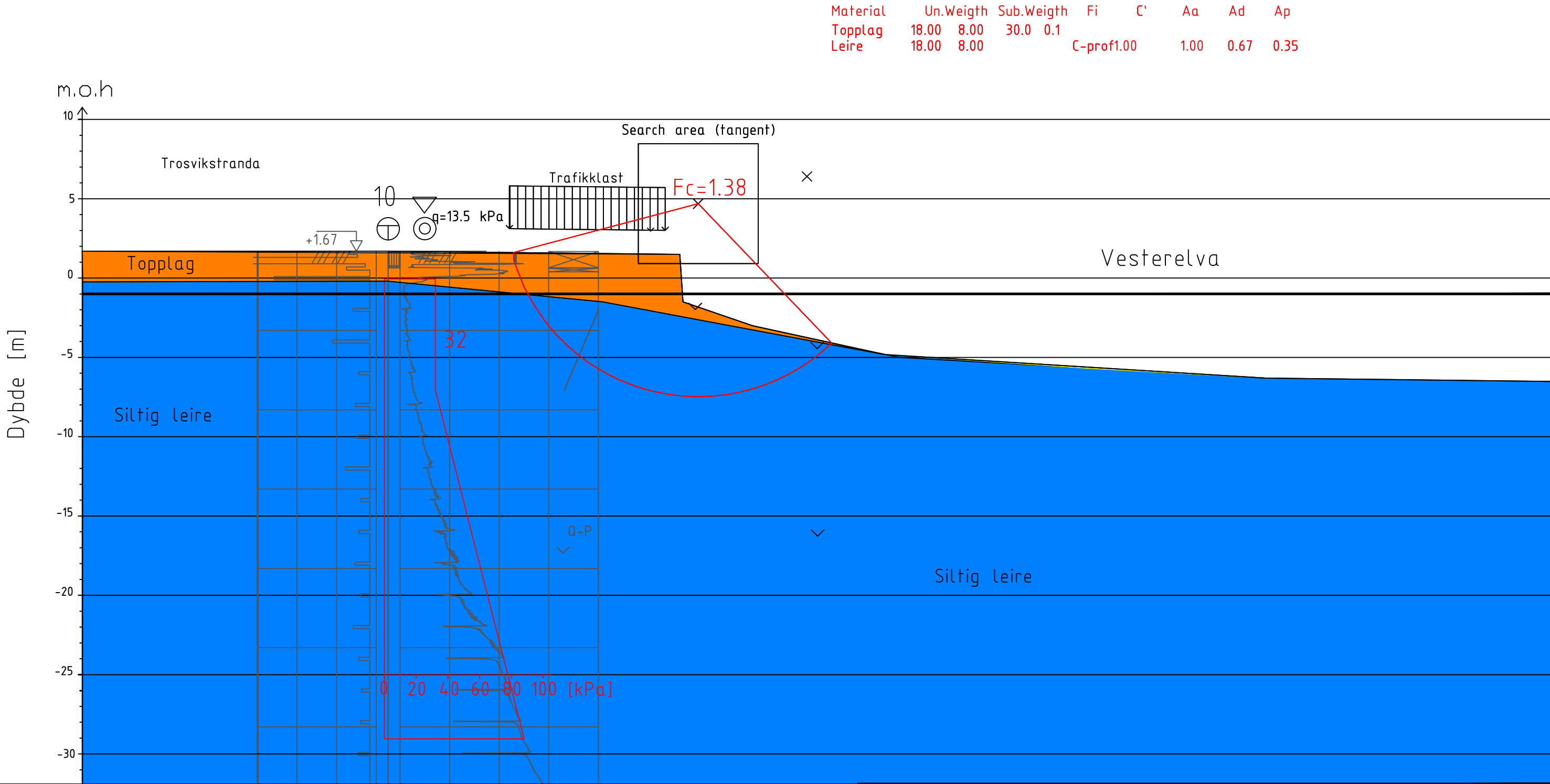
- Beregnet på su-basis.
- En trafikklast på 13.5 kPa ved kaifronten er lagt til grunn.
- Dybder i Vesterelva er hentet fra Norgeskart.no.
- Beregning rev01 bruker ikke reduksjonsfaktor i leira (Aa = 1.0 fremfor Aa = 0.85)

Profil A-A - Dagens situasjon

TROSVIKSTRANDA UTVIKLING AS
TROSVIKSTRANDA, FREDRIKSTAD

Original format A3	Fag RIG
Målestokk 1:250	
Dato 2025-04-04	Konstr./Tegnet DSS
Oppdragsnr. 10219796	Tegningsnr. RIG-TEG-500
Kontrollert ESF	Godkjent ESF
Rev.	01

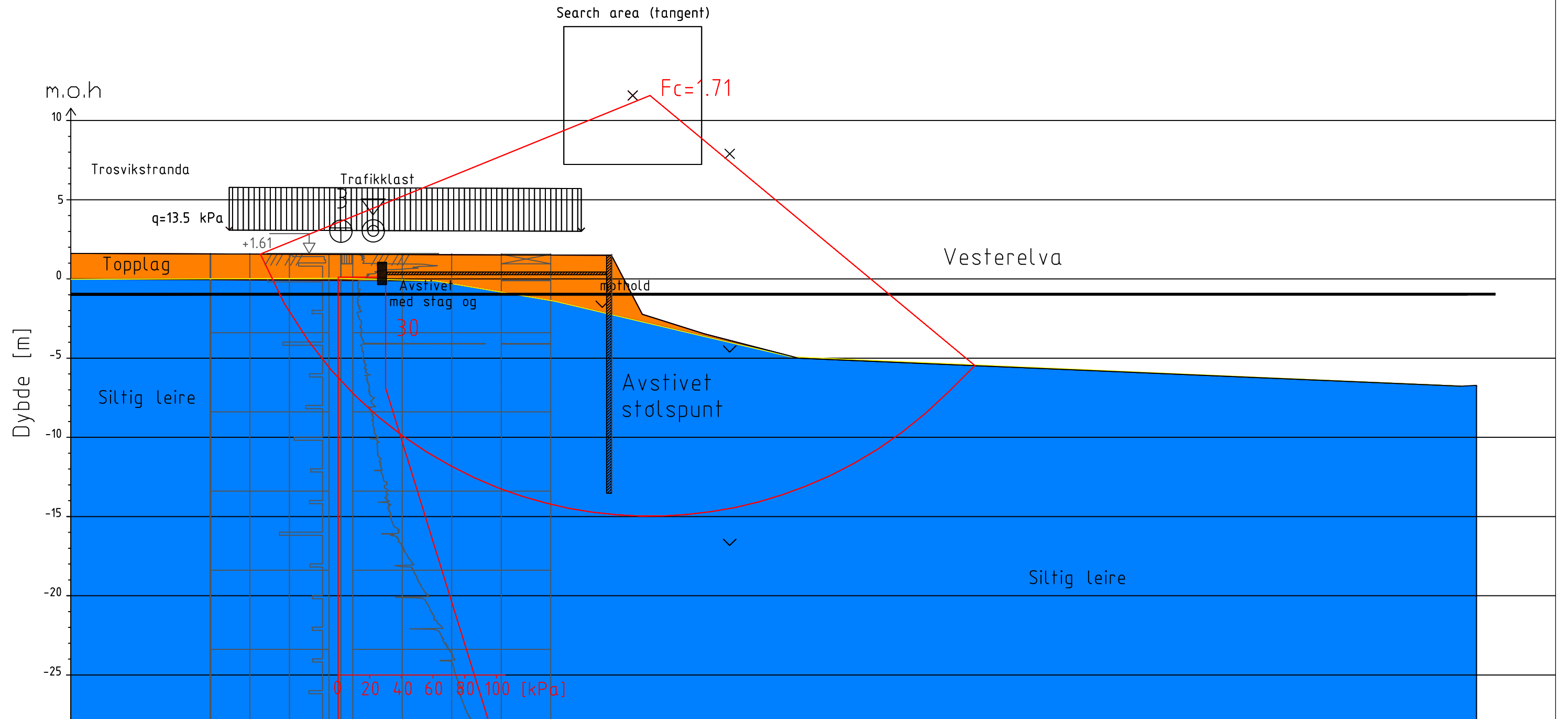
Multiconsult
www.multiconsult.no



- Merknader
- Beregnet på su-basis.
 - En trafikklast på 13 kPa ved kaifronten er lagt til grunn.
 - Dybder i Vesterelva er hentet fra Norgeskart.no.
 - Beregning rev01 bruker ikke reduksjonsfaktor i leira (Aa = 1.0 fremfor Aa = 0.85)

Profil B-B - Dagens situasjon		Original format A3	Fag RIG
TROSVIKSTRANDA UTVIKLING AS TROSVIKSTRANDA, FREDRIKSTAD		Målestokk 1:250	
Multiconsult www.multiconsult.no	Dato 2025-04-04	Konstr./Tegnet DSS	Kontrollert ESF
	Oppdragsnr. 10219796	Tegningsnr. RIG-TEG-501	Godkjent ESF
		Rev.	01

Material	Un.Weigth		Sub.Weigth		Fi	C'	Aa	Ad	Ap
Topplag	18.00	8.00	30.0	0.1					
Leir	18.00	8.00			C-prof		1.00	0.67	0.35



Merknader

- Beregnet på su-basis.
- Beregningene forutsetter en 15 meter lang avstivet stålsjunt.
- En trafikklast på 13 kPa ved kaifronten er lagt til grunn.
- Dybder i Vesterelva er hentet fra Norgeskart.no.
- Beregning rev01 bruker ikke reduksjonsfaktor i leira ($A_a = 1.0$ fremfor $A_a = 0.85$)

Profil A-A - Sikringstiltak, su-basis

TROSVIKSTRANDA UTVIKLING AS
TROSVIKSTRANDA, FREDRIKSTAD

Original format

A3

Fag	
-----	--

RIG

Målestokk	
-----------	--

1:250

Multiconsult
www.multiconsult.no

Dato	2025-04-04
------	------------

Oppdragsnr.
10219796

Konstr./Tegnet	DSS
----------------	-----

Tegningsnr.
RIG-TEG-502

	Kontrolliert ESF
--	---------------------

Rev.	01
------	----

Godkjent	DEJ
----------	-----

01

