

---

RAPPORT

# E39 Skipenes bru

---

OPPDRAAGSGIVER

Statens vegvesen Region Vest

EMNE

Geoteknisk utredning av områdestabilitet

DATO / REVISJON: 07. juni 2019 / 01

DOKUMENTKODE: 10208907-RIG-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.



## RAPPORT

OPPDRAG	<b>E39 Skipenes bru</b>	DOKUMENTKODE	10208907-RIG-RAP-001
EMNE	Geoteknisk utredning av områdestabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Statens vegvesen Region Vest</b>	OPPDRAGSLEDER	Jules-Alfred Ntirandekura / Michael Fuglestrand Myhrvold
KONTAKTPERSON	Jon Harald Huseklepp Rolf Aasland	UTARBEIDET AV	Madeleine Brandt / Michael F. Myhrvold
KOORDINATER	SONE: EUREF89-NTM6, NN2000 ØST: 73951 NORD: 1434955	ANSVARLIG ENHET	10233011 Geoteknikk Vest
GNR./BNR./SNR.	10 / 11 / - / EID		

## SAMMENDRAG

Statens vegvesen planlegger å erstatte eksisterende Skipenes bru med en ny bru som tilfredsstillers dagens krav. Multiconsult Norge AS er engasjert av Statens vegvesen for detaljprosjektering av permanent bru, veg, VA, landskap og geoteknikk. Multiconsult skal se på trafikkavvikling og framkomst for myke trafikanter i byggefasen samt eksisterende kryss. Det skal i den sammenheng prosjekteres en midlertidig bru for trafikkavvikling i anleggsfasen.

Multiconsult Norge AS er bl.a. engasjert som rådgivende ingeniør geoteknikk (RIG) for geoteknisk dimensjonering av nevnte elementer, og for utredelse av områdestabilitet for å komplementere planforslag for reguleringsplan.

Foreliggende rapport gir utredning av områdestabilitet etter NVE 7-2014.

Planområdet ligger ikke innenfor tidligere kartlagt kvikkleirefaresone. Nærmeste kvikkleirefaresone, 2100 Mel, ligger ca. 1,5 km lenger nord-vest i Nordfjordeid. Hele dalen fra Nordfjordeid i vest til Hornindalsvatnet i øst kartlegges for store naturlige områdeskred.

Det er identifisert og skissert tre faresoner i planområdet, med tilhørende løsn- og utløpsområder. Faresone «Skipenes» og faresone «Stovehaugen» vurderes å være i faregradklasse «middels», mens faresone «Øyane» vurderes å være i faregradklasse «lav».

Stabilitetsberegninger er utført i kritiske snitt for samtlige faresoner. Det er vurdert et profil på østsiden av brua og for et profil gjennom planlagt riggområde nord-vest for brua.

Analyser viser at stabilitet av skråningen ved planlagt riggområde er tilfredsstillende.

Analyser viser at stabilitet av skråningen ved Skipenes bru er tilfredsstillende med hensyn på NVEs krav til partialfaktor for områdestabilitet. Dette gjelder også lang skjærflate fra topp Stovehaugen ned til Skipenes bru. Analysene viser samtidig at kritisk skjærflate i drenert tilstand er under kravet gitt av de geotekniske prosjekteringsforutsetningene gitt av Statens vegvesen sine håndbøker. Tiltak for å etterkomme krav må ivaretas gjennom detaljprosjektering av tiltaket.

Analyser fra tiltaksområdet ved Skipenes bru, samt analyser av lange skjærflater fra Stovehaugen til Skipenes bru, viser at tiltaket ikke forverrer stabiliteten for den lokale kritiske skjærflaten ved Stovehaugen. Stovehaugen har i drenert tilstand en beregningsmessig tilfredsstillende sikkerhet.

Beregningsforutsetningene som ligger til grunn for denne rapporten må ivaretas i detaljprosjektering- og byggefasen for planlagt utbygging. Detaljprosjektering må sørge for at lokalstabiliteten, så vel som områdestabiliteten, er ivaretatt i alle faser av byggeprosjektet, både i midlertidig og permanent tilstand.

01	06.06.2019	Kohesjon i drenert analyse (aø-analyse) justert	Michael F. Myhrvold	Madeleine Brandt/ Anne Birgitte Roe	Michael F. Myhrvold
00	29.05.2019	Klar for utsendelse	Madeleine Brandt/ Michael F. Myhrvold	Anne Birgitte Roe	Michael F. Myhrvold
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>6</b>
1.1	Generelt .....	6
1.2	Kvalitetssikring og standardkrav .....	6
<b>2</b>	<b>Grunnlag.....</b>	<b>6</b>
2.1	Plangrunnlag .....	6
2.2	Befaring.....	7
2.3	Erosjon .....	8
2.4	Grunnundersøkelser .....	8
<b>3</b>	<b>Topografi og grunnforhold .....</b>	<b>9</b>
3.1	Generelt .....	9
3.2	Topografi.....	9
3.3	Kvartærgeologi .....	11
3.4	Marin grense.....	12
3.5	Grunnforhold .....	12
3.6	Poretrykk og grunnvannstand.....	13
<b>4</b>	<b>Utredning av områdestabilitet etter NVE 7-2014 .....</b>	<b>13</b>
4.1	Nøyaktighet for utredning .....	14
4.2	Marin grense.....	14
4.3	Avgrensning av område med marine avsetninger .....	14
4.4	Kartlagte soner for kvikkeleireskred .....	15
4.5	Avgrensning av aktsomhetsområder .....	15
4.6	Befaring og grunnundersøkelser – vurdering av grunnlag .....	15
4.7	Avgrensning av løsnemråder .....	16
4.8	Avgrensning av utløpsområder .....	16
4.9	Avgrensning og faregradsklassifisering av faresoner .....	16
4.9.1	Faresone «Skipenes» .....	16
4.9.2	Faresone «Stovehaugen».....	17
4.9.3	Faresone «Øyane» .....	18
4.10	Stabilitetsvurderinger .....	19
<b>5</b>	<b>Sikkerhetsprinsipper .....</b>	<b>19</b>
5.1	Tiltakskategori.....	19
5.2	Partial- og lastfaktor .....	21
<b>6</b>	<b>Grunnlag for stabilitetsanalyser .....</b>	<b>21</b>
6.1	Beregningsverktøy .....	21
6.2	Bruddmekanisme.....	21
6.3	Grunnvannstand og poretrykksforhold.....	21
6.4	Materialparametere .....	22
6.5	Kvalitet på felt- og laboratorieundersøkelser .....	23
6.6	Dimensjonerende laster.....	23
6.7	Kritiske snitt .....	23
6.7.1	Faresone Skipenes (profil A-A).....	23
6.7.2	Faresone Stovehaugen (profil A-A) .....	24
6.7.3	Faresone Øyane (profil B-B) .....	24
<b>7</b>	<b>Resultater fra stabilitetsanalyser .....</b>	<b>24</b>
7.1	Faresone Skipenes (profil A-A).....	25
7.2	Faresone Stovehaugen (profil A-A) .....	25
7.2.1	Lokal skjærflate .....	25
7.2.2	Lang skjærflate.....	26
7.3	Faresone Øyane (profil B-B).....	26
<b>8</b>	<b>Konklusjoner og anbefalt videre arbeid .....</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>28</b>

## VEDLEGG

Vedlegg A	Utredning av faresoner: Vurdering av løsne- og utløpsområder
Vedlegg B	Følsomhetsanalyse for stabilitetsberegninger

## TEGNINGER

10208907-RIG-TEG	-002, rev.00	Utbredelse av mulig sprøbruddmateriale
	-003, rev.00	Aktsomhetsområde for områdeskred
	-004, rev.00	Faresone Skipenes, løsne- og utløpsområde
	-005, rev.00	Faresone Stovehaugen, løsne- og utløpsområde
	-006, rev.00	Faresone Øyane, løsne- og utløpsområde
	-700, rev.00	Profil A-A Stovehaugen-Skipenes bru, tolket lagdeling
	-701, rev.00	Profil B-B Riggområde, tolket lagdeling
	-800, rev.00	Profil A-A Faresone Stovehaugen, lokal, ADP-analyse
	-801, rev.01	Profil A-A Faresone Stovehaugen, lokal, a/φ-analyse
	-802, rev.00	Profil A-A Faresone Stovehaugen-Skipenes bru, lang, ADP-analyse
	-803, rev.01	Profil A-A Faresone Stovehaugen-Skipenes bru, lang, a/φ-analyse
	-804, rev.00	Profil A-A Faresone Skipenes bru, lokal, ADP-analyse
	-805, rev.01	Profil A-A Faresone Skipenes bru, lokal, a/φ-analyse
	-806, rev.00	Profil B-B Faresone Øyane, Riggområde, ADP-analyse
-807, Rev.01	Profil B-B Faresone Øyane, Riggområde, a/φ-analyse	

## 1 Innledning

### 1.1 Generelt

Statens vegvesen Region vest planlegger å erstatte eksisterende Skipenes bru med en ny bru som tilfredsstillers dagens krav. Eksisterende bru holder ikke dagens standard for rekkverk og bredde, og har ikke gang- og sykkelfelt. Ny bru må ha minimum to kjørebane på 3 meter og være tilrettelagt for gående og syklende. Det er behov for midlertidig bru for trafikanter i byggefasen.

Ettersom det er blitt konstatert funn av kvikkleire i området ved tidligere grunnundersøkelser, må det utarbeides en kvikkleireutredning for prosjektet i henhold til NVEs veileder nr. 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [1].

Foreliggende rapport presenterer geoteknisk utredning av områdestabilitet.

I revisjon 01 er kohesjon justert i stabilitetsberegningene utført i GeoSuite. Verdi for kohesjon benyttet i rev.00 var høyere enn den skulle vært, og justering av kohesjonen medfører derfor en lavere partialfaktor for kritiske skjærflater i drenert tilstand.

### 1.2 Kvalitetssikring og standardkrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet omfatter prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015 [2].

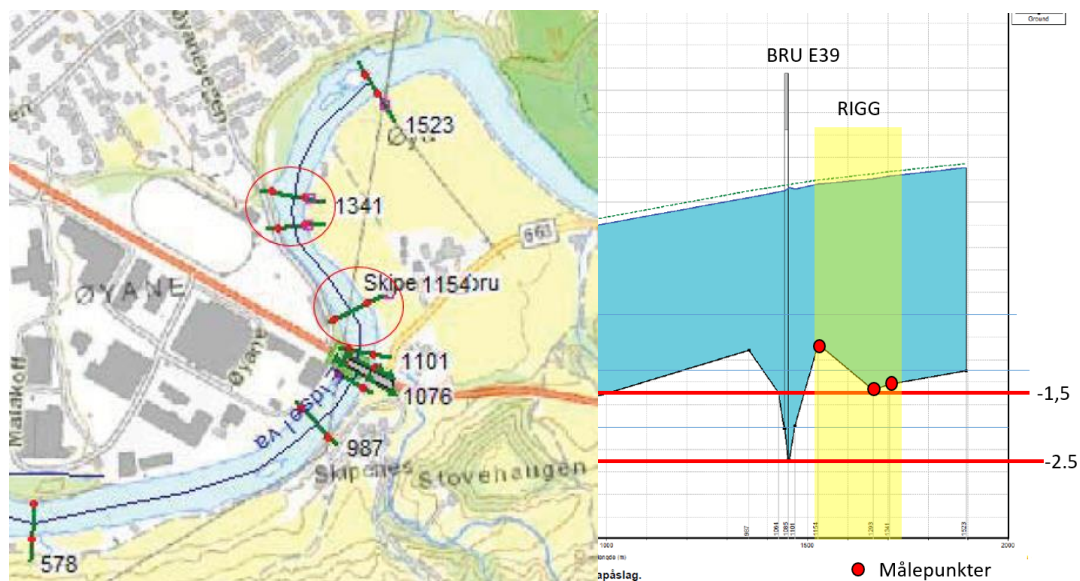
## 2 Grunnlag

### 2.1 Plangrunnlag

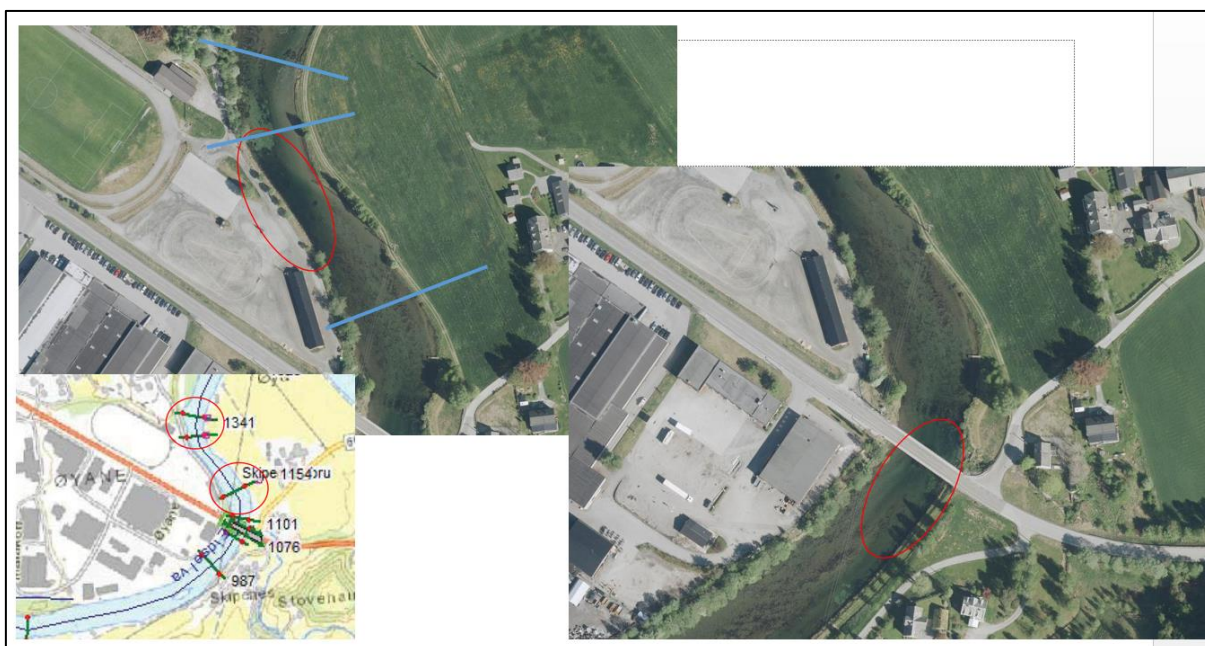
Grunnlag for digitalt kartgrunnlag er mottatt fra Statens vegvesen.

Som høydereferanse i beregninger og tegninger benyttes NN2000. De fleste grunnlagsdokumentene har en annen høydereferanse enn dette. I våre tegninger er høydene fra grunnlagsdokumentene omregnet til NN2000. Koordinatsystem er EUREF89-NTM6.

For vurdering av topografi av elvebunn er det benyttet tverrprofiler laget for vannlinjeberegning i NVE Oppdragsrapport B nr 3-2018 [3]. Terrengmodellen for elvebunnen er usikker, da det er stort sprik mellom målepunktene, se Figur 1. Vurdering av elvedybder er derfor også basert på flyfoto, se Figur 2.



Figur 1 Elveprofiler til vannlinjeberegning, ref. NVE Oppdragsrapport B nr 3-2018 [3]. Venstre: Plantegning med angivelse av tverrprofiler. Høyre: Lengdeprofil basert på dypeste måling i hvert tverrprofil.



Figur 2 Flyfoto ved lavvann antyder at det kan være enkelte dypere partier i Eidselva [4].

## 2.2 Befaring

Det er ble foretatt befaring av planområdet av Multiconsult ved Jo Gaute Fornes og Johannes Vedelden i september 2018 sammen med representanter fra Statens vegvesen. Planområdet er for øvrig undersøkt ved bruk av gatefoto og flyfoto, tilgjengelig via Google Maps [5] og Norge i bilder [6].

Det ble gjennomført befaring 13.09.2018 hvor bilder ble tatt i området på og ved Skipenes bru, men personell med geoteknisk bakgrunn deltok ikke på denne befaringen. Det foreligger ingen bilder fra tilgrensende område opp mot Stovehaugen. Multiconsult er ikke kjent med om det tidligere er utført befaring fra utarbeidelsen av Statens vegvesen sin datarapport 30452-GEOT-1 [6].

## 2.3 Erosjon

Tilgjengelige bilder indikerer at silt/leire kan synes stedvis i elvebunn. Utover dette fremgår det ingen tydelig erosjon langsmed Eidselva ved Skipenes bru. Eventuell erosjon i bekk ved Stovehaugen er ikke dokumentert ettersom det ikke foreligger befarings eller bilder fra dette området.

Tilgjengelige gatebilder fra Google Maps [5] antyder at det kan være erosjonssikring nedstrøms elven i form av plastring med større stein langs elvebredden, men dette er ikke bekreftet.

## 2.4 Grunnundersøkelser

Det er tidligere utført grunnundersøkelser innenfor planområdet, i forbindelse med etablering av eksisterende Skipenes bru i 1960 [7]. Det er utført nye geotekniske grunnundersøkelser av Statens vegvesen i 2018 [8], og supplerende grunnundersøkelser av Multiconsult i februar 2019 [9].

Grunnundersøkelsene utført av Statens vegvesen i 1960 omfatter 7 dreietrykksonderinger, 2 vingeboringer og 1 uforstyrret prøveserie. Grunnundersøkelsene utført av Statens vegvesen i 2018 omfatter 10 totalsonderinger, 1 CPTu og 1 uforstyrret prøveserie. Grunnundersøkelsene utført av Multiconsult i 2019 omfatter 10 totalsonderinger, 4 uforstyrret prøveserier, 3 CPTu og 2 poretrykksmålestasjoner.

For øvrig har Norconsult utført grunnundersøkelser nord for planområdet i tilknytning til utbygging ved Eid VGS i Nordfjordeid i 2018 [10]. Multiconsult har tidligere utført geotekniske grunnundersøkelser for G/S-veg langs E39/Rv15 Nordfjordeid-Mogrenda.

Geotekniske grunnundersøkelser i og nær planområdet fremgår i hovedsak av rapporter presentert i Tabell 1, med de mest relevante rapportene øverst.

Tabell 1: Grunnlagsdokumenter

Rapport nr.	Utførende	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn
10208907-RIG-RAP-002	Multiconsult	2019	Statens vegvesen Region vest	E39 Skipenes bru
30452-GEOT-1 [8]	Statens vegvesen Region vest	2018	Statens vegvesen Region vest	E39 Skipenes bru
Oppdrag 476-S-10 (8776346) [7]	Statens vegvesen, Vegdirektoratet	1960	Statens vegvesen, Vegdirektoratet	Rapport over grunnundersøkelse for Skipenes bru i Nordfjordeid, Sogn og Fjordane
5536-1 [11]	Noteby	1965	Eid kommune	Industriareal ved Eidselva. Orienterende grunnundersøkelser. Fundamenteringsforhold
5171849 RIG01 [10]	Norconsult	2018	Sogn og Fjordane Fylkeskommune	Eid VGS, Grunnundersøkelser
612694-RIG-RAP-004 [12]	Multiconsult	2017	Statens vegvesen Region vest	G/S-veg langs E39 og Rv15, Nordfjordeid. Rv15 Mogrenda.
612694-RIG-RAP-003 [13]	Multiconsult	2015	Statens vegvesen Region vest	G/S-veg langs E39 og Rv15, Nordfjordeid. Rv15 Mogrenda.

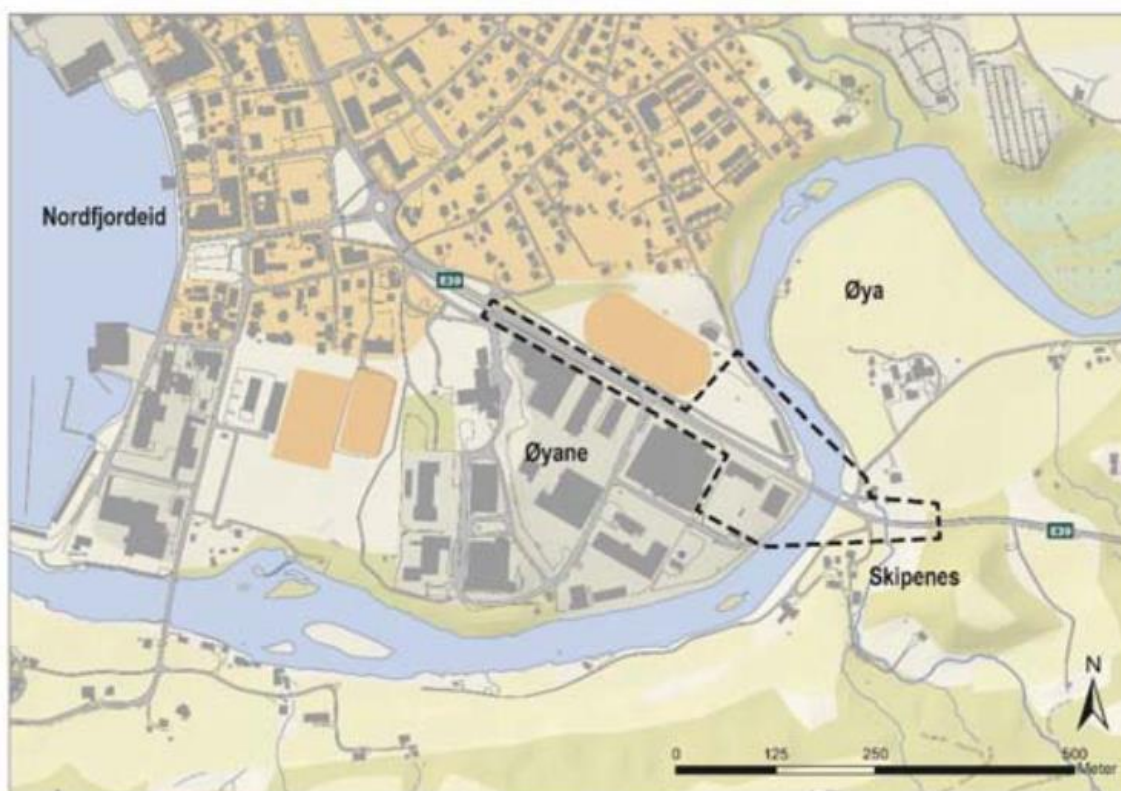


Rapport nr.	Utførende	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn
612694-RIG-RAP-002 [14]	Multiconsult	2015	Statens vegvesen Region vest	G/S-veg langs E39 og Rv15, Nordfjordeid. Rv15 Nor Bru – Ny bru for G/S-veg.
613964-r1 [15]	Multiconsult	2010	Statens vegvesen Region vest	G/S-veg langs E39 og Rv15, Nordfjordeid.

### 3 Topografi og grunnforhold

#### 3.1 Generelt

Planområdet er ved Skipenes bru langs E39 i Eid kommune, se Figur 3. I vest ligger Eid sentrum, hovedsakelig bestående av industribebyggelse i tillegg til et større idrettsanlegg. Øst for brua er det jordbruksområder med spredt bosetning. Brua blir i dag benyttet som del av turveg langs Eidselva, som har status som nasjonalt laksevassdrag.



Figur 3 Varslet planområde for regulering. Hentet fra reguleringsplan for E39 Skipenes bru (Plan-id 1443\_2018003).

#### 3.2 Topografi

Terrenget er tilnærmet flatt nær Skipenes bru hvor den generelle terrenghøyden ligger mellom ca. kote 3,0 og 5,0 på østsiden av brua, og mellom ca. kote 3,0 og 4,0 på vestsiden av brua. I umiddelbar nærhet til landkarene på hver side ligger terrennivået på ca. kote 4,2. Omtrent 100 meter i sør-øst for brua befinner det seg en løsmassekulle kalt Stovehaugen, hvor topp terrenget befinner seg på ca. kote 45,0.

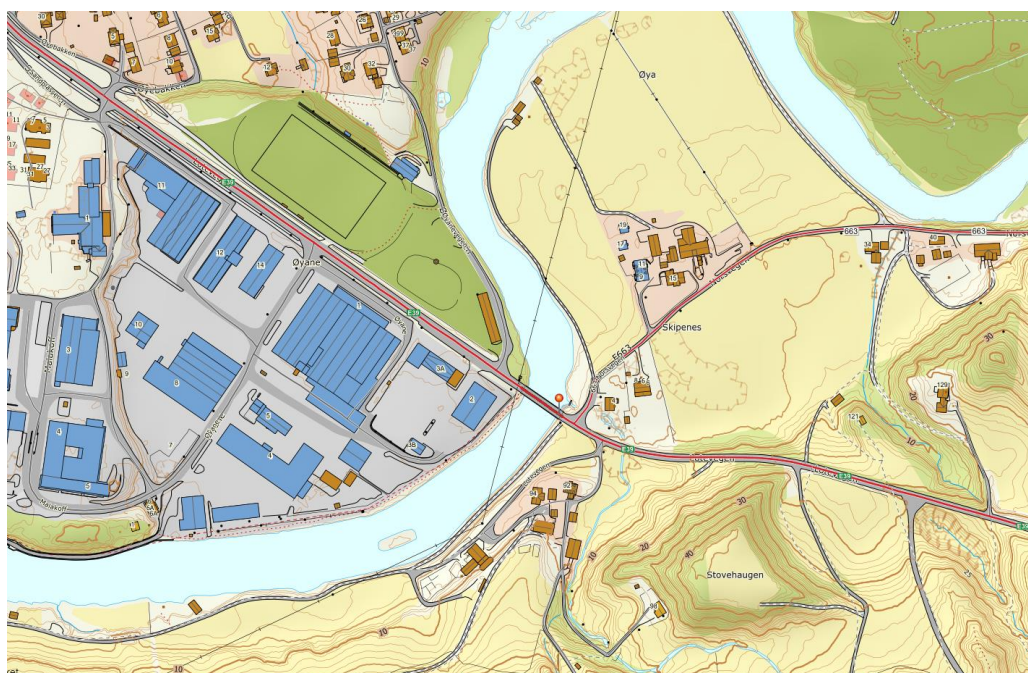
Vannlinjeberegning for elvenivå i Eidselva utført av NVE i 2017 [3], viser at høyeste beregnede elvenivå ved Skipenes bru forventes å ligge på ca. kote 2,21. Beregningene tar høyde for klimapåslag og beregningene gjelder 200-års flom.

Flyfoto av planområdet er vist i Figur 4, og kart med høydekurver er vist i Figur 5.

Historiske bilder fra 1966 viser ingen større terreng- eller konstruksjonsmessige endringer nær planområdet frem mot dagens tilstand, se Figur 6. Bildet viser tydeligere beliggenhet av tidligere tilkomstvei og bro inn til Eid sentrum, og de gamle brokarene kan synes i elven.

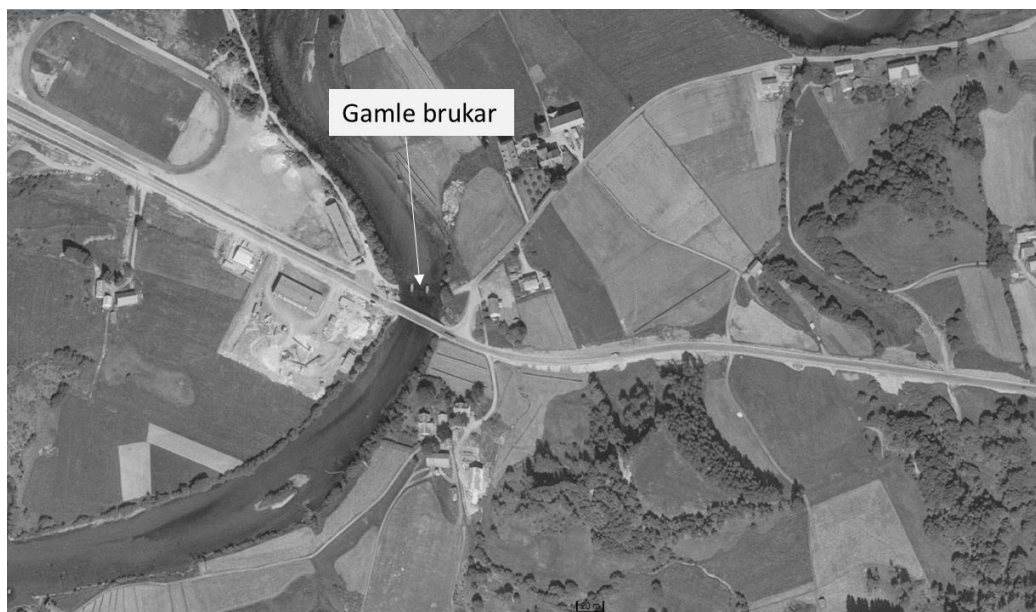


Figur 4 Flyfoto hentet fra <http://kart.finn.no>, datert 2017 [4]



Figur 5 Kart med høydekurver hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/> [16]





Figur 6 Historisk bilde fra 1966 hentet fra <http://kart.finn.no> [4]

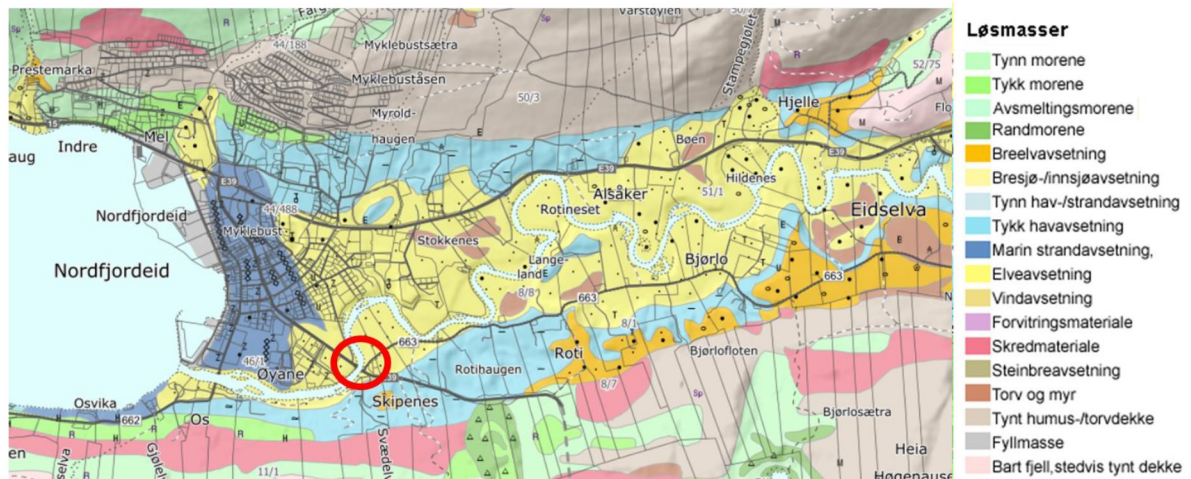
### 3.3 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart fra NGU [17] antyder at løsmassene i planområdet hovedsakelig består av elve- og bekkeavsetninger (fluvial avsetning), se Figur 7. Materialet er transportert og avsatt av elver og bekker. Sand og grus dominerer og materialet er ofte sortert og rundet. Under elveavsetninger kan det gjerne være hav- og fjordavsetninger. Litt sør for Eidselva og planområdet, beskrives massene som hav- og fjordavsetninger i sammenhengende dekke og ofte med stor mektighet. Denne typen avsetninger blir sett på som finkornige, marine avsetninger ofte med mektighet fra 0,5 til flere titalls meter. Avsetningstypen omfatter også skredmasser fra kvikkleireskred. Nordvest for planområdet mot strandsonen ved Bogen indikeres det masser av marin strandavsetning i sammenhengende dekke. Marine strandvaskede sedimenter er ofte dannet av bølge-/strømkraft i strandsonen og opptrer stedvis som strandvoller. Strandavsetninger ligger ofte som et forholdsvis tynt dekke over berggrunn eller andre sedimenter.

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemektighet.

For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises til [www.ngu.no](http://www.ngu.no) [17].

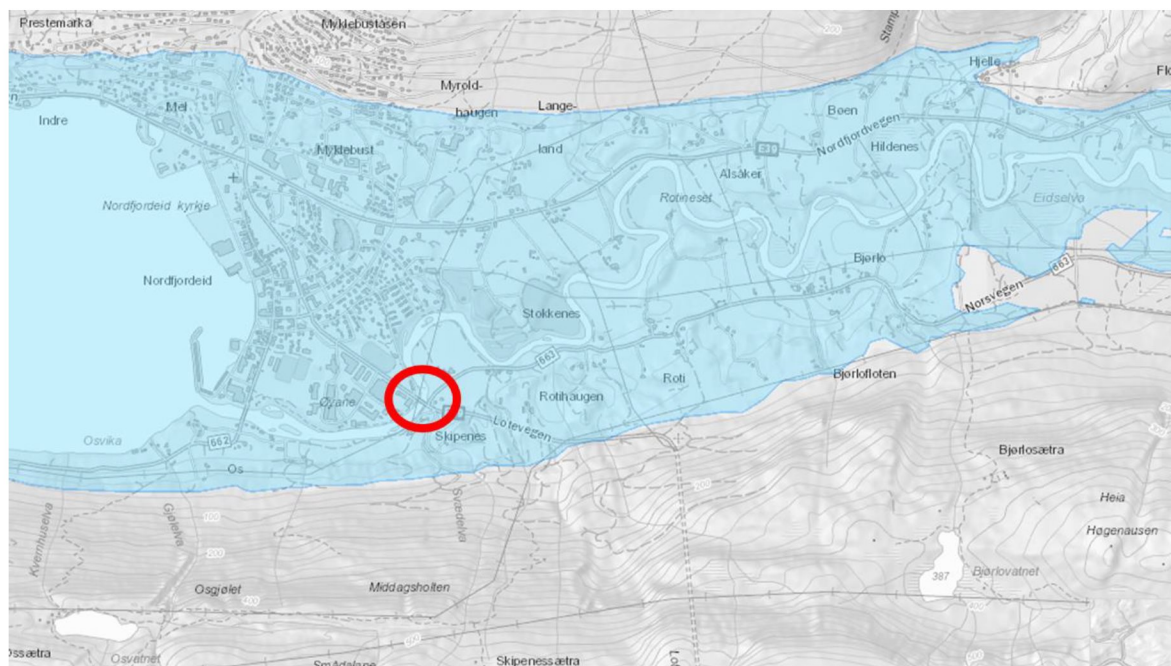
## Geoteknisk utredning av områdestabilitet



Figur 7: Utsnitt av kvartærgeologisk kart - løsmasser [17]. Rød sirkel angir beliggenhet av planområdet.

### 3.4 Marin grense

Kart fra NVE Atlas [18] viser at hele dalen som omfatter strekningen Nordfjardeid-Hornindalsvatnet ligger under marin grense, se Figur 8.



Figur 8: Utsnitt av kart for marin grense [18]. Rød sirkel angir beliggenhet av planområdet.

### 3.5 Grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser ([9], [8], [7]) viser at løsmassene på elvebreddene i hovedsak består av et topplag med velgradert sandig, grusig materiale (veifylling og fylling omkring brukar) med mektighet ca. 1,5-5,5 meter. Under følger et lag med kvikk, siltig leire hvor tykkelsen varierer mellom ca. 5-10 meter. Videre følger masser tolket som sand, grus og stein ned til antatt berg blir påtruffet. Mektigheten på dette sjiktet varierer mellom ca. 10-23 meter.

Undersøkelsene i Eidselva viser variasjon i topplag med antatt silt sand, og grus med mektighet ca. 2 meter nær vestlig bredde. Topplaget følges her av siltig leire med tykkelse ca. 4 meter. Ved østlig

bredde er det trolig siltig leire fra elvebunn og ned til ca. 2,5 meter dybde. Under den siltige leiren befinner det seg masser tolket som sand, grus og stein til antatt berg påtreffes, med mektighet varierende fra 14-17 meter.

Bergflaten antydes å være relativt jevn i undersøkt område vest for Skipenes bru, men kan vise en tendens til å helle nedover mot vestlig landkar. Øst for brua viser boringene en tendens til stigning på antatt berg fra østlig landkar mot Stovehaugen.

Ettersom enkelte boringer ble avsluttet før fjellkontrollboring var gjennomført, kan dybden til antatt berg være større enn antydnet.

For en mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene i tiltaksområdet henvises det til rapportoriginalene listet opp i Tabell 1.

### 3.6 Poretrykk og grunnvannstand

Fra tidligere finnes det ingen målinger av grunnvannsnivå eller poretrykksfordeling i planområdet. Det er nærliggende å tro at grunnvannsspeilet ligger omtrent på nivå med vannivået i elven, med noe stigning i retning vekk fra elven. Det er for øvrig foretatt vannlinjeberegninger for Eidselva utført av NVE 2017 [3].

Det er installert fire elektriske poretrykksmålere med minne og automatisk logging. To piezometere er plassert like nordøst for Skipenes bru (BP25) og to er plassert i foten av Stovehaugen (BP28), se geoteknisk datarapport 10208907-RIGG-RAP-001 [9] for plassering og detaljer. Tolkning av resultatene er beskrevet i notat 10208907-RIG-NOT-002 [19].

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting. Poretrykksmålingene bør videreføres og logges jevnlig for å dokumentere poretrykkvariasjoner over tid.

## 4 Utredning av områdestabilitet etter NVE 7-2014

Kapittel 4.5 i NVEs veileder 7-2014 [1] beskriver prosedyre for identifisering og avgrensning av kvikkleireområder med potensiell skredfare og aktsomhetsområder (punkt 1-5), avgrensning og faregradsevaluering av faresoner (punkt 6-9) og tilslutt stabilitetsanalyser (punkt 10).

Antall punkter i prosedyren som må behandles er avhengig av planfase og krav for nøyaktighet av utredningene. Dersom det under gjennomgang av prosedyren kan konkluderes med at det ikke er fare for områdeskred, og ikke nødvendig å gå videre i prosedyren, avsluttes utredningen.

Tabell 2 oppsummerer gjennomgangen av prosedyren for vurdering av områdestabilitet for E39 Skipenes bru. Vurdering av punktene er detaljert behandlet i påfølgende underkapitler.

Tabell 2: Sammenstilling/sjekkliste av prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner.

Punkt	Krav	Vurdering
1	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være	Utredningen tilpasses reguleringsplan, se kapittel 4.1.
2	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense	Hele planområdet ligger under marin grense, se kapittel 4.2.

3	Avgrens områder med marine avsetninger	Områder med marine avsetninger er avgrenset basert på utførte grunnundersøkelser og løsmassekart fra NGU, se kapittel 4.3 og vedlagte tegning 10208907-RIG-TEG-002.
4	Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området	Det finnes en tidligere kartlagt faresone for kvikkleireskred nord-vest for planområdet, se kapittel 4.4.
5	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier fare for områdeskred	Aktsomhetsområde er avgrenset basert på kjennskap til grunnforhold og terrengkriterier. Det er vurdert løsne – og utløpsområder, og aktsomhetsområdet omslutter disse. Se kapittel 4.5.
6	Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser. Vurdering av grunnlag.	Det er gjennomført supplerende grunnundersøkelser, og grunnlaget vurderes som tilstrekkelig for å utføre en fullstendig områdestabilitetsutredning. Se kapittel 4.6.
7	Avgrens løsneområder mer nøyaktig	Løsneområder er avgrenset basert på kjennskap til grunnforholdene, samt topografiske og geometriske kriterier gitt av NVE 7-2014, se kapittel 4.7.
8	Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser	Utløpsområder for skredmasser er avgrenset basert på kriterier foreslått i NIFS rapport 14-2016, samt topografiske og geometriske vurderinger. Se kapittel 0.
9	Avgrens og faregradsklassifiser faresoner	Faresoner er avgrenset og klassifisert, se kapittel 4.9.
10	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet.	Det er krav til utredning av områdestabilitet med gjennomføring av stabilitetsanalyser, da tiltaket er innenfor avgrensede faresoner. Se kapittel 4.10.

#### 4.1 Nøyaktighet for utredning

Omfanget av utredningen tilpasses reguleringsplan. Utredningen skal bekrefte eller avkrefte reell fare for områdeskred. Dersom planlagt byggeområde ligger innenfor aktsomhetsområder og omfatter byggverk i tiltakskategorier der en må utrede områdestabilitet, må faresoner identifiseres, avgrenses og faregradsklassifiseres i henhold til prosedyren i NVE 7-2014 [1]. I tillegg må det påses at området har tilfredsstillende sikkerhet mot skred i alle faser av utbyggingen. Det kan være aktuelt å utarbeide en plan for anleggsgjennomføringen med konkrete tiltak som ivaretar tilfredsstillende områdestabilitet.

#### 4.2 Marin grense

Hele området ligger under marin grense, se Figur 8.

#### 4.3 Avgrensning av område med marine avsetninger

Det er utført geotekniske grunnundersøkelser som påviser kvikkleire innenfor planområdet, både ved elvebredden og lenger øst ved løsmassekollen Stovehaugen ([8], [9]). Kvartærgeologisk kart (Figur 7) antyder elveavsetning langs hele Eidselva. Grunnundersøkelser har avdekket at det finnes marine avsetninger med sprøbruddegenskaper under elveavsetningene [8].

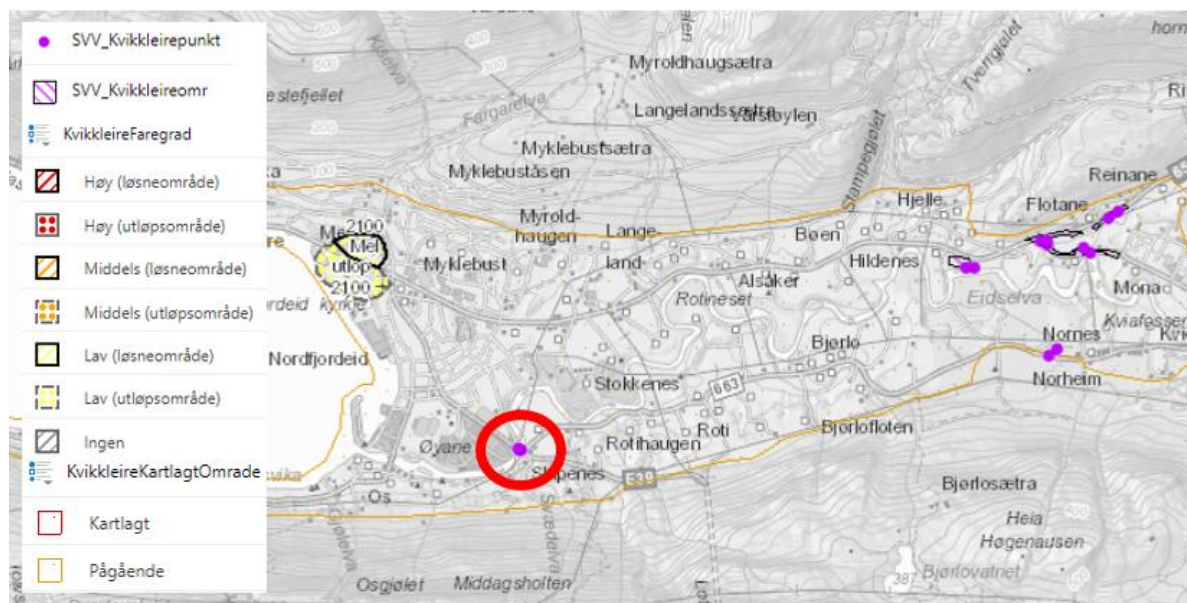
Se kapittel 3.3 og 3.5 for mer detaljert omtale av kvartærgeologi og grunnforhold i planområdet.



Sannsynlig utbredelse av sprøbruddmateriale er skissert gjennom klassifisering av borpunkt og vurdering av løsmassekart, og er vist som skravur i tegning 10208907-RIG-TEG-002.

#### 4.4 Kartlagte soner for kvikkleireskred

I følge NVE Atlas [18] ligger ikke planområdet innenfor tidligere kartlagt kvikkleirefaresone (se Figur 9). Nærmeste kvikkleirefaresone er sone 2100 Mel som ligger ca. 1,5 km lenger nord-vest i Nordfjordeid. Karttjenesten gir informasjon om at det er pågående kartlegging for store naturlige områdeskred i hele dalen fra Nordfjordeid i vest til Hornindalsvatnet i øst, se oransje omriss i Figur 9. Det foreligger ikke informasjon om hvem som utfører kartleggingen. Lilla punkter og skravur viser henholdsvis borpunkter og områder hvor SVV har registrert kvikkleire.



Figur 9: Utsnitt av kart hentet fra NVE Atlas [18]. Rød sirkel angir beliggenhet av planområdet.

#### 4.5 Avgrensning av aktsomhetsområder

NVE 7-2014 [1] beskriver hvordan terrengsanalyse utføres for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir muligheter for områdeskred. For jevnt hellende terreng er kriteriet satt til terreng med helning brattere enn 1:20 og en høydeforskjell større enn 5 meter.

Det ble innledningsvis utført en GIS-analyse av terrenget hvor områder med helning brattere enn 1:20 ble avdekket. Maksimal bakovergripende skredutbredelse for avgrensning av området ble satt til 20 x skråningshøyden, målt fra foten av skråning ved elvebunn. Det skisserte aktsomhetsområdet ble videre brukt til å planlegge supplerende grunnundersøkelser for områdestabilitetsutredning.

Senere er aktsomhetsområdet blitt justert til å omslutte de vurderte faresonene, med tilhørende løsne- og utløpsområde, se skravur i tegning 10208907-RIG-TEG-003.

Kapittel 4.7 og 0 gir informasjon om hvordan løsne- og utløpsområdene er definert.

#### 4.6 Befaring og grunnundersøkelser – vurdering av grunnlag

Se kapittel 2.2 vedrørende befaring.

Ved oppstart av geoteknisk prosjektering i januar 2019 forelå det ikke tilstrekkelig med grunnlag for å kunne utføre en fullstendig områdestabilitetsutredning. Det ble derfor utført supplerende grunnundersøkelser av Multiconsult Norge AS i februar 2019 [9].

Grunnlaget som nå foreligger vurderes som dekkende for å utføre en fullstendig områdestabilitetsvurdering etter NVE 7-2014 [1].

#### 4.7 Avgrensning av løснеområder

Løснеområdene er avgrenset basert på vurdering av topografi, NGUs løsmassekart og tilgjengelige grunnundersøkelser, samt kriterier i NVE veileder 7-2014 [1] og anbefalinger i NIFS rapport 14-2016 [20].

Se Vedlegg A for flere detaljer for vurdering av løсне- og utløpsområder. Løсне- og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger 10208907-RIG-TEG-003 tom -006.

#### 4.8 Avgrensning av utløpsområder

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsdistansen av et områdeskred. Det avhenger svært mye av lokale forhold og leirens egenskaper. Det er derfor foretatt en grov vurdering av utløpsområdets utbredelse basert på en forenklet betraktning foreslått i NIFS rapport 14/2016 [20]. Det er ikke foretatt volumberegninger.

Se Vedlegg A for flere detaljer for vurdering av løсне- og utløpsområder. Løсне- og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger 10208907-RIG-TEG-003 tom -006.

#### 4.9 Avgrensning og faregradsklassifisering av faresoner

Løсне- og utløpsområder skal plasseres i faregradsklasser i henhold til tabell for evaluering av faregrad ifølge NVE 7-2014 [1]. I det følgende er det gitt en presentasjon av hver faresone, og tilhørende faregradsklassifisering.

##### 4.9.1 Faresone «Skipenes»

Faresonen ligger på østsiden av Eidselva, og omfatter jordbruksområder, østre del av Skipenes bru og enkelte boenheter. Det er registrert dybder til berg mellom 25-34 meter. Prøveserier i forkant og bakkant av faresonen bekrefter forekomst av sprøbruddmateriale.

Løснеområdet er avgrenset etter kriteriet om minimum 1:15 helning i lag med sprøbruddmateriale. Utløpsområdet strekker seg ut i elven og antas å følge denne nedstrøms. Se Vedlegg A for flere detaljer for vurdering av løсне- og utløpsområder. Løсне- og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger 10208907-RIG-TEG-003 tom -006.

Tabell 3 viser utført evaluering av faregrad for faresonen.

Tabell 3 Evaluering av faregrad for faresone "Skipenes".

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert noe tidligere skredaktivitet i området som er knyttet til forekomst av sprøbruddmateriale.
Skråningshøyde	2	0	0	Skråningshøyde < 10 meter.
OCR	2	0	0	Tolkning av CPTu og ødometer fra prøveserie nær brua antyder en høy OCR (>2).
Poretrykk	+3/-3	1	3	Det er målt opptil et svakt poreovertrykk med dybden ved elvebredden, og et poreovertrykk med dybden opp mot 10 kPa i bakkant av sonen.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Mektigheten av laget med sprøbruddmateriale er > H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitivitet > 100 er målt gjennom konusforsøk.
Erosjon	3	2	6	Det kan ikke utelukkes at Eidselva kan medføre noe erosjon av elvebredden.
Inngrep	+3/-3	0	0	Etablering av dagens bru påvirket sannsynligvis stabiliteten til det verre, men poreovertrykk som oppstod ved bygging forventes å være utjevnet, og leiren under tilløpsfyllingene forventes å være ferdig konsolidert. På bilder ved lavvann kan det se ut til å være en form for erosjonssikring av elvebredden. Dette er ikke bekreftet.
Sum poengverdi			18	<b>Faregradklasse «Middels»</b>

Faregradevalueringen gir en poengverdi på 18 og medfører at sonen plasseres i faregradklasse «middels» som omfatter soner med poengverdi fra 18-25.

#### 4.9.2 Faresone «Stovehaugen»

Faresonen ligger sørøst i planområdet, og omfatter løsmassekollen «Stovehaugen», jordbruksområder og enkelte eneboliger.

Det er stor usikkerhet knyttet til lagdeling i løsmassekollen, da det er store dyp og høy akkumulert friksjon under totalsondering som vanskeliggjør tolkning og prøvetaking. Forekomst av sprøbruddmateriale er ikke bekreftet, men kan heller ikke utelukkes basert på totalsonderingsresultater og observasjon av materiale transportert opp med borstenger [9].

Løsneområdet strekker seg bakover i kollen, og antas begrenset av lokale «rygger» på kollen. Utløpsområdet strekker seg over jordbruksområder og et boligområde med et knippe boenheter og garasjer. Utløpsområdet strekker seg videre mot elven, og antas å følge denne nedstrøms. Se Vedlegg A for flere detaljer for vurdering av løsne- og utløpsområder. Løsne- og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger 10208907-RIG-TEG-003 tom -006.

Det er registrert dybder til berg mellom 20-53 meter. Nærmeste prøveserie ligger i bunn av løsneområdet og viser et tynt lag av kvikkleire.

Tabell 4 viser utført evaluering av faregrad for faresonen.

Tabell 4 Evaluering av faregrad for faresone «Stovehaugen».

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert noe tidligere skredaktivitet i området som er knyttet til forekomst av sprøbruddmateriale.
Skråningshøyde	2	3	6	Skråningshøyde > 40 meter
OCR	2	0	0	Tolkning av CPTu og ødometer fra prøveserie nedenfor løsmassekollen antyder en høy OCR (>2).
Poretrykk	+3/-3	1	3	Det er målt opptil 10 kPa poreovertrykk med dybden nedenfor løsmassekollen. Det forventes at poreovertrykket avtar oppover i skråningen.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Det er usikkerhet knyttet til tykkelse av lag med antatt sprøbruddmateriale. Det antas derfor konservativt å ligge på rundt H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitivitet > 100 er målt gjennom konusforsøk på prøveserie i bunn av løsmassekollen. Det finnes ikke måling av sensitivitet for massene i selve løsmassekollen.
Erosjon	3	0	0	Bekk i bunn av skråning antas å medføre minimal til ingen erosjon.
Inngrep	+3/-3	0	0	Det forventes at eventuell påvirkning på stabilitet ved etablering av veg nord for løsmassekollen er utlignet.
Sum poengverdi			18	<b>Faregradklasse «Middels»</b>

Faregradevalueringen gir en poengverdi på 18 og medfører at sonen plasseres i faregradklasse «middels» som omfatter soner med poengverdi fra 18-25 og oppover.

#### 4.9.3 Faresone «Øyane»

Faresonen ligger på vestsiden av Eidselva, nordvest for Skipenes bru. Faresonen omfatter deler av det planlagte riggområdet på Øyane. Området er et relativt flatt og stort åpent område, og brukes i dag til idretts- og kulturarrangementer. En gangvei følger elvebredden.

Det er usikkerhet knyttet til dybden til elvebunnen like utenfor det planlagt riggområdet på Øyane. Flyfoto antyder at det kan være en lokal fordypning her. Elvebunnen er loddet i tverrprofiler like oppstrøms og nedstrøms riggområdet i forbindelse med vannlinjeberegningsrapport fra NVE [3], men det mangler informasjon i et intervall like utenfor riggområdet. Med en antakelse om at elvebunnen ligger på kote minus 2,4 blir skråningshøyden på ca. 5 meter.

Grunnundersøkelser gir ikke grunnlag for å kunne utelukke forekomst av sprøbruddmateriale.

Løsneområdet begrenses sør-østover av kriterium om minimum helning 1:15 gjennom lag med antatt sprøbruddmateriale. Utløpsområdet strekker seg ut i elven og forventes å følge elvetraseen. Se Vedlegg A for flere detaljer for vurdering av løsne- og utløpsområder. Løsne- og utløpsområder er vist på vedlagte tegninger 10208907-RIG-TEG-003 tom -006.

Det er registrert dybder til berg mellom 28-29 meter. Det er tatt opp en prøveserie innenfor faresonen, men det ble ikke utført konusforsøk for å undersøke forekomst av sprøbruddmateriale. Det kan forventes lignende grunnforhold her som nærmere brua, hvor det er bekreftet forekomst av kvikkleire.



Tabell 5 viser utført evaluering av faregrad for faresonen.

Tabell 5 Evaluering av faregrad for faresone «Øyane»

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert noe tidligere skredaktivitet i området som er knyttet til forekomst av sprøbruddmateriale.
Skråningshøyde	2	0	0	Skråningshøyde ca. 5 meter. Usikkerhet knyttet til total skråningshøyde grunnet manglende informasjon om topografi av elvebunn i dette området.
OCR	2	0	0	Tolkning av CPTu og ødometer fra prøveserie nær brua antyder en høy OCR (>2).
Poretrykk	+3/-3	0	0	Det forventes ikke poreovertrykk i massene på det planlagte riggområdet på Øyane siden området er relativt flatt, og eventuell «mating» av grunnvann fra omkringliggende fjell og koller forventes utjevnet innen det når Øyane.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Laget med antatt sprøbruddmateriale ligger opptil H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitivitet er målt gjennom konusforsøk på prøveserie nær brua til > 100. Det finnes ingen stedsspesifikk måling av sensitivitet, men det forventes at massene er de samme her som ved brua.
Erosjon	3	2	6	Det kan ikke utelukkes at Eidselva kan medføre noe erosjon av elvebredden.
Inngrep	+3/-3	1	3	Det er ikke registrert at det er utført terrenginngrep i området som har ført til forbedring eller forverring av stabiliteten. Påvirkning på stabilitet fra etablering av gangvei langs elvebredden antas å være utlignet. Det tas allikevel høyde for at det kan være en liten forverring fra naturlig tilstand.
Sum poengverdi			16	<b>Faregradklasse «Lav»</b>

Faregradevalueringen gir en poengverdi på 16 og medfører at sonen plasseres i faregradklasse «lav» som omfatter soner med poengverdi fra 0 til 17.

#### 4.10 Stabilitetsvurderinger

Det er behov for stabilitetsvurderinger for tiltaket. Grunnlag for stabilitetsvurderinger er oppsummert i kapittel 0, og resultater fra stabilitetsvurderingene er oppsummert i kapittel 7. Vurdering av sikringsbehov og konklusjon er gitt i kapittel 8.

## 5 Sikkerhetsprinsipper

### 5.1 Tiltakskategori

Tiltakskategori er knyttet til omfang av områdestabilitetsutredning, krav til kvalitetssikring og sikkerhetsnivå, og er gitt av tabell 5.2 i NVE 7-2014 [1]. SVV HB V220 kapittel 0.5 [21] gir forslag til valg av tiltakskategori for vegprosjekter.

Vegdirektoratet sier i en uttalelse per e-post [22] at det er rom for å bruke faglig skjønn ved vurdering av tiltakskategori, og at tiltakskategori K2 kan velges dersom «... *den geotekniske totalvurderingen tilsier at det er fornuftig*». Tiltaket kan argumenteres for å hovedsakelig være et trafikkisikringstiltak, da behovet for tiltaket har oppstått som følge av at dagens bru ikke tilfredsstillende dagens krav til standard for rekkverk og bredde, og ikke har gang- og sykkelfelt. Etablering av ny bru medfører ikke tilflytting av personer, og vil i permanent fase gi økt trafikkisikkerhet.

Skipenes bru ligger i et potensielt løснеområde for områdeskred, definert som faresone «Skipenes». Brua ligger også i et potensielt utløpsområde for et stort skred i skråningen til løsmassekollen Stovehaugen, som ligger øst for tiltaket, definert som faresone «Stovehaugen». Det planlagte riggområdet ligger i et potensielt løsnakeområde for områdeskred, definert som faresone «Øyane».

Basert på våre vurderinger er mest sannsynlige skredmekanisme for løsnakeområdet ved Skipenes bru og riggområdet et retrogressivt skred som initieres ved en lokal utglidning ut i elva, for deretter å utbredes bakover. I anleggsfasen vil det kunne oppstå økt poretrykk i en viss radius av tiltaket, som følge av installasjon av peler, og som følge av utfylling og fundamentering for midlertidig bru. Etableringen av nye Skipenes bru vil således kunne forverre områdestabiliteten for faresone «Skipenes». Lagring av masser og anleggstrafikk på riggområdet kan forverre områdestabiliteten for faresone «Øyane». Lokal utglidning kan også initieres av erosjon fra Eidselva.

Lokalstabiliteten ved permanent bru, midlertidig bru og riggområdet, skal ivaretas gjennom Statens vegvesens strengere krav til partialfaktor. Det er derfor etter vår vurdering ikke *reell* fare for et områdeskred som initieres ved lokalt brudd ved elva, så fremt kravene til lokalstabilitet tilfredsstilles i både midlertidig og permanent tilstand.

Kritisk bruddflate for Stovehaugen er lokal, og tiltaket vil ikke kunne initiere et skred i løsmassekollen hvor brua er i utløpsområdet. Tiltaket vil heller ikke kunne forverre stabiliteten for denne kritiske bruddflaten. En lengre bruddflate som går fra elva og bakover til løsmassekollen er ikke kritisk, og vil omfattes av samme argumentasjon som i avsnittet over.

Siden tiltaket kan bidra til å forverre områdestabiliteten for faresone «Skipenes» og «Øyane», må det minimum plasseres i tiltakskategori K2. Figur 10 oppsummerer krav til dokumentasjon av sikkerhet og kvalitetssikring knyttet til tiltakskategorien.

Tabell 5.2 Tiltakskategorier der det er nødvendig å identifisere, avgrense og faregradsevaluere hele faresonen.

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulike faregrader		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p><b>K2:</b> Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet <math>F \geq 1,4</math> eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis <math>F &gt; 1,2</math>, eller</p> <p>c) Forbedring hvis <math>F \leq 1,2</math>, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	

\*\* Det er ikke nødvendig med fullstendig utredning av sonen. Selve tiltaket kan utføres med et tilhørende stabiliserende tiltak for å oppnå "ikke forverring" av områdestabiliteten.

Figur 10 Tabell 5.2 fra NVE 7-2014 [1] oppsummerer sikkerhetskrav og føringer for kvalitetssikring for tiltakskategori K2.

For faregradsklasse «Lav» og «Middels» i tiltakskategori «K2» er det krav om å dokumentere partialfaktor  $F \geq 1,4$  gjennom stabilitetsanalyser, eller dokumentere at tiltaket ikke medfører forverring av stabiliteten i faresonen.

## 5.2 Partial- og lastfaktor

Ettersom tiltaket prosjekteres basert på Statens vegvesen sine håndbøker, er det blitt utarbeidet et eget notat som presenterer de geotekniske prosjekteringsforutsetningene for tiltaket. Geotekniske prosjekteringsforutsetninger er angitt i premissdokument 10208907-RIG-NOT-001 [23], og gjeldende partialfaktorer er oppsummert i Tabell 6.

Tabell 6: Oppsummering av geotekniske prosjekteringsforutsetninger [23].

	E39 Skipenes bru			
	Ny Skipenes bru og midlertidig bru		Riggområde	
Konsekvens- og pålitelighetsklasse	CC/RC 3		CC/RC 2	
Brudmekanisme	<i>Seigt, dilatant brudd</i>	<i>Sprøtt, kontraktant brudd</i>	<i>Seigt, dilatant brudd</i>	<i>Sprøtt, kontraktant brudd</i>
Krav til sikkerhetsnivå ( $\gamma_M$ )	1,5	1,6	1,4	1,5
Geoteknisk kategori	3		2	
Kontrollklasse og utførelseskontroll	PKK3 / UKK3		PKK 2 / UKK2	

Eurokode 0 [24] Tabell NA.A1.2(C) definerer lastfaktor  $\gamma_{Q,1} = 1,30$  for variabel last, dersom ugunstig.

## 6 Grunnlag for stabilitetsanalyser

### 6.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegninger er utført med GeoSuite Stability versjon 15.3.0.0 som beregningsverktøy og Beast 2003 som beregningsmodell. Beregningsprogrammet er basert på grenselikevektsmetoden, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritiske sirkulærsylindriske glideflater for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet og kombinere dette med restriksjoner på hvor skjærflatene må gå gjennom (restrict shear surfaces).

### 6.2 Brudmekanisme

Løsmassene i området består hovedsakelig av et topplag med sand og grus med varierende humusinnhold, fulgt av et kohesjonslag av siltig leire. Den siltige leiren er meget sensitiv og defineres som kvikkeleire/sprøbruddmateriale. Basert på en totalvurdering antas kritisk brudmekanisme å være sprø.

### 6.3 Grunnvannstand og poretrykksforhold

Tolkning av utført poretrykksmåling beskrives i notat 10208907-RIG-NOT-002 [19]. Utgangspunkt for stabilitetsberegningene er valgt som følger:

- **PZ 25:** Grunnvannstand er satt til 0,8 m under terrengnivå, for å samsvare med antatt hydrostatisk trykk målt ved dybde 4,5 m. Poretrykksprofilen er basert på piezometermålinger som viser en svak tendens til overtrykk videre med dybden.
- **PZ 28:** Grunnvannstand er antatt i terrengnivå. Dette samsvarer med et hydrostatisk trykk ved dybde 4,0 meter. Videre er det antatt en tendens til overtrykk med dybden.
- I følge sehavnivå.no [25] er lavvann med 20 års gjentakintervall på kote minus 1,5 (normalnull 2000) og for 1-årgjentaksintervall på kote minus 1,3. Dypeste nivå i elven ligger på kote minus 2 (normalnull 2000) ifølge SVV rapport 30452 [8].

Usikkerhet i grunnvannsnivå, og variasjoner med årstiden, implementeres i stabilitetsanalyser ved å utføre følsomhetsanalyser for å vurdere påvirkningen dette har på skråningsstabiliteten.

## 6.4 Materialparametere

Tolkningen av materialparametere er basert på korrelasjon mellom CPTu og prøveserier som rapportert i datarapport fra SVV [8] og supplerende grunnundersøkelser fra Multiconsult [9].

Valg av geotekniske parametere er beskrevet i detalj i notat 10208907-RIG-NOT-002 [19]. Kort oppsummert benyttes følgende materialparametere i foreliggende rapport:

Materiale	Tyngdetetthet, $\gamma/\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	Friksjonsvinkel, tan $\phi$	Attraksjon, a (kN/m <sup>2</sup> )	Udrenert skjærfasthet $c_{uA}$ (kN/m <sup>2</sup> )
Humusholdig sand, grus og noe stein	18/8	0,67	0	-
Siltig leire/kvikkleire	20/10	0,66	15	-
Sand	19/9	0,70	0	89
Sand, grus og stein	19/9	0,78	10	-

Anbefalinger i NVE veileder 7/2014 [1] tilsier at aktiv udrenert skjærstyrke  $c_{uA}$  reduseres med 15 % når denne er tolket fra blokkprøver. Vi har tolket  $c_{uA}$  basert på treaksialforsøk utført på 54 mm sylindrerprøver, og følgelig er ikke  $c_{uA}$  redusert med 15 %.

Ettersom det foreligger begrenset med informasjon knyttet til lagdelingen i Stovehaugen, og følgelig den udrenerte skjærfasthet for et eventuelt kohesjonsmateriale, er det valgt å benytte erfaringsverdier for skjærfasthet fra følgende sammenheng:

$$c_{uA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot p'_0$$

Hvor

$$\alpha = 0,25 \text{ til } 0,30$$

$$m = 0,6 - 0,9$$

OCR er tolket og beskrevet i notat 10208907-RIG-NOT-002 [19]. Tolkning av laboratorieforsøk viser at OCR kan være så høy som 10. Det må tas i betraktning at det ikke foreligger laboratorieprøver fra selve Stovehaugen, og at denne verdien for OCR ikke nødvendigvis er opptredende der. Det er naturlig at den siltige leiren i grunnen mellom Stovehaugen og Skipenes bru har hatt en større overdekning, noe som bekreftes av tolkning av laboratorieundersøkelsene. Det er derimot vanskelig å kunne si noe om OCR i den siltige leiren i selve Stovehaugen. Av den grunn er det valgt å benytte en konservativ verdi. Ved å benytte lav verdi for  $\alpha$ , og anta  $OCR=1,0$ , gir det følgende uttrykk for den aktive udrenerte skjærfastheten:

$$c_{uA} = 0,25 \cdot 1^{0,6} \cdot p'_0 = 0,25 \cdot p'_0$$

Det vil være konservativt å anta at aktuell skråning i dag står med en minimum sikkerhet på  $\gamma_m \geq 1,0$ . Ved å ta utgangspunkt i denne minimumssikkerheten finner vi at nødvendig udrenert skjærstyrke blir gitt av følgende uttrykk:

$$c_{uA}^* = \alpha^* \cdot p'_0$$

Nødvendig faktor for å opprettholde en sikkerhet på  $\gamma_m \geq 1,0$  i udrenert tilstand er  $\alpha^* = 0,325$ . Dette brukes i videre beregninger.

Det er flere variable parametere som kan justeres for å oppnå en partialfaktor  $\gamma_M=1,0$ . Dette gjelder særlig lagdeling og grunnvannstand. Det er derfor utført en sensitivitetsanalyse for stabilitetsvurderingene, som er presentert i Vedlegg B.

## 6.5 Kvalitet på felt- og laboratorieundersøkelser

Under de supplerende grunnundersøkelsene [19] oppnådde begge CPTu øst for elven måledata i anvendelsesklasse 1. CPTu utført på vestsiden av elven viste måledata for spissmotstand og friksjon i anvendelsesklasse 1, men var utenfor anbefalt måleområde for poretrykk.

Generelt vurderes kvaliteten på opptatte prøver og utførte laboratorieundersøkelser som god/akseptabel. Noe prøveforstyrrelse må forventes i lagdelte masser, spesielt med siltinnhold. Dette er omtalt mer detaljert i datarapport 10208907-RIG-RAP-002 [9] og i notat 10208907-RIG-NOT-002 [19].

## 6.6 Dimensjonerende laster

Karakteristisk trafikklast er modellert som en jevnt fordelt last på  $q_{0k}=15$  kPa, basert på SVV HB N200 [26]. Det er benyttet en jevnt fordelt karakteristisk last på  $q_k=10$  kPa for gang/sykkelvei. Variable laster er kun medtatt dersom disse har ugunstig effekt på stabiliteten.

Med lastfaktor  $\gamma_{0,1} = 1,30$  for variable laster (ugunstige), som definert i kapittel 5.2, blir de dimensjonerende lastene som følger:

- Trafikklast bilveg: 19,5 kPa
- Gang/sykkelveg: 13 kPa

## 6.7 Kritiske snitt

### 6.7.1 Faresone Skipenes (profil A-A)

Profil A-A er valgt som representativt beregningssnitt for skjærflate ved østre landkar for ny Skipenes bru. Profilet strekker seg fra toppen av Stovehaugen i øst, og vestover mot Skipenes bru og Eidselva.

Utgangspunktet for stabilitetsanalyse av dette profilet er en konservativ antagelse av at grunnvannstanden står ca. 0,8 m under terreng ved landkar bru, og ligger på nivå tilsvarende lavvann med 20 års gjentaksintervall på kote minus 1,5 i Eidselva. Videre er det antatt dimensjonerende, jevnt fordelt last på 19,5 kPa terreng ved landkar, og dimensjonerende last for gang/sykkelveg videre bak i terrenget på 13 kPa.

Plassering av profilet er vist på tegning 10208907-RIG-TEG-002, og profilet er presentert med tolket lagdeling på tegning 10208907-RIG-TEG-700.

### 6.7.2 Faresone Stovehaugen (profil A-A)

Ettersom tiltaket ligger i utløpssonen til et potensielt skred fra Stovehaugen, er det utført stabilitetsberegninger for lange skjærflater gjennom Stovehaugen og ned til Skipenes bru i tillegg til stabilitetsberegning for lokal skjærflate i Stovehaugen.

Grunnvannsnivå tilsvarer topp terreng i bakkant (øst) topp Stovehaugen, og antas å holde samme nivå tvers gjennom løsmassekollen og til terrengoverflate på den vestvendte siden av Stovehaugen. Videre følger grunnvannet like under terrengoverflate og skrår ned til nivå 0,8 m under terreng ved Skipenes bru. Øvrig nivå for grunnvann er som beskrevet i kapittel 7.1.

Profil A-A er valgt som representativt beregningsnitt for begge analyser.

Plassering av profilet er vist på tegning 10208907-RIG-TEG-002, og profilet er presentert med tolket lagdeling på tegning 10208907-RIG-TEG-700.

### 6.7.3 Faresone Øyane (profil B-B)

Profil B-B er valgt som representativt beregningsnitt for skjærflate ved planlagt riggområde. Profilet strekker seg fra grusplassen mellom Lotevegen og Øyanevegen og nordøstover ut i Eidselva.

Målinger av elvebunnen like oppstrøms og nedstrøms planlagt riggområde [3] viser at elvebunnen ligger på henholdsvis kote minus 1,5 og minus 0,5. Flyfoto av området indikerer derimot at elvebunn kan være noe dypere utenfor riggområdet, da elvebunnen er mindre synlig her, se Vedlegg A. Ved å anta at elvebunnen ligger på kote minus 2,4 blir skråningshøyden >5 meter, og skråninger kvalifiserer til å utgjøre et løseområde basert på kriterier fra NVE 7-2014 [1]. Det er videre valgt en konservativ utforming av skråningen for å kontrollere kritisk skjærflate. Dersom elvebunnen ligger høyere enn antatt, bortfaller grunnlaget for klassifisering som løseområde.

Plassering av profilet er vist på tegning 10208907-RIG-TEG-002, og profilet er presentert med tolket lagdeling på tegning 10208907-RIG-TEG-701.

## 7 Resultater fra stabilitetsanalyser

Stabilitetsanalysene er utført som udrenert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) og drenert effektivspenningsanalyse ( $a/\phi$ -analyse).

Tolket lagdeling er presentert på tegning RIG-TEG-700 og -701, og resultater fra stabilitetsberegninger er vist på tegning -800 til -807. Beregnet partialfaktor for kritiske skjærflater er presentert i Tabell 7.

Videre er det gitt en kort beskrivelse av stabilitetsanalysene for hver faresone.

Tabell 7: Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegninger i GeoSuite.

Faresone	Tegning nr.	Beskrivelse	Analyse	Partialfaktor $\gamma_M$	Merknad
Stovehaugen (profil A-A)	-800	Udrenert beregning for lokal skjærflate	ADP	1,01	$C_{uA}$ -profiler Stovehaugen tilpasset sikkerhet $\geq 1,0$
Stovehaugen (profil A-A)	-801	Drenert beregning for lokal skjærflate	$a/\phi$	1,40	Over krav i NVE 7-2014
Stovehaugen / Skipenes (profil A-A)	-802	Udrenert beregning for lang skjærflate	ADP	1,52	Over krav i NVE 7-2014
Stovehaugen / Skipenes (profil A-A)	-803	Drenert beregning for lang skjærflate	$a/\phi$	1,66	Over krav i NVE 7-2014

Skipenes (profil A-A)	-804	Udrenert beregning for lokal skjærflate	ADP	2,57	Over krav i NVE 7-2014
Skipenes (profil A-A)	-805	Drenert beregning for lokal skjærflate	aφ	1,52	Over krav i NVE 7-2014
Øyane (profil B-B)	-806	Udrenert beregning for lokal skjærflate	ADP	2,93	Over krav i NVE 7-2014
Øyane (profil B-B)	-807	Drenert beregning for lokal skjærflate	aφ	1,50	Over krav i NVE 7-2014

Det er utført følsomhetsanalyser for de ulike stabilitetsberegningene, for å undersøke hvilken mulig innvirkning ulike endringer i modellinput har på stabiliteten. Utgangspunktet er de kritiske skjærflatene beskrevet i tegning -800 til -807. Fokus i analysene er endring i grunnvannsnivå, lagdeling, ytre last og udrenert skjærstyrke. Følsomhetsanalysene er presentert i detalj i Vedlegg B.

## 7.1 Faresone Skipenes (profil A-A)

Lokal kritisk skjærflate i udrenert tilstand (ADP) viser en partialfaktor på  $\gamma_m = 2,57$ .

Lokal kritisk skjærflate i drenert tilstand (aφ) viser på sin side en partialfaktor på  $\gamma_m = 1,52$ .

Fra utførte følsomhetsanalyser ser vi at kritisk partialfaktor øker til  $\gamma_M \geq 1,73$  for drenert analyse når grunnvannet enten heves i elva eller senkes i terrenget inn mot Stovehaugen, se vedlegg B. For udrenert analyse gir de samme endringene et noe mindre utslag, og kritisk partialfaktor beregnes til  $\gamma_M \geq 2,59$ . Videre er det vurdert lastendring ved topp østlig landkar og videre bakover i terrenget. Resultatene viser at en økning i kritisk partialfaktor til  $\gamma_M = 3,01$  for udrenert analyse og  $\gamma_M = 1,59$  for drenert analyse når last fjernes helt fra terrenget, noe mindre økning når reduksjon av jevnt fordelt last benyttes.

Lastene som er forventet å opptre når tiltaket er ferdig etablert, er modellert sammen med en konservativ grunnvannstand. Sikkerheten er funnet å være tilfredsstillende i henhold til krav til partialfaktor for områdestabilitet  $\gamma_m \geq 1,40$  [1]. Analysene viser samtidig at kritisk skjærflate i drenert tilstand er under kravet til  $\gamma_m \geq 1,60$  gitt av de geotekniske prosjekteringsforutsetningene [23]. Tiltak for å etterkomme krav om  $\gamma_m \geq 1,60$  må ivaretas gjennom detaljprosjektering av tiltaket.

Utførte følsomhetsanalysene peker på aspekter i tilknytning til poretrykkoppbygging og belastning nær elvebredden, som må ivaretas spesielt. Det er viktig at detaljprosjektering av tiltaket ivaretar sikkerhet i alle faser av prosjektet. Ved å prosjektere etter de partialfaktorer som kreves gjennom Statens vegvesen sine håndbøker og som er fastsatt i de geotekniske prosjekteringsforutsetningene for tiltaket, vil krav til sikkerhet være tilfredsstillt også med hensyn på områdestabilitet.

## 7.2 Faresone Stovehaugen (profil A-A)

### 7.2.1 Lokal skjærflate

Utgangspunktet for analysen er en konservativ antagelse om at skråningen står med en sikkerhet på minimum 1,0. Dette er i hovedsak grunnet usikkerheter knyttet til lagdeling, grunnvannstand og udrenert skjærstyrke i antatt kohesjonsmateriale.

Lokal skjærflate i udrenert tilstand (ADP) som går fra toppen av Stovehaugen og med utløp ved fot av skråningen viser en partialfaktor på  $\gamma_m = 1,01$ , da skjærfastheten er tilpasset en slik minste partialfaktor. Lokal kritisk skjærflate i drenert tilstand (aφ) viser en partialfaktor på  $\gamma_m = 1,40$ .

Skråningen i Stovehaugen regnes å være en naturlig skråning som i dag er i drenert tilstand.

Påkjenninger slik som for eksempel betydelig pålasting på topp av skråning eller gravearbeider i bunn

av skråning, kan medføre redusert sikkerhet. Fremtidige tiltak som medfører endringer i geometri og/eller lastsituasjon eller poretrykksforhold/grunnvannstand bør utredes og vurderes av fagkyndig innen geoteknikk.

### 7.2.2 Lang skjærflate

Lang kritisk skjærflate for udrenert tilstand (ADP) fra Stovehaugen og med utløp ved Skipenes bru, viser en partialfaktor på  $\gamma_m = 1,52$ .

Lang kritisk skjærflate for drenert tilstand ( $\alpha\phi$ ) viser en partialfaktor på  $\gamma_m = 1,66$ .

Fra følsomhetsanalyser ser vi at partialfaktor er noe høyere for både udrenert og drenert analyse når grunnvannet justeres i Stovehaugen. Endring av vannstanden i Eidselva gir liten eller ingen endring på partialfaktor, se vedlegg B.

Ved bruk av en noe mindre konservativ lagdeling i Stovehaugen ser vi at partialfaktor øker til  $\gamma_M=1,71$  for drenert analyse, og  $\gamma_M=1,68$  for udrenert analyse. Videre er det vurdert påvirkning fra ytre last på toppen av Stovehaugen. Resultatene viser tilnærmet ingen endring i kritisk partialfaktor hverken for udrenert eller drenert analyse. Laster påført ved Skipenes bru og i bunn av skråningen til Stovehaugen gir som forventet et positivt, stabiliserende bidrag og øker sikkerheten for de lange skjærflatene.

Resultatene viser at kritisk partialfaktor for lang skjærflate i det sammenhengende laget med siltig leire, er høyere enn kritisk skjærflate for lokalstabilitet ved Stovehaugen. Følsomhetsanalysene viser også at lastpåførsel ved Skipenes bru har en positiv innvirkning på sikkerheten for lang skjærflate, og at endring i vannstanden i Eidselva har liten eller ingen innvirkning på sikkerheten. Kritisk bruddflate for Stovehaugen er lokal, slik at tiltaket i seg selv ikke vil kunne initiere et skred i løsmassekollen hvor brua er i utløpsområdet, eller forverre stabiliteten for denne kritiske bruddflaten.

Fra stabilitetsanalyser som tar for seg lange skjærflater fra Stovehaugen til Skipenes bru, finner vi at sikkerheten er over krav i både udrenert og drenert tilstand. Lokale påvirkninger som følge av tiltaket ved Skipenes bru er gjennom følsomhetsanalyser funnet å gi marginal innvirkning på sikkerheten for de lange skjærflatene. Det vil til enhver tid være lavere sikkerhet for den lokale skjærflaten i Stovehaugen, og tiltaket vil ikke påvirke denne.

Ved å ivareta sikkerheten lokalt ved Skipenes bru gjennom de strengere krav som er angitt i de geotekniske prosjekteringsforutsetningene, vil ikke sikkerheten for lang skjærflate og lokalt ved Stovehaugen forverres. Den geotekniske prosjekteringen må ta høyde for alle faser av tiltaket og kontrollere for eventuell poretrykksoppbygging.

## 7.3 Faresone Øyane (profil B-B)

Utgangspunktet for analysen er en antagelse om at elvebunnen ligger i nivå tilsvarende kote minus 2,4 utenfor planlagt riggområde.

Som vist i Tabell 7 oppnår stabilitetsanalysene en kritisk partialfaktor på  $\gamma_m = 1,50$  i drenert analyse og  $\gamma_m = 2,93$  for udrenert analyse.

Tolket sprøbruddmateriale for mest kritiske skjærflate utgjør mindre enn 40 % av total dybde fra topp skråning til bunn av kritisk glideflate. Andre mindre kritiske skjærflater i drenert tilstand er funnet hvor tolket sprøbruddmateriale utgjør mer enn 40 % av total dybde, men skjærflatene er funnet å ha en sikkerhet på  $\gamma_m \geq 1,86$ .

Sikkerheten er funnet tilfredsstillende i henhold til gjeldende krav. Dette under forutsetning at mellomlagring/tilførsel av masser, terrenginngrep eller andre aktiviteter som kan tenkes å forverre



stabiliteten i området, avklares med geoteknisk fagkyndig i forkant og på den måten sikre stabiliteten. Elvebunnen bør måles inn i profiler utenfor riggområdet for bedre kontroll av lokalstabilitet.

## 8 Konklusjoner og anbefalt videre arbeid

Sikkerheten er funnet tilfredsstillende iht. NVE 7-2014 for tiltaket lokalt ved Skipenes bru og for potensielle lange skjærflater fra Stovehaugen til Skipenes bru. Ved å ivareta de krav til sikkerhet som fremstilles gjennom Statens vegvesen sine håndbøker, vil områdestabilitet også være ivaretatt. Tiltaket vil ikke forverre den lokale stabiliteten ved Stovehaugen. Det påpekes at fremtidig aktivitet ved Stovehaugen må ivaretas og ikke forverre dagens stabilitet. Eventuelle fremtidige tiltak som vil kunne påvirke stabiliteten må utredes og vurderes av fagkyndig innen geoteknikk.

Sikkerheten for planlagt riggområde er funnet tilfredsstillende i henhold til krav. Mellomlagring av gravemasse og/eller tilførte masser må avklares med geotekniker.

Stabiliteten ved elvebredden er sensitiv for endringer i grunnvannsnivå/poretrykksendringer og ytre laster. Geoteknisk prosjektering må derfor hensynta et potensielt poreovertrykk i forbindelse med anleggsarbeidet.

Detaljprosjektering av tiltaket må omfatte vurdering av behov for erosjonssikring.

Beregningsforutsetningene som ligger til grunn for denne rapporten må ivaretas i detaljprosjektering og byggefase. Detaljprosjektering må sørge for at lokalstabiliteten, så vel som områdestabiliteten, er ivaretatt i alle faser av byggeprosjektet, både i midlertidig og permanent tilstand.

Oppsummert bør følgende elementer i prosjektering og anleggsvirksomhet være i fokus:

- Fundamenteringsløsninger for nye og midlertidige brukonstruksjoner må prosjekteres av geoteknisk fagkyndig på en slik måte at stabilitetsforholdene ivaretas i alle faser fra byggefase til ferdig etablert bru/konstruksjon.
- Geoteknisk fagkyndig bør bistå i forbindelse med prosjektering av fundamenteringsløsning og anleggsteknisk utførelse for andre nye anlegg/bygg. Dette for å sikre at krav i forhold til evt. avlastning, tilleggslaste, massetransport og anleggsteknikk blir overholdt.
- Andre tiltak/inngrep i området, herunder massefortrengende arbeider og oppfylling bør vurderes av geoteknisk fagkyndig med evt. avbøtende tiltak.
- Planlagte tiltak ved Eidselva, slik som utgraving ved skråningsfot, oppfylling eller lagring av masser ved skråningstopp, kan forverre stabiliteten av skråninger. Eventuell lagringsplass bør avklares med geoteknisk fagkyndig. Behov for erosjonssikring i utsatte områder må vurderes.
- Det anbefales å etablere en plan for overvåking og oppfølging av poretrykk i forbindelse med anleggsarbeidet.
- Elvebunnen bør måles inn i profiler utenfor riggområdet for bedre kontroll av lokalstabilitet.

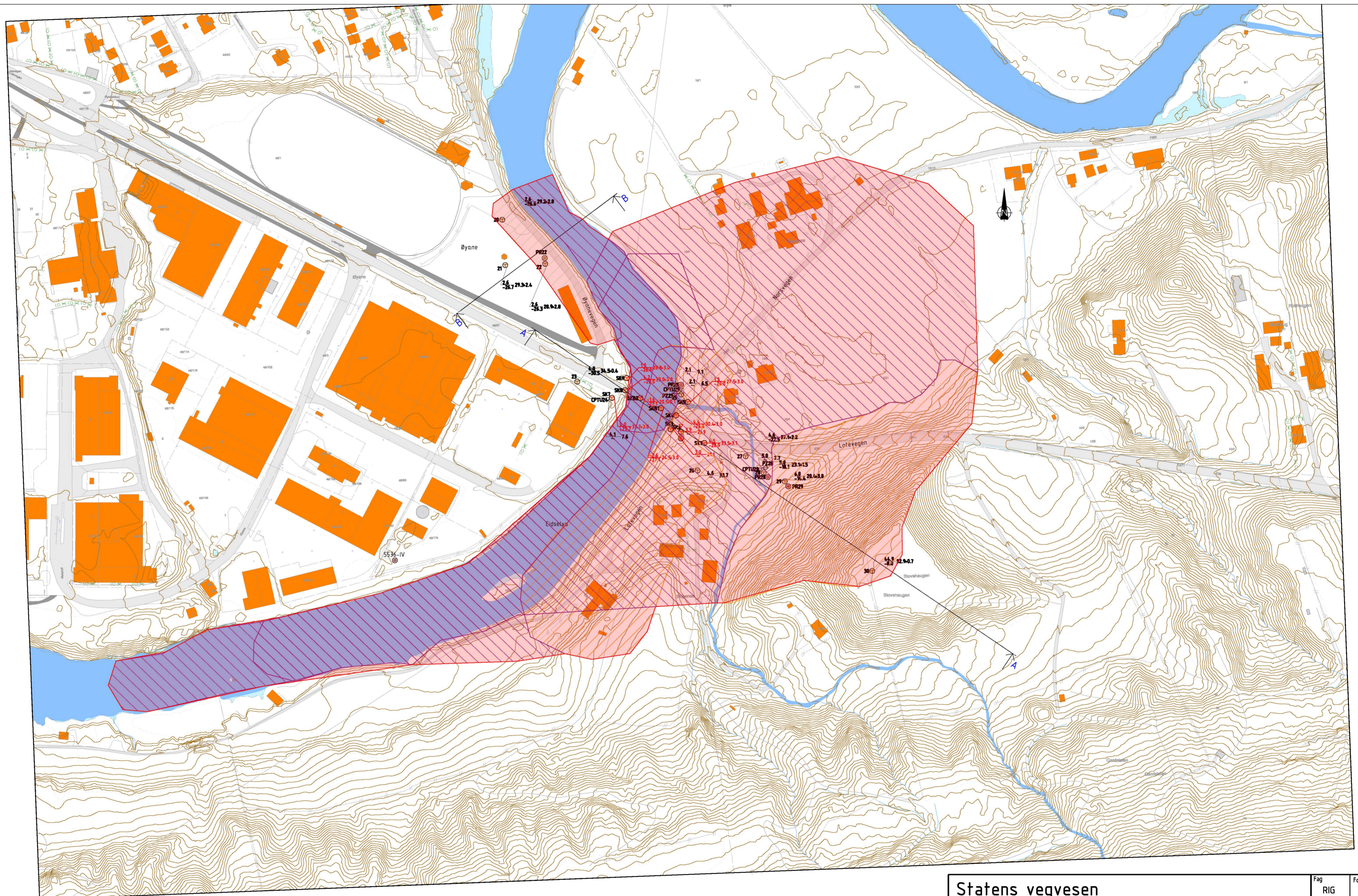
## 9 Referanser

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred,» Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2014.
- [2] Standard Norge, «NS-EN ISO 9001:2015: Ledelsessystemer for kvalitet - Krav (ISO 9001:2015),» 2015.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Vannlinjeberegning for Eidselva (089.Z), Eid kommune i Sogn og Fjordane,» 2017.
- [4] www.kart.finn.no, «Historiske bilder,» 2019.
- [5] Google Maps, «Google Maps,» Google, [Internett]. Available: <https://www.google.com/maps>. [Funnet 2019].
- [6] Kartverket, NIBIO og Statens vegvesen, «Norge i bilder,» Geodata AS, [Internett]. Available: <https://norgeibilder.no/>. [Funnet 2019].
- [7] Statens vegvesen, «Oppdrag 476-s-10 Rapport over grunnundersøkelse for Skipenes bru i Nordfjordeid, Sogn og Fjordane,» 1960.
- [8] Statens vegvesen, «30452-GEOT-1 E39 Skipenes bru, Geoteknisk datarapport,» 2018.
- [9] Multiconsult Norge AS, «10208907-RIG-RAP-002 Geoteknisk datarapport. Supplerende grunnundersøkelser for E39 Skipenes bru,» 2019.
- [10] Norconsult, «5171849 RIG01 Eid VGS, grunnundersøkelser,» 2018.
- [11] Noteby, «5536-1 Industriareal ved Eidselva. Orienterende grunnundersøkelser. Fundamenteringsforhold,» 1965.
- [12] Multiconsult Norge AS, «612694-RIG-RAP-004 G/S-veg langs E39 og Rv15, Nordfjordeid. Rv15 Mogrenda,» 2017.
- [13] Multiconsult Norge AS, «612694-RIG-RAP-003 G/S-veg lang E39 og Rv15, Nordfjordeid. Rv.15 Mogrenda,» 2015.
- [14] Multiconsult Norge AS, «612694-RIG-RAP-002 G/S-veg lang E39 og Rv15, Nordfjordeid. Rv.15 Nor Bru - Ny bru for G/S-veg,» 2015.
- [15] Multiconsult Norge AS, «612964-r1 G/S-veg lang E39 og Rv15, Nordfjordeid.,» 2010.
- [16] Kartverket, «Høydedata,» Kartverket, 2019. [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>. [Funnet 27 Mars 2019].
- [17] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» Norges Geologiske Undersøkelse, Okt. 2017.
- [18] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «www.atlas.nve.no».
- [19] Multiconsult Norge AS, «10208907-RIG-NOT-002 Geotekniske dimensjoneringsparametere,» 2019.
- [20] Naturfare Infrastruktur Flom Skred (NIFS), «Naturfareprosjektet: Dp. 6 Kvikkleire. "Rapport nr 14-2016. Metode for vurdering av løsne – og utløpsområder for områdeskred",» Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2016.
- [21] Statens vegvesen, «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» Jun. 2014.
- [22] H. B. Ottesen, «"VS: Tiltakskategorier - tabell 0-2 V220 (Skipenes bru)" E-post (4.mars 2019)».
- [23] Multiconsult Norge AS, «10208907-RIG-NOT-001 Geoteknisk premissdokument,» 2019.
- [24] NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, «Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» Norsk Standard.
- [25] Kartverket, <https://www.kartverket.no/sehavniva/>, lastet ned 21.2.2019..
- [26] Statens vegvesen, «Håndbok N200: Vegbygging - gjeldende fra 15. juli 2018,» Jul. 2018.









**Merknad:**

- Aktivitetsområde
- Påvist forekomst av sprøbrudmateriale
- Kan ikke utelukke forekomst av sprøbrudmateriale
- Ingen mistanke om sprøbrudmateriale
- Undersøkelser utført av Statens vegvesen, 30952-GE01-1 Skipenes bru, geotekniske grunnundersøkingar
- Undersøkelser utført av Nofeby, 5536-1 Industriareal ved Eidselva
- Løsneområde, faresone med faregrad "lav"
- Løsneområde, faresone med faregrad "middels"
- Utløpsområde

- DREIESONDERING
- ✳ FJELLKONTROLLBORING
- ⊙ PRØVESERIE
- + VINGEBORING
- ENKEL SONDERING
- ⊕ KJERNEBORING
- PRØVEGRUPP
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ▼ RAMSONDERING
- ⬇ TRYKKDREIESONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING

BORHULL NR. TERRENG (BUNN) KOTE BORET DYBDE + (BORET I FJELL)  
 ANTATT FJELLKOTE

BORBOOK NR. DIGITAL LAB BOK NR. DIGITAL

KARTGRUNNLAG: EUREF89 NTM6, NN2000

UTGANGSPUNKT FOR INNMÅLING:

<b>Statens vegvesen</b> <b>E39 Skipenes bru</b>		Fag	Format
		RIG	A2
<b>Aktivitetssone for områdeskred</b>		Date	
		27.05.19	
<b>Multiconsult</b> <small>www.multiconsult.no</small>		Format/Målestokk:	
		1:2000	
Oppdragsnr. 10208907		Konstr./Tegnet MAB	Kontrollert ABR
Tegningsnr. RIG-TEG-003		Godkjent MFM	Rev. 00

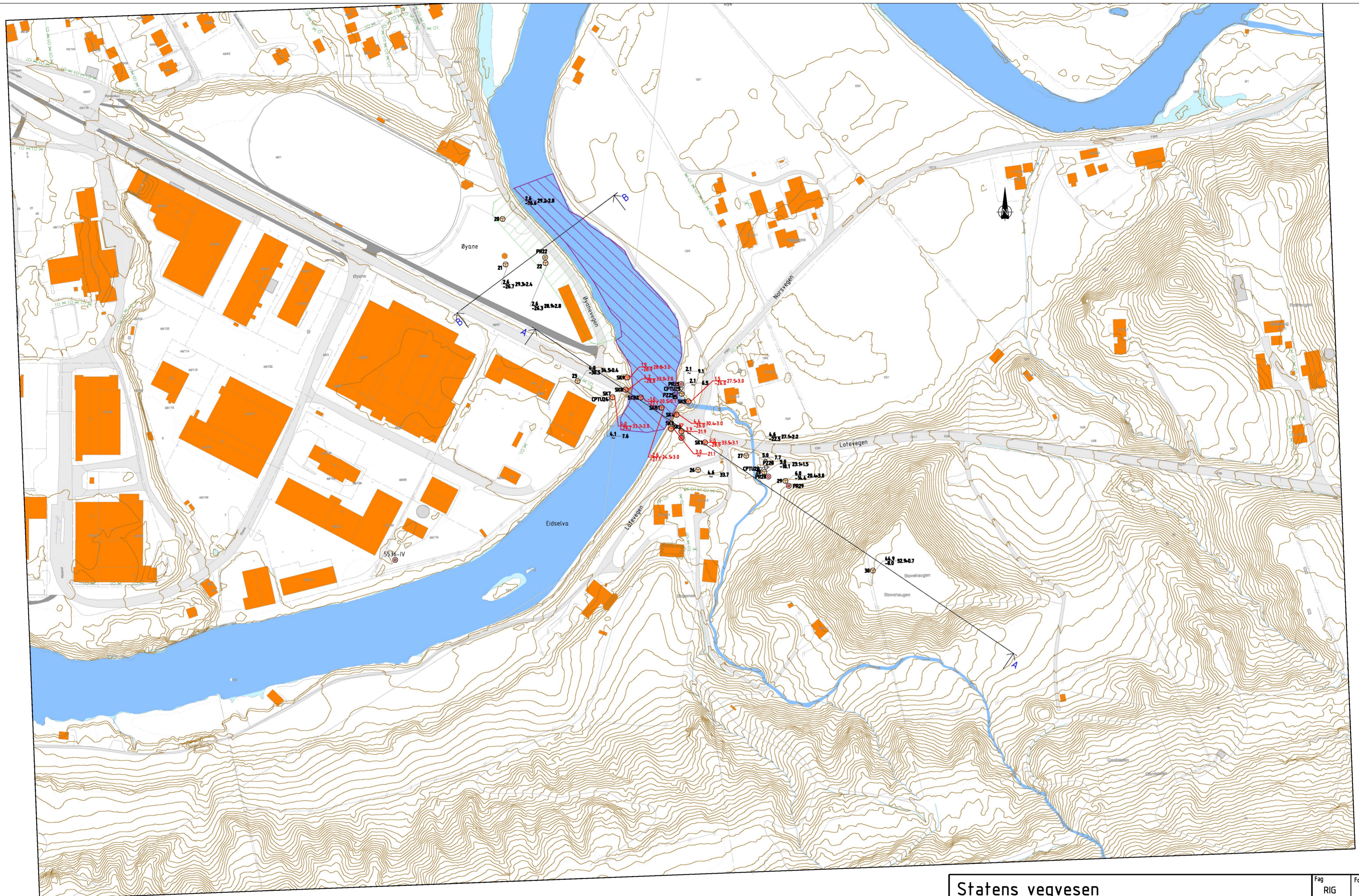












**Merknad:**

- Påvist forekomst av sprøbruddmateriale
- Kan ikke utelukke forekomst av sprøbruddmateriale
- Ingen mistanke om sprøbruddmateriale
- ⊕ Undersøkelser utført av Statens vegvesen, 30952-GEOT-1 Skipenes bru, geofekniske grunnundersøkingar
- ⊕ Undersøkelser utført av Noteby 5536-1 Industrineal ved Eidselva
- Løsneområde, faresone med faregrad "lav"
- Løsneområde, faresone med faregrad "middels"
- Utløpsområde

- DREIESONDERING
- ⊗ FJELLKONTROLLBORING
- ⊙ PRØVESERIE
- + VINGEBORING
- ENKEL SONDERING
- ⊕ KJERNEBORING
- PRØVEGRUPP
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ▼ RAMSONDERING
- ⬇ TRYKKDREIESONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING

BORHULL NR. TERRENG (BUNN) KOTE BORET DYBDE + (BORET I FJELL)  
 ANTATT FJELLKOTE

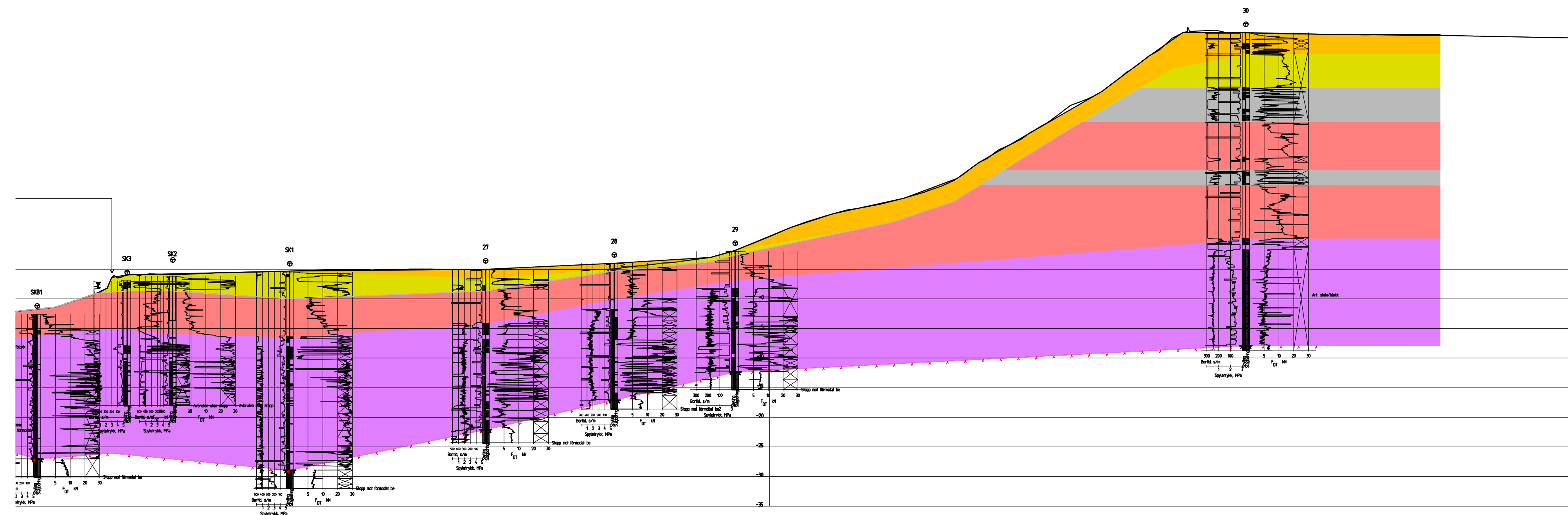
BORBOOK NR. DIGITAL LAB BOK NR. DIGITAL

KARTGRUNNLAG: EUREF89 NTH6, NN2000

UTGANGSPUNKT FOR INNMÅLING

<b>Statens vegvesen</b> <b>E39 Skipenes bru</b>				Fag RIG	Format A2
				Date 27.05.19	
<b>Faresone Øyane, løsne- og utløpsområde</b>				Format/Målestokk: <b>1:2000</b>	
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet MAB	Kontrollert ABR	Godkjent MFM
		Oppdragsnr. 10208907	Tegningsnr. RIG-TEG-006		Rev. 00

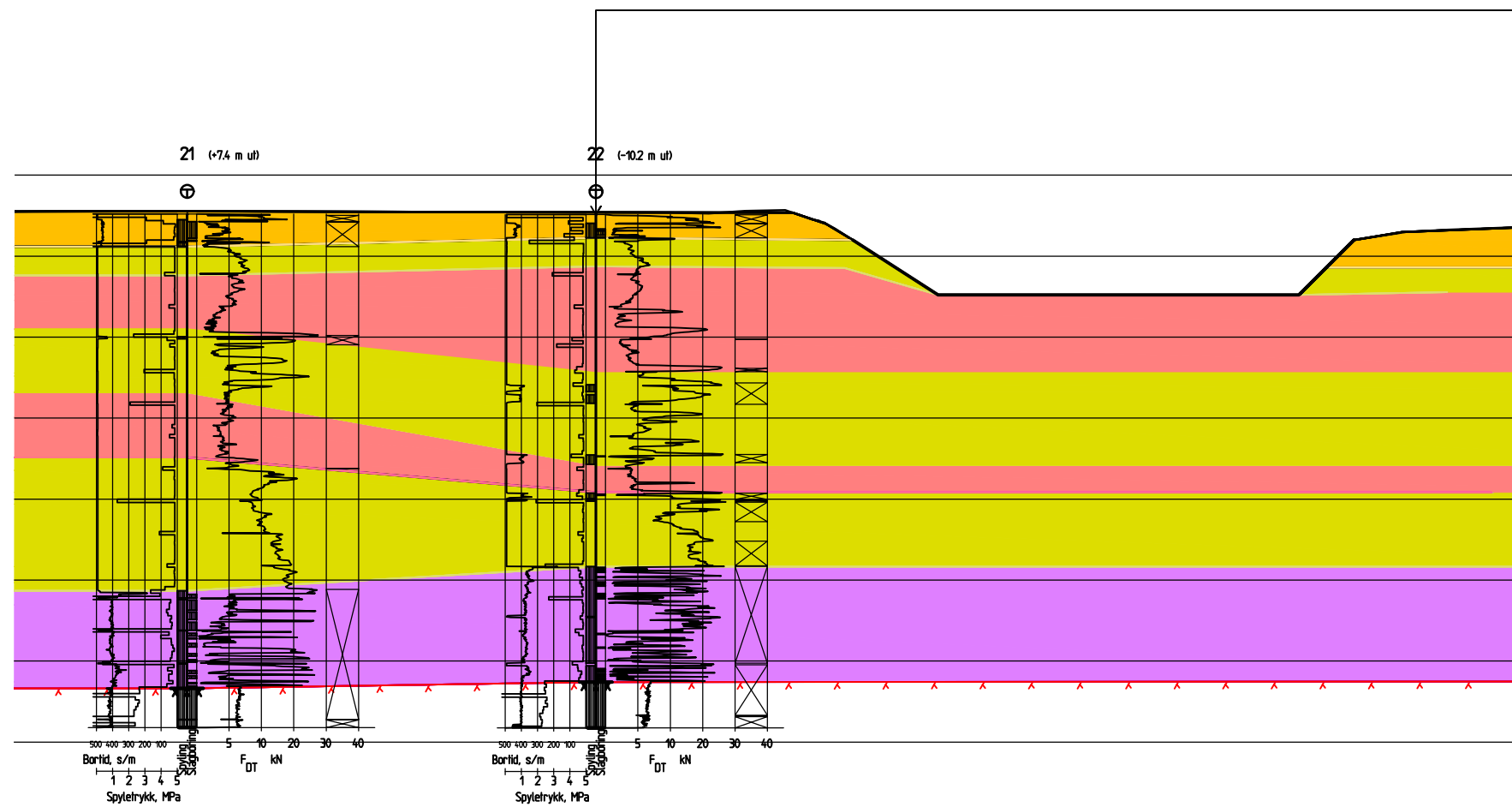




- Humusholdig sand
- Sand
- Sand, grus og stein
- Siltig leire
- Sand, grus og stein/morene

STATENS VEGVESEN		Fag	Format
E39 SKIPENES BRU		RIG	A3F
Profil A-A		Dato	
Tolket lagdeling		16.05.19	
		Format/Målestokk:	
		1:500	
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
10208907	RIG-TEG-700	ABR	MFM
			Rev.
			00





- Humusholdig sand
- Sand
- Sand, grus og stein
- Siltig leire
- Sand, grus og stein/morene

STATENS VEGVESEN  
E39 SKIPENES BRU

Profil B-B  
Tolket lagdeling

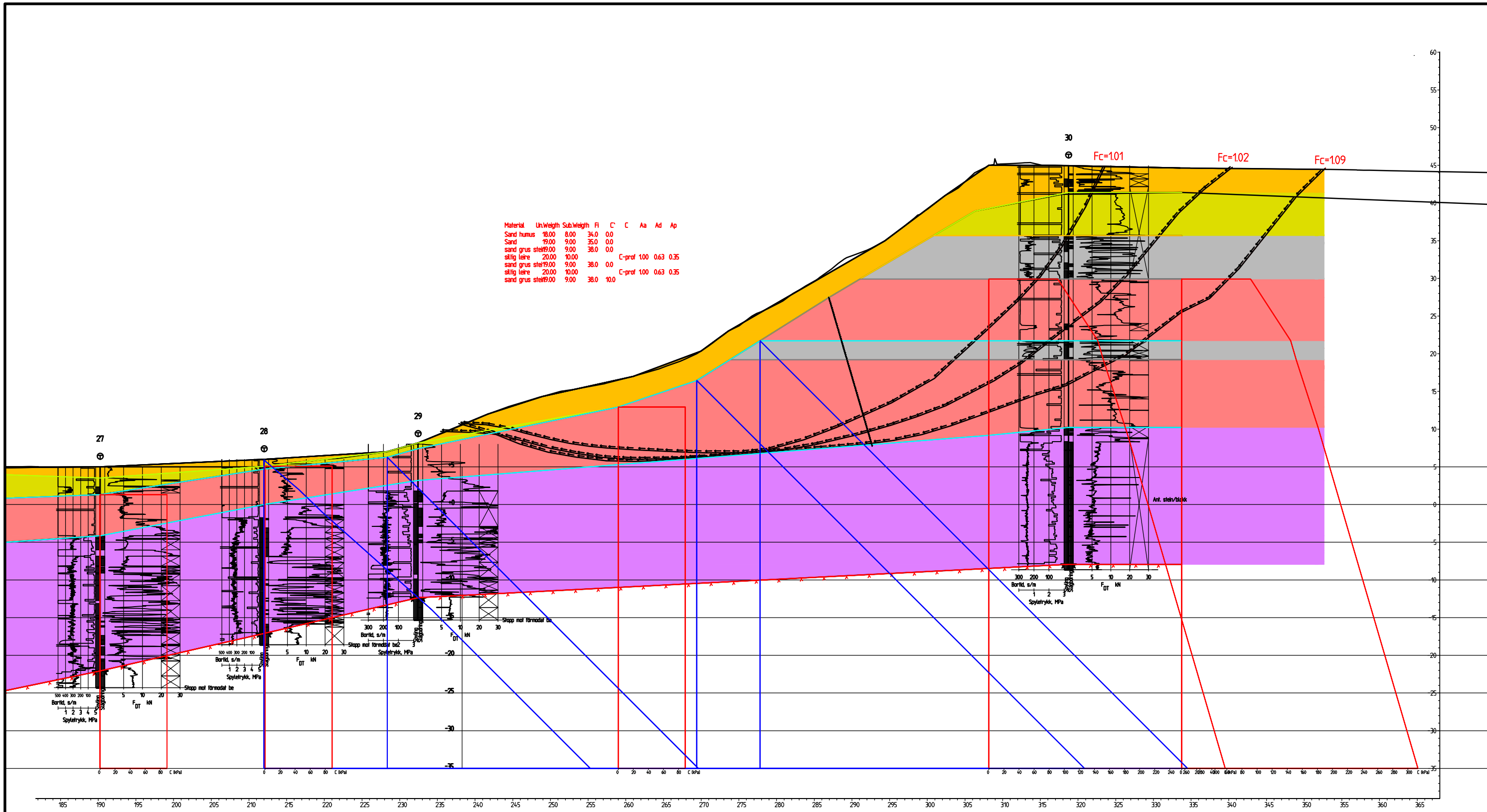
Fag	Format
RIG	A3

Dato
16.05.19

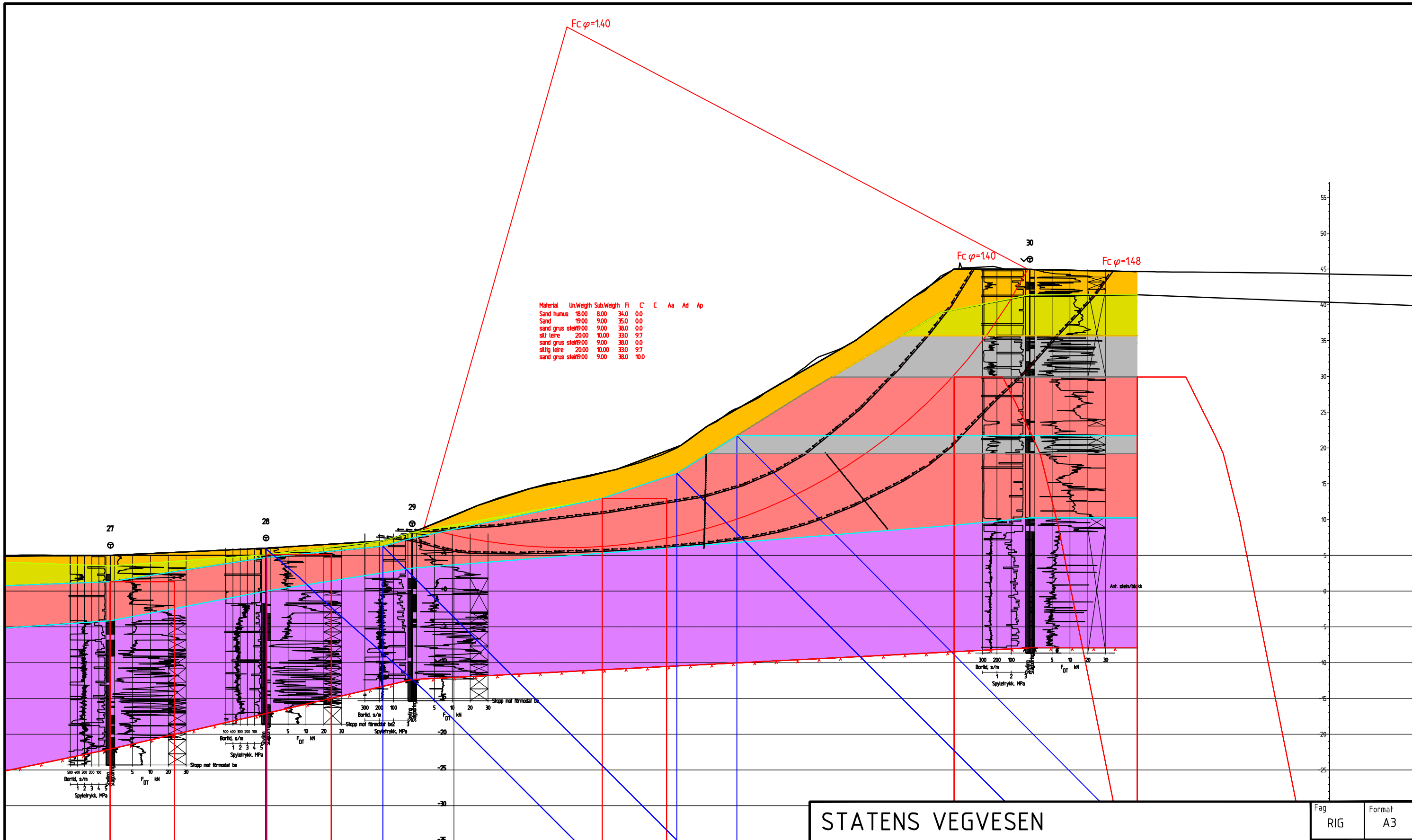
Format/Målestokk:
1:400

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Status	Konstr./Tegnet /JSB	Kontrollert ABR	Godkjent MFM
Oppdragsnr. 10208907	Tegningsnr. RIG-TEG-701		Rev. 00

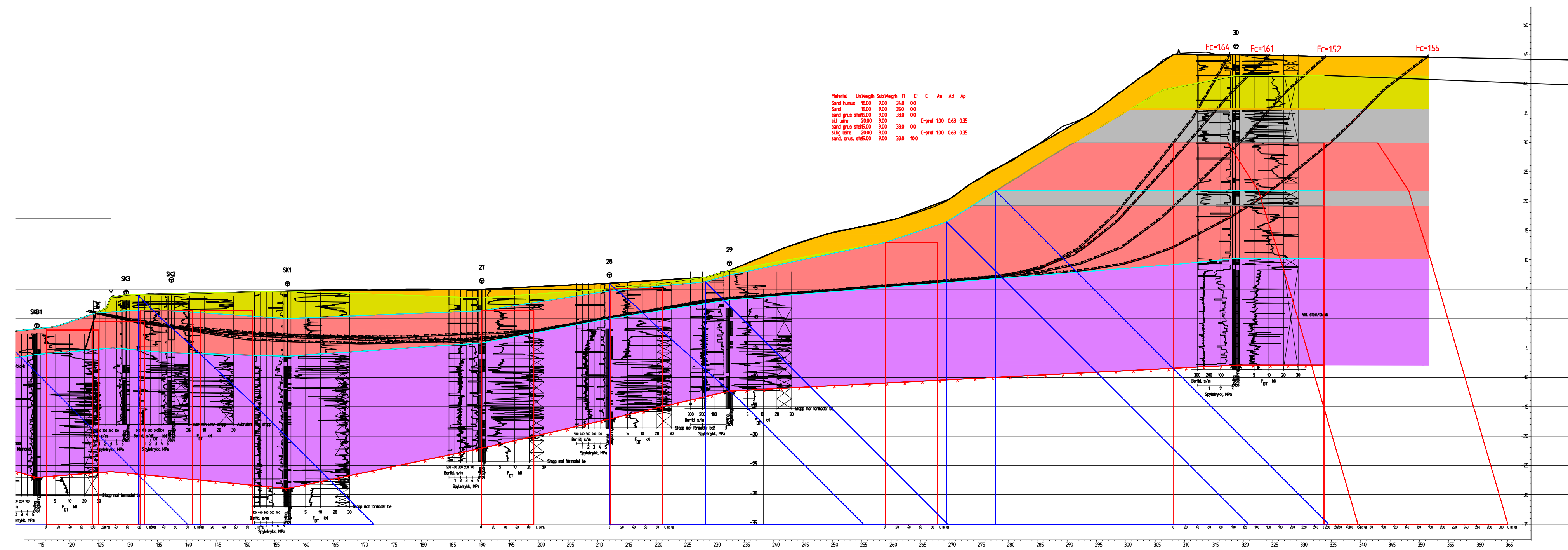


<b>STATENS VEGVESEN</b> <b>E39 SKIPENES BRU</b>				Fag	Format
				RIG	A3
<b>Profil A-A</b> Lokal skjærflate, faresone Stovehaugen Udrenert, ADP-analyse				Dato	16.05.19
				Format/Målestokk:	1:500
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
	Oppdragsnr.	/JSB	ABR	MFM	
	10208907	Tegningsnr.	RIG-TEG-800	Rev.	00

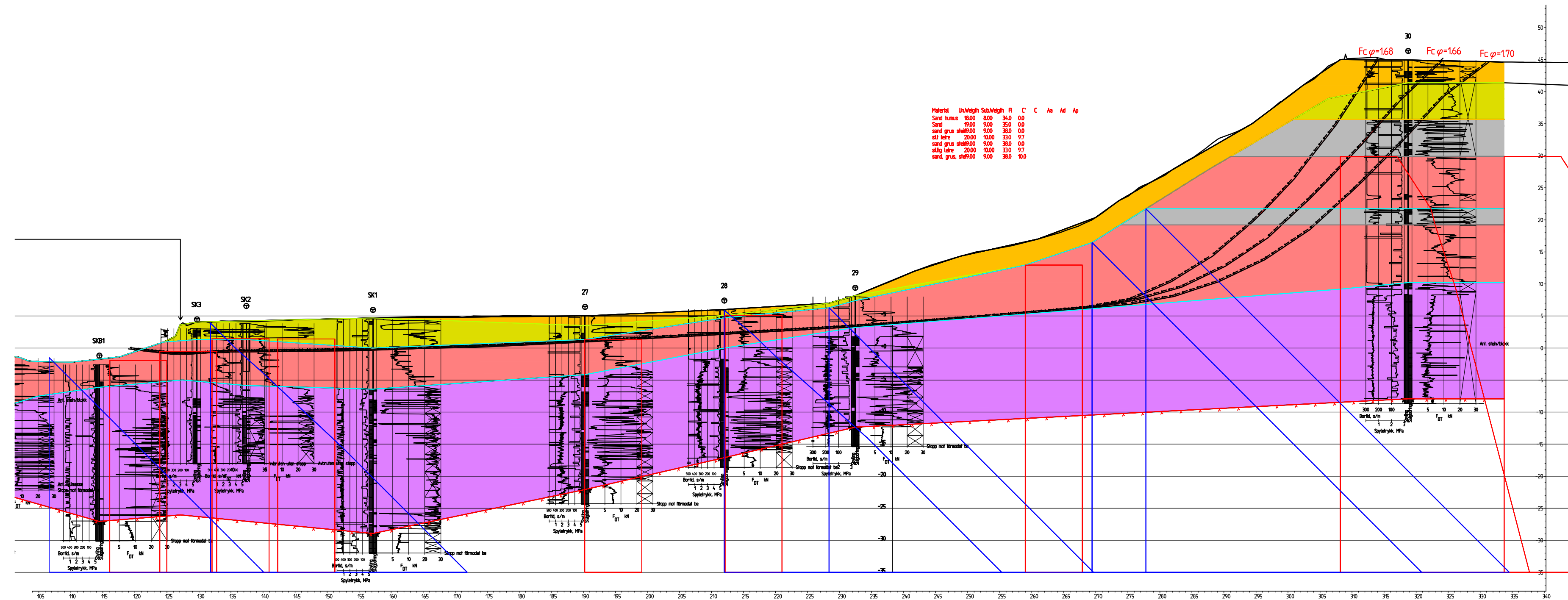


Material	Un.Weight	Sub.Weight	FI	C	C	Aa	Ad	Ap
Sand humus	18.00	8.00	34.0	0.0				
Sand	19.00	9.00	35.0	0.0				
sand grus stein	9.00	9.00	36.0	0.0				
silt leire	20.00	10.00	33.0	9.7				
sand grus stein	9.00	9.00	38.0	0.0				
silt leire	20.00	10.00	33.0	9.7				
sand grus stein	9.00	9.00	38.0	10.0				

STATENS VEGVESEN		Fag	Format
E39 SKIPENES BRU		RIG	A3
Profil A-A		Dato	
Lokal skjærflate, faresone Stovehaugen		05.06.19	
Drenert, AØ-analyse		Format/Målestokk:	
		1:500	
Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet /JSB	Kontrollert ABR
	Oppdragsnr. 10208907	Tegningsnr. RIG-TEG-801	Godkjent MFM
			Rev. 01

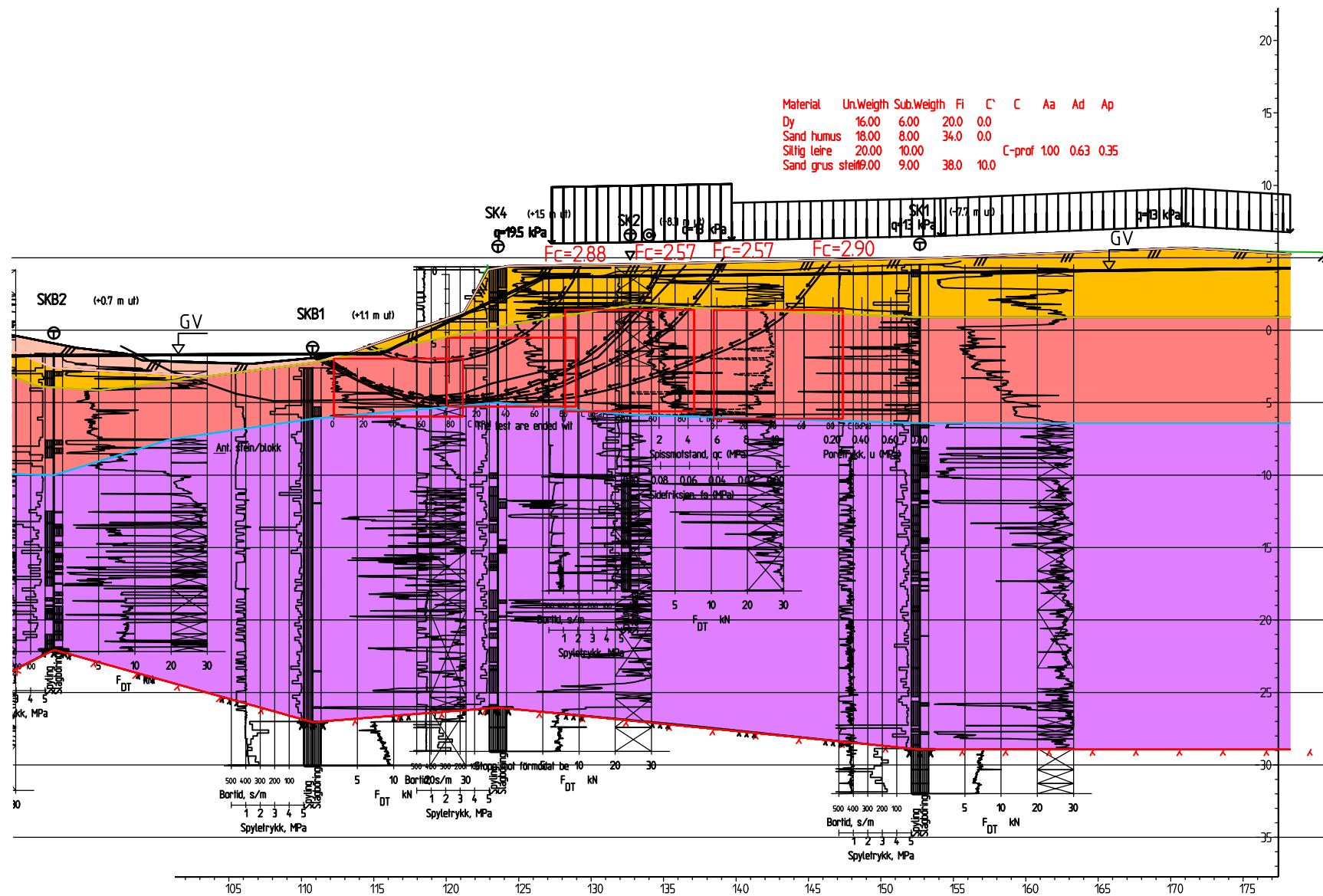


STATENS VEGVESEN		Fag	Format
E39 SKIPENES BRU		RIG	A3F
Profil A-A		Dato	
Lang skjærflate, faresone Stovehaugen-Skipenes bru		16.05.19	
Udrenert, ADP-analyse		Format/Målestokk:	
		1:500	
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
10208907	RIG-TEG-802	ABR	MFM
			Rev.
			00



STATENS VEGVESEN		Fag	Format
E39 SKIPENES BRU		RIG	A3F
Profil A-A		Dato	
Lang skjærflate, faresone Stovehaugen-Skipenes bru		05.06.19	
Drenert, AØ-analyse		Format/Målestokk:	
		1:500	
Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
	Oppdragsnr.	/JSB	ABR
10208907	Tegningsnr.	Godkjent	
	RIG-TEG-803	MFM	
		Rev.	
		01	





# STATENS VEGVESEN

## E39 SKIPENES BRU

### Profil A-A

Lokal skjærflate, faresone Skipenes bru  
Udrenert, ADP-analyse

Fag RIG      Format A3

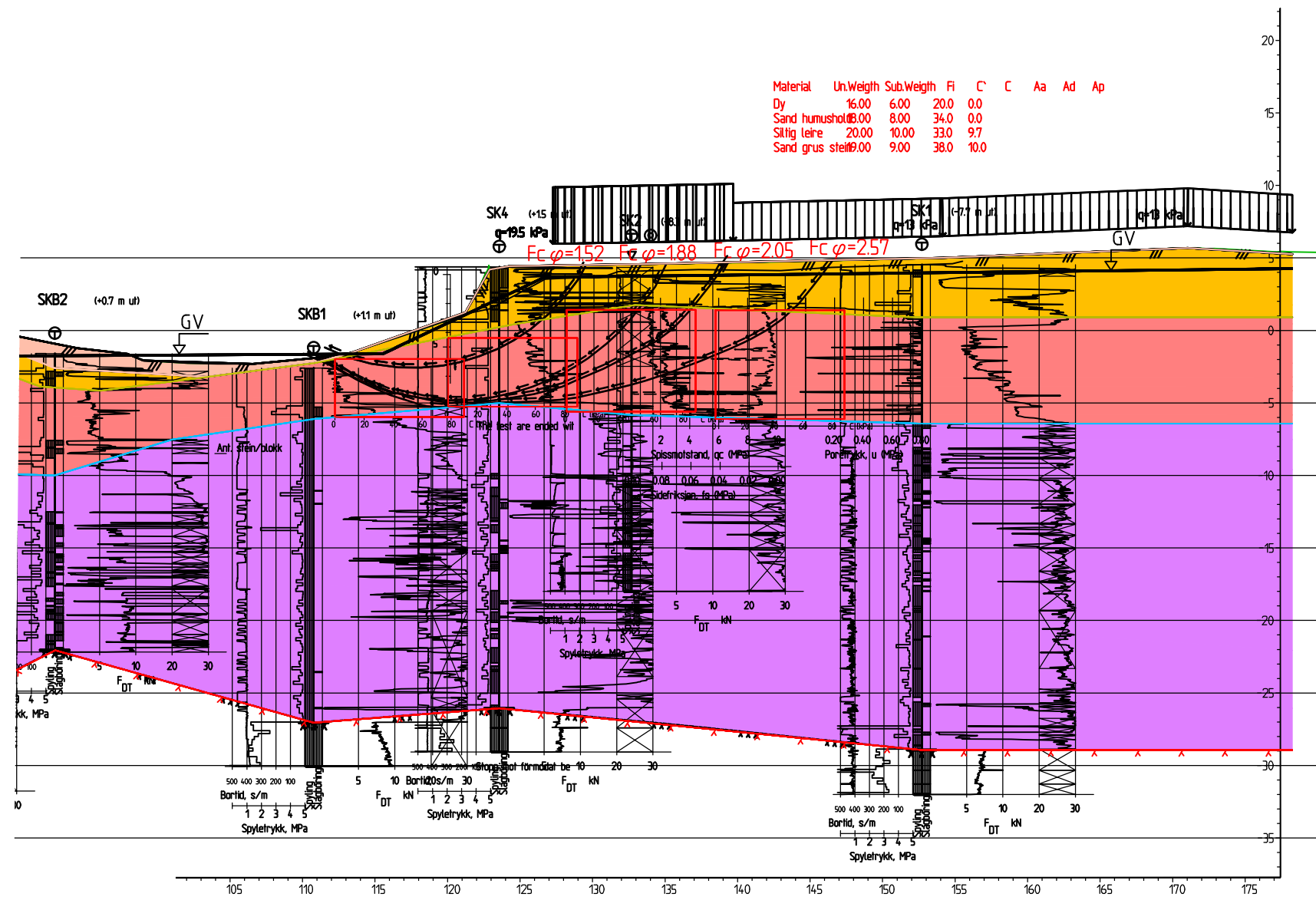
Dato 16.05.19

Format/Målestokk:  
1:400

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Status	Konstr./Tegnet /JSB	Kontrollert ABR	Godkjent MFM
Oppdragsnr. 10208907	Tegningsnr. RIG-TEG-804	Rev. 00	





# STATENS VEGVESEN

## E39 SKIPENES BRU

### Profil A-A

Lokal skjærflate, faresone Skipenes bru  
Drenert, AØ-analyse

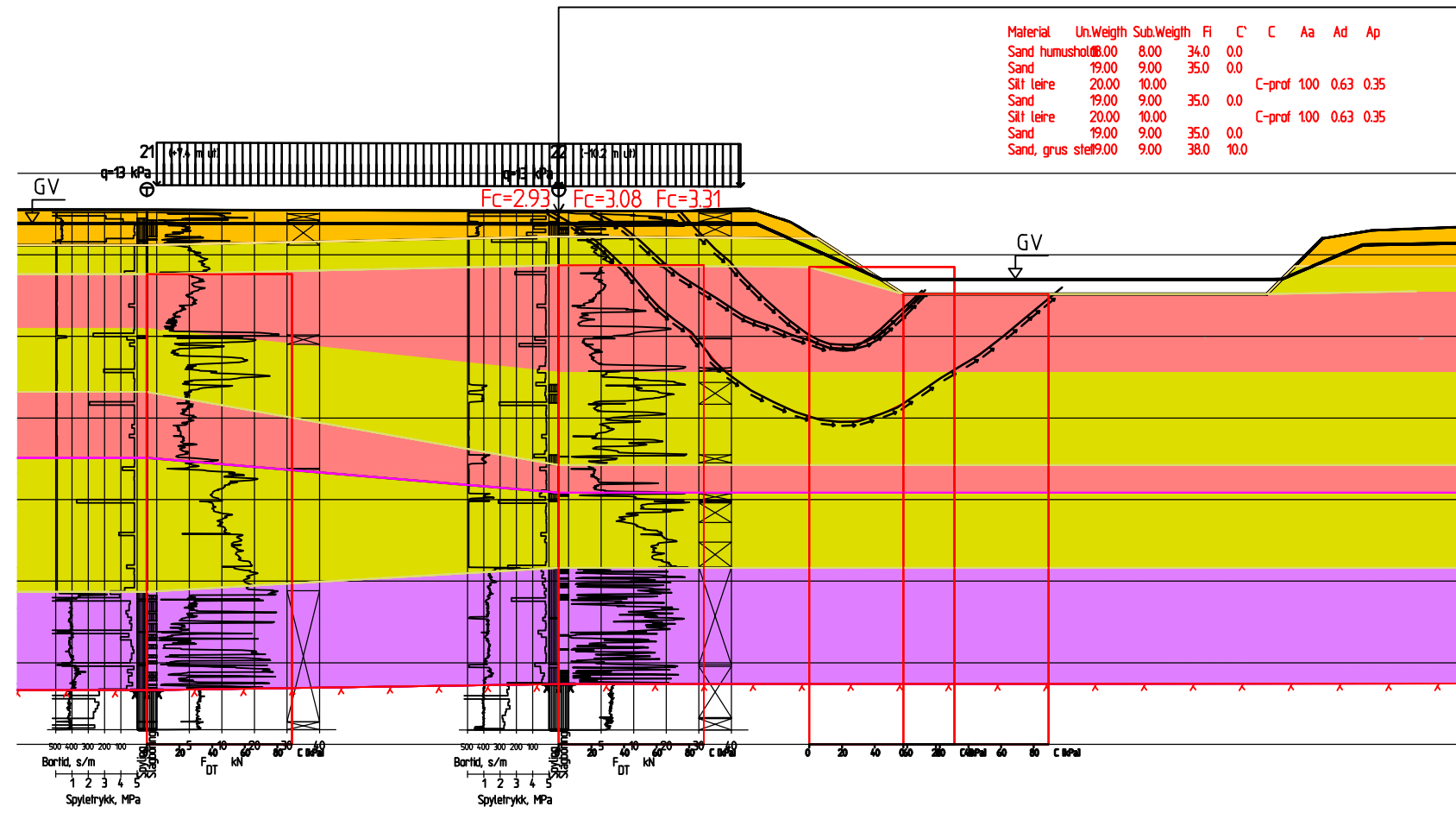
Fag RIG    Format A3

Dato 05.06.19

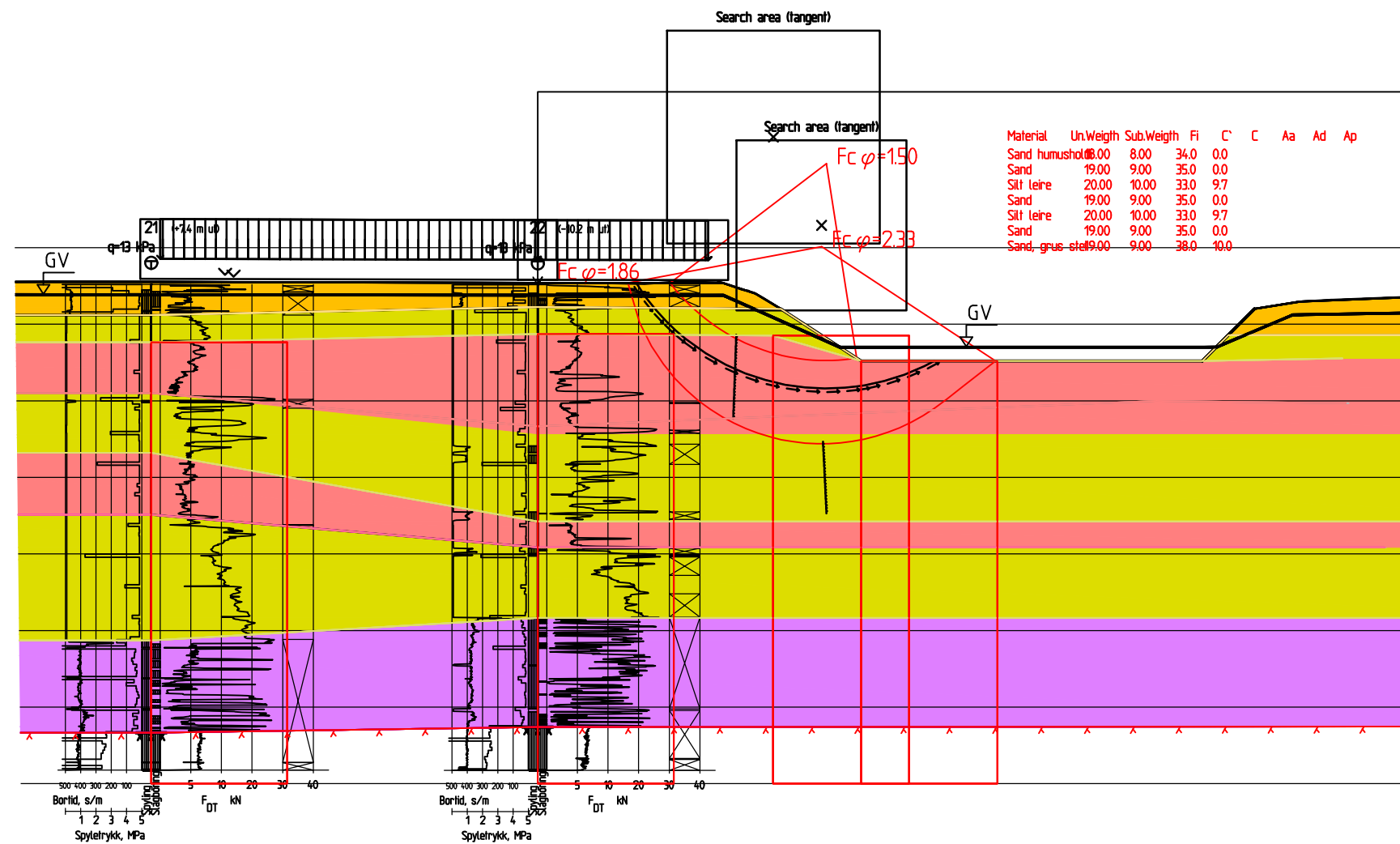
Format/Målestokk:  
1:400

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Status	Konstr./Tegnet /JSB	Kontrollert ABR	Godkjent MFM
Oppdragsnr. 10208907	Tegningsnr. RIG-TEG-805	Rev. 01	



STATENS VEGVESEN		Fag	Format
E39 SKIPENES BRU		RIG	A3
Profil B-B		Dato	
Riggområde mot Eidselva, faresone Øyane		16.05.19	
Udrenert, ADP-analyse		Format/Målestokk:	
		1:400	
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet /JSB	Godkjent
	Oppdragsnr.	Kontrollert ABR	MFM
10208907	Tegningsnr.	RIG-TEG-806	Rev.
			00



STATENS VEGVESEN		Fag	Format
E39 SKIPENES BRU		RIG	A3
Profil B-B		Dato	
Riggområde mot Eidselva, faresone Øyane		05.06.19	
Drenert, AØ-analyse		Format/Målestokk:	
		1:400	
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
	Foreløpig	/JSB	ABR
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
	10208907	RIG-TEG-807	MFM
			Rev.
			01

---

## RAPPORTVEDLEGG

# E39 Skipenes bru

---

OPPDRAGSGIVER

Statens vegvesen Region Vest

## VEDLEGG A

EMNE

Geoteknisk utredning av områdestabilitet

DOKUMENTKODE: 10201070-RIG-RAP-001

---

## Utredning av faresoner: Vurdering for løсне- og utløpsområder

### Innhold

1	<b>Innledning</b> .....	2
2	<b>Generelt</b> .....	2
	2.1 Terminologi .....	2
	2.2 Skredtyper .....	2
	2.3 Løснеområder .....	4
	2.4 Utløpsområder .....	5
3	<b>Faresoner</b> .....	6
	3.1 Faresone Skipenes .....	7
	3.2 Faresone Stovehaugen .....	8
	3.3 Faresone Øyane .....	9
	3.4 Næringsområdet sør-vest for brua .....	10
4	<b>Referanser</b> .....	10

Multiconsult

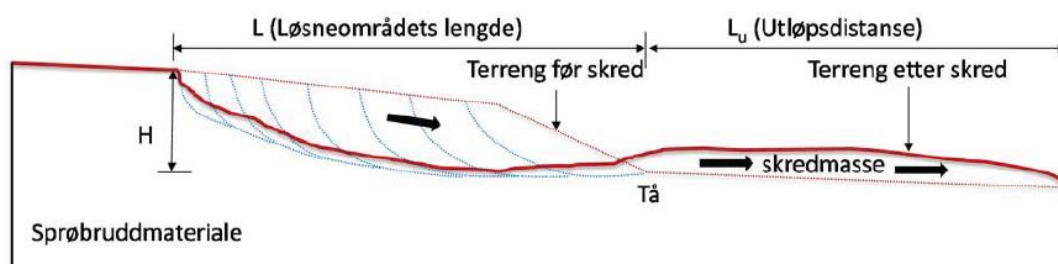
## 1 Innledning

Dette dokumentet er vedlegg til rapport 10208907-RIG-RAP-001 Geoteknisk utredning av områdestabilitet. Dokumentet har til hensikt å gi mer informasjon knyttet til vurdering av løsne- og utløpsområde for faresoner identifisert i forbindelse med utredning for ny Skipenes bru.

## 2 Generelt

### 2.1 Terminologi

I Figur 1 er det presentert en prinsippskisse for løsneområde og utløpsområde for et områdeskred.



Figur 2.1 Prinsippskisse for løsneområde og utløpsdistanse

Figur 1 Terminologi knyttet til områdeskred i NIFS rapport 14-2016 [1]

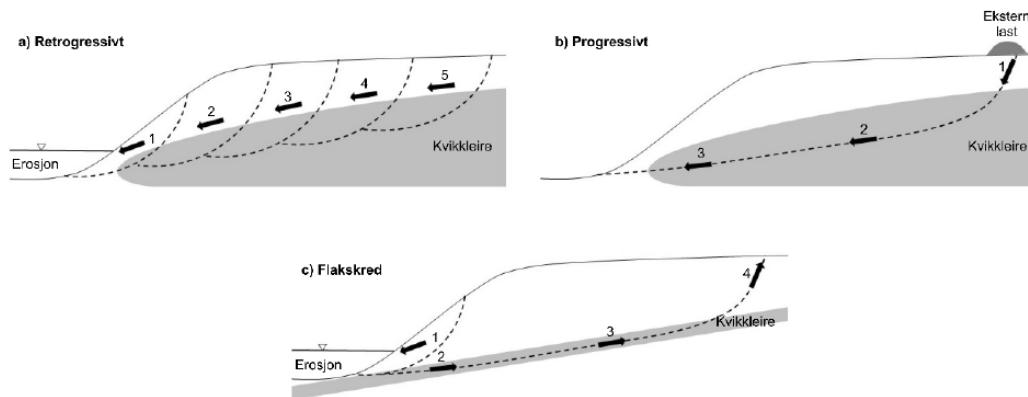
### 2.2 Skredtyper

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i en sone kan få.

For avgrensning av løsneområde er det flere sannsynlige skredtyper:

Et **retrogressivt skred** karakteriseres ved serie av hurtig bakovergripende skred. Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressivt skred blir ofte utløst ved et monolittisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

Betegnelsen **progressivt skred** benyttes ifølge SVV HB V220 [2] om «flakskred der skredet sprer seg bakover langs et tynt kvikkleirelag, eller fremover i en kvikkleireavsetning som følge av grunnbrudd utløst av lokale tiltak (f.eks. fyllinger).»



Figur 4-3 a) Retrogressivt skred b) Fremovergripende progressivt skred c) Bakovergripende progressivt skred. Modifisert fra Helle et al. (2018).

Figur 2 Illustrasjon av ulike skredtyper knyttet til kvikkleire, fra SVV HB V220 [2]

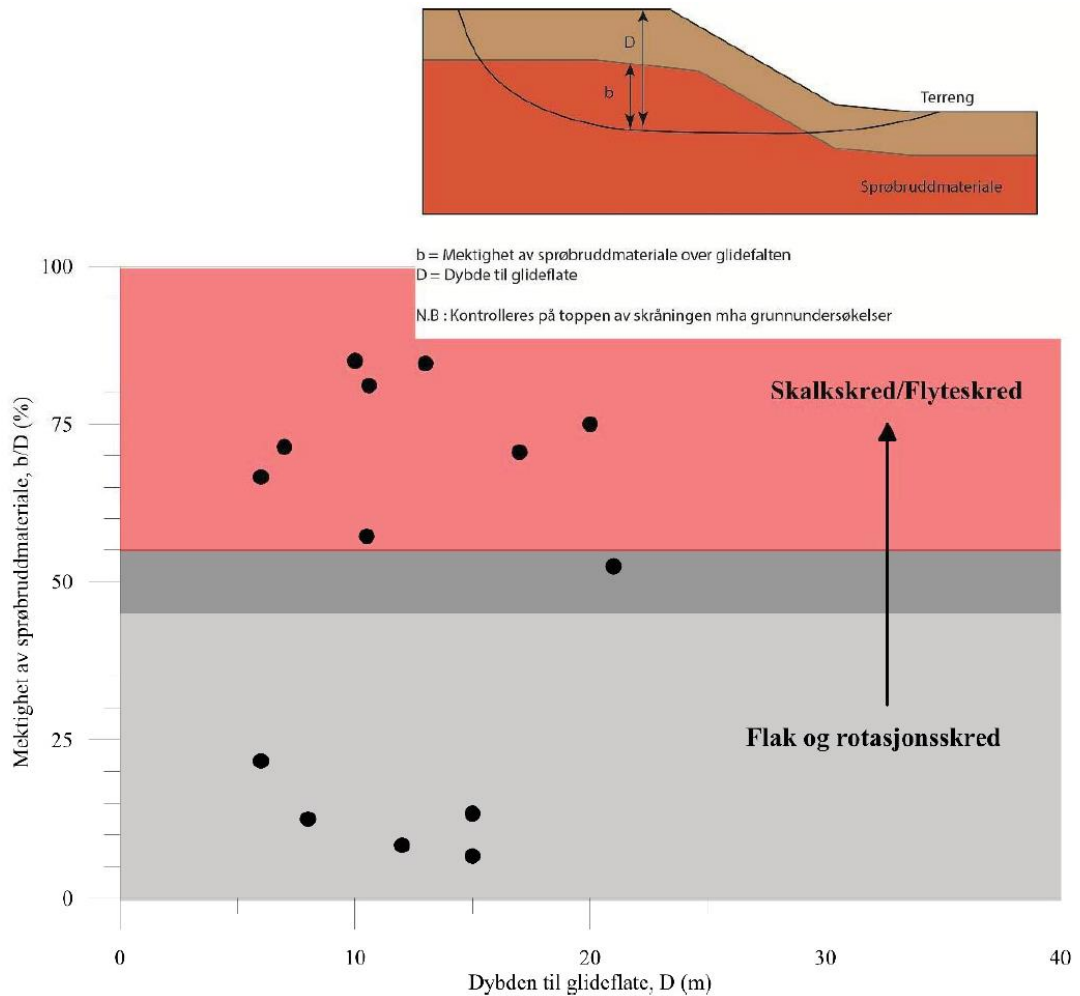
Risiko for retrogressiv og progressiv skredutvikling vil for dette tiltaket være knyttet til potensiell erosjon langs Eidselva, ukontrollert utfylling i nærheten av skråningstopp ved elva og/eller økt poretrykk i forbindelse med peling eller andre poretrykksoppbyggende aktiviteter. Et progressivt skred kan dessuten utløses ved ukontrollert utfylling i bakkant av tiltaksområdet, og kan da involvere tiltaket enten som en del av selve løsneområdet eller som en del av utløpsområdet for skredet.

For vurdering av sannsynlig opptredende skredtype vises det til kapittel 6.4 i NIFS rapport 14-2016 [1], se utdrag av kriterier i følgende punkter og Figur 3:

- Retrogressive skred: Opptrer når mektighet av kvikkleire/sprøbruddmateriale er mer enn 40% i forhold til dybde til kritisk glideflate
- Flaskskred: Opptrer typisk hvor sprøbruddmateriale ligger i lag tilnærmet parallelt med terrengoverflaten og/eller fjell. Mektighet av sprøbruddmateriale er typisk veldig lav.
- Rotasjonsskred uten videre retrogressiv skredutvikling: Mektighet sprøbruddmateriale mindre enn 40% i forhold til dybde til kritisk glideflate.

For vurdering av aktuell skredtype for de ulike løsneområdene, er disse kriteriene lagt til grunn.



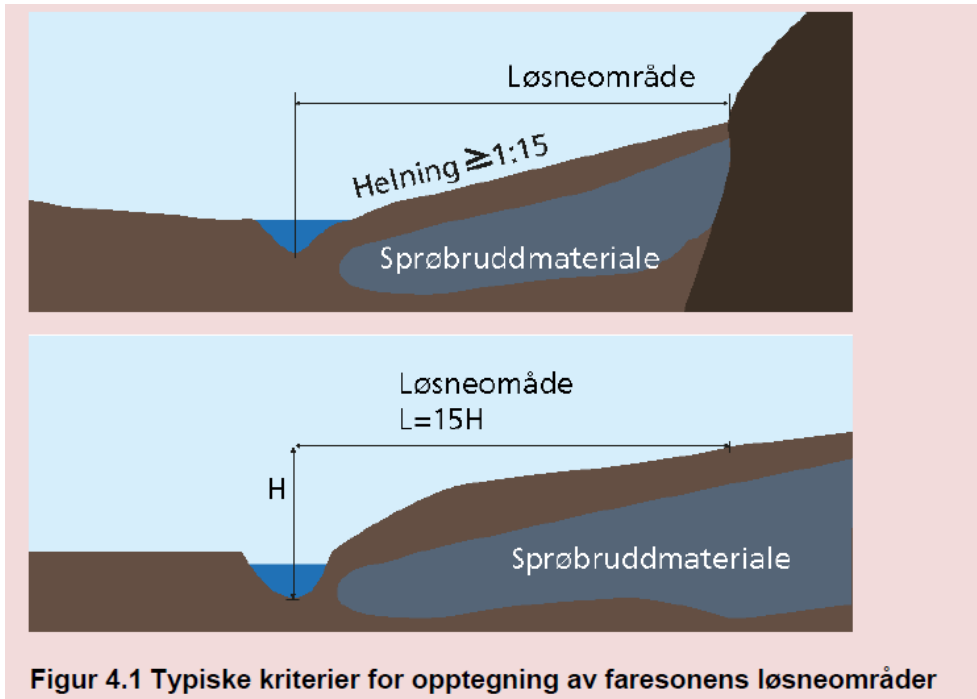


Figur 3 Mektighet av sprøbruddmateriale mot dybde til glideflate i NIFS rapport 14-2016 [1]

### 2.3 Løsneområder

Løsneområdet vil typisk avgrenses av gunstige grunnforhold, f.eks. påvist ikke tilstedeværelse av sprøbruddmateriale eller berg i dagen. Det grunnforholdene ikke gir grunnlag for å avgrense løsneområdet er vurderingen av løsneområdets geometri basert på anbefalinger i NVE veileder 7-2014 [3], se Figur 4:

- Høydeforskjell mellom topp og bunn skråning er større enn 5 meter
- Terrenghelningen er større enn 1:15 for jevnt hellende terreng
- Maksimal utstrekning av løsneområdet er lik 15 ganger skråningshøyde i ravinert terreng

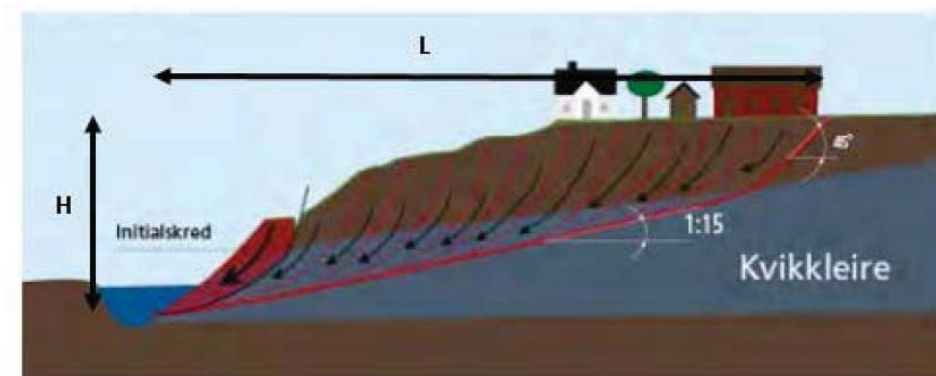


**Figur 4.1** Typiske kriterier for opptegning av faresonens løsneområder

Figur 4 Kriterier for opptegning av løsneområder fra NVE 7-2014

NIFS rapport 14-2016 [1] definerer videre at det er helning gjennom selve laget med sprøbruddmateriale som er kritisk for områdestabiliteten, se Figur 5:

- Mer enn 5 meter høydeforskjell fra bunn til topp skråning
- Brattere helning enn 1:15 gjennom lag med kvikkleire/sprøbruddmateriale



Figur 1: Prinsippskisse som viser 1:15 kriteriet for bestemmelse av løsneområdet (L) basert på høydeforskjellen mellom skråningstø og bakkanten av et eventuelt skred (H). (fra NVE)

Figur 5 Prinsippskisse for vurdering av løsneområdets utbredelse fra NIFS rapport 14-2016 [1]

## 2.4 Utløpsområder

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utløpsdistansen av et områdeskred. Det avhenger svært mye av lokale forhold og leirens egenskaper.

Vår vurdering av utløpsdistanse baserer seg på NIFS rapport 14/2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred» [1]. Det er ikke foretatt volumberegninger. Følgende forenklete sammenheng er benyttet for beregning av utløpsdistanse:

**Ved retrogressive skred i kanalisert terreng:**

Utløpsdistanse=3\*Løsnedistanse

**Ved retrogressive skred i åpent terreng:**

Utløpsdistanse=1,5\*Løsnedistanse

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

**3 Faresoner**

For vurdering av utbredelse av faresoner er det tegnet opp en del hjelpeprofiler. Plantegning over hjelpeprofiler er vist for hver faresone, se Figur 7, Figur 10 og Figur 12.

Faresoner er klassifisert som lav faregrad, middels faregrad eller høy faregrad ettersom hvilken score faresonen har.

- Faregradklasse lav: Poengsum 0-17
- Faregradklasse middels: Poengsum 18-25
- Faregradklasse høy: Poengsum 26-51

Faregraden evalueres basert på et poengsystem med vektning, som vist i Tabell 1.

Tabell 1 Evaluering av faregrad

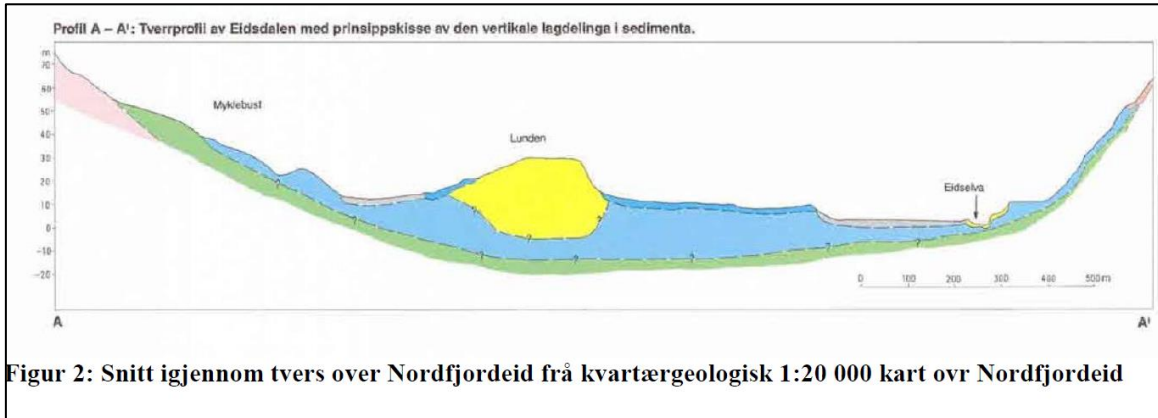
Faktorer		Vektet tall	Faregrad, score			
			3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet		1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter		2	>30	20-30	15-20	<15
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)		2	1.0-1.2	1.2-1.5	1.5-2.0	>2.0
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk
	Undertrykk, kPa:	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)	
Kvikkleiremektighet		2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet		1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon		3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen
Inngrep	Forverring	3	Stor	Noe	Liten	
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Sum			51	34	17	0
% av maksimal poengsum			100 %	67 %	33 %	0 %



### 3.2 Faresone Stovehaugen

Det kan ikke utelukkes forekomst av sprøbruddmateriale i / under kollen basert på grunnundersøkelser. Borleder rapporterte om finkornige løsmasser på borstang, og sonderinger alene kan ikke utelukke tilstedeværelse av lag med sprøbruddmateriale.

Datarapport fra SVV [4] viser en prinsippskisse av et snitt gjennom Nordfjordeid som støtter opp under denne antakelsen, se Figur 8.

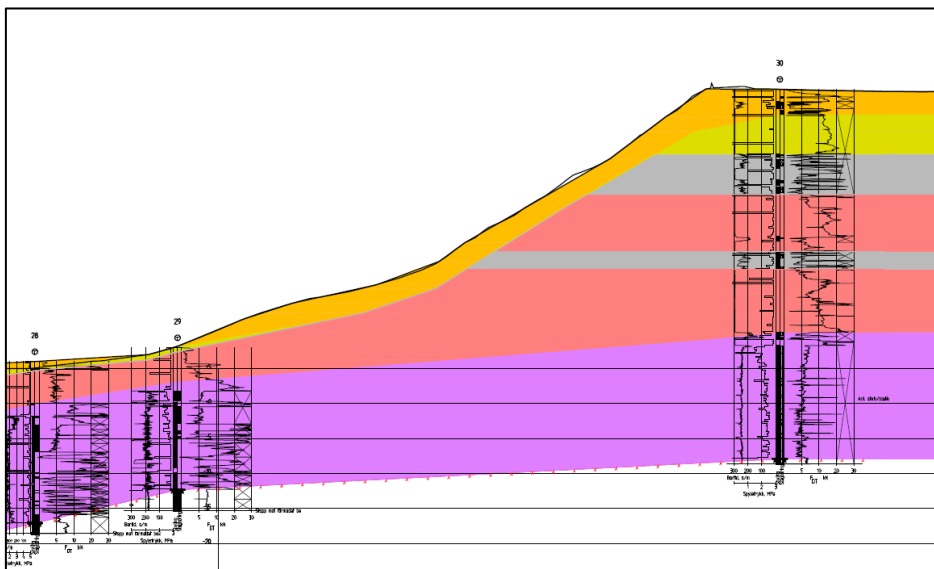


**Figur 2:** Snitt igjennom tvers over Nordfjordeid fra kvartærgeologisk 1:20 000 kart over Nordfjordeid

*Figur 8 Snitt gjennom Eidsdalen med prinsippkisse av vertikal lagdeling, fra geoteknisk datarapport 30452-GEOT-1 [4]*

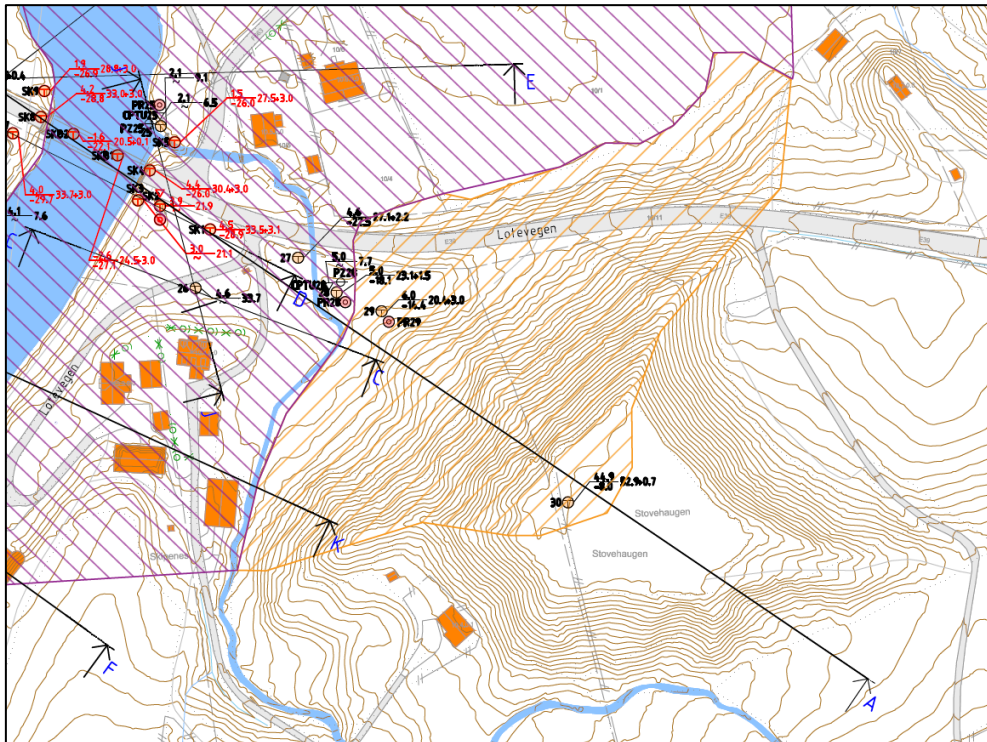
For avgrensning av løsneområdet er det benyttet kriterium om minimum 1:15 helning i antatt sprøbruddmateriale. Figur 9 viser et snitt gjennom Stovehaugen. Basert på helningskriteriet strekker løsneområdet seg langt bakover i løsmassekollen, og løsneområdet er derfor antatt begrenset av lokale «rygger» på kollen, se Figur 10.

Utløpsområdet er grovt skissert opp med antatt lengde = 1.5-3 x løsneområdets lengde. Basert på høydeforskjell mellom elvebunnen og elvebredden er det antatt at skredmassene ikke flyter utover næringsområdet på motsatt side av elven, men vil følge elven et stykke nedstrøms. Det bemerkes at dette er en grov skisse, og at det ikke er utført noen volumberegning som støtter oppunder antakelsen.



*Figur 9 Utsnitt fra tegning 10208907-RIG-TEG-700. Profil A-A viser et snitt gjennom Stovehaugen*





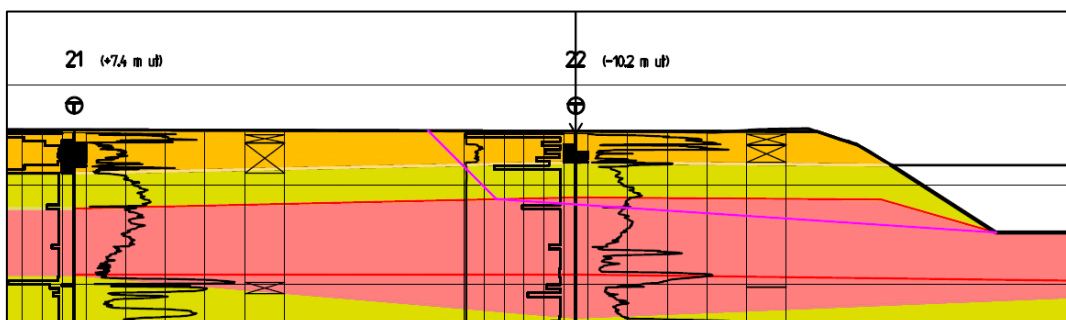
Figur 10 Faresone Stovehaugen med hjelpeprofiler. Løsneområde for faresone Stovehaugen er avgrenset av løsmasseryggene.

### 3.3 Faresone Øyane

For avgrensning av løsneområdet er det benyttet kriterium om minimum 1:15 helning i antatt sprøbruddmateriale, se Figur 11. Oppstrøms og nedstrøms riggområdet er løsneområdet avgrenset basert på manglende høydeforskjell (< 5 meter). Figur 12 viser avgrenset faresone.

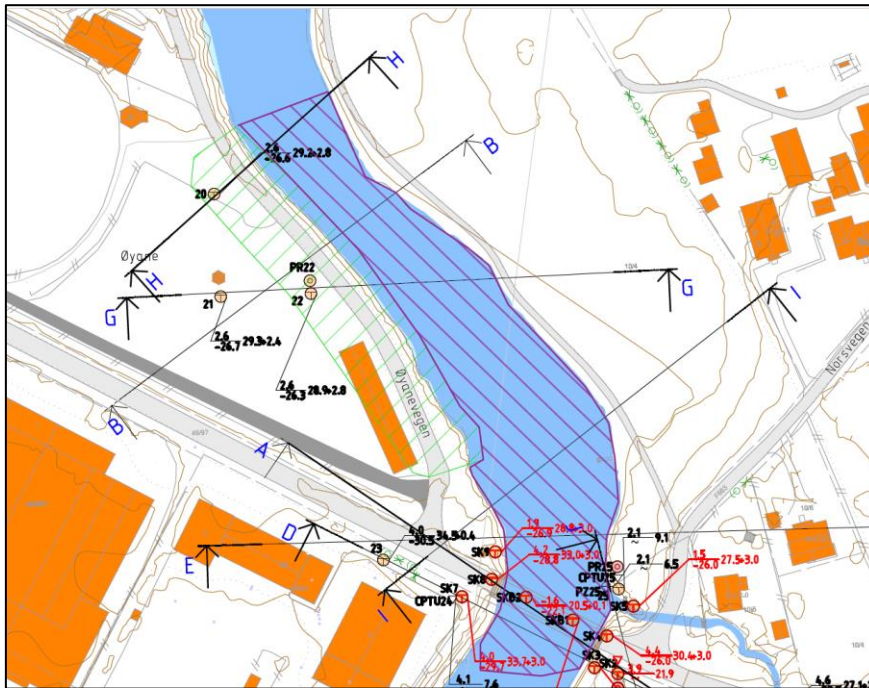
Det påpekes at det er stor usikkerhet knyttet til topografi av elvebunn, da denne er basert på antakelser om at det kan være en dypere lomme like utenfor riggområdet, se kapittel 2.1 i hovedrapporten. Dersom elvebunnen ligger grunnere utenfor riggområdet vil det ikke være potensiale for løsneområde basert på kriterium om minimum høydeforskjell 5 meter. Faresonen vil således bortfalle.

Utløpsområdet er grovt skissert opp med antatt lengde = 1.5-3 x løsneområdets lengde. Basert på høydeforskjell mellom elvebunnen og elvebredden er det antatt at skredmassene ikke flyter utover jordbruksområdet på motsatt side av elven, men vil følge elven et stykke nedstrøms. Det bemerkes at dette er en grov skisse, og at det ikke er utført noen volumberegning som støtter oppunder antakelsen.



Figur 11 Utsnitt fra tegning 10208907-RIG-TEG-701. Profil B-B viser et snitt gjennom riggområde på Øyane med løsneområde skissert med rosa linje.

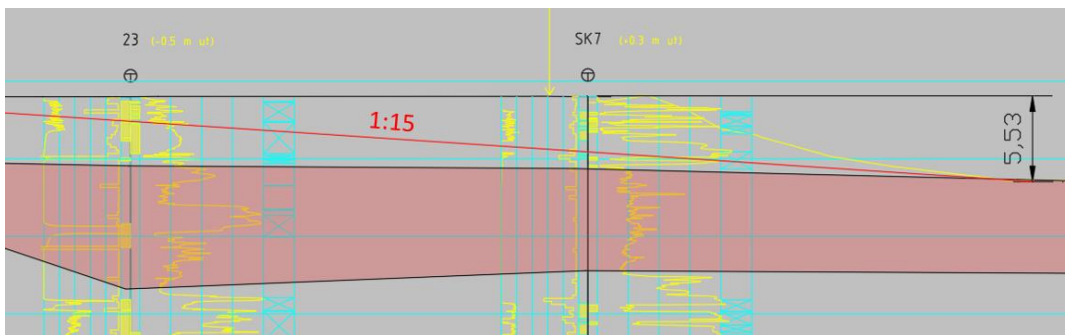




Figur 12 Faresone øyane med hjelpeprofiler.

### 3.4 Næringsområdet sør-vest for brua

For næringsområdet sør-vest for brua er det vurdert at antatt sprøbruddmateriale ligger for dypt til at det er potensiale for områdeskred, se Figur 13.



Figur 13 Hjelpesprofil D-D viser et snitt nedstrøms brua

## 4 Referanser

- [1] Naturfare Infrastruktur Flom Skred (NIFS), «Naturfareprosjektet: Dp. 6 Kvikkleire. "Rapport nr 14-2016. Metode for vurdering av løsne – og utløpsområder for områdeskred",» Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2016.
- [2] Statens vegvesen, «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» Jun. 2014.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder nr. 7-2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred,» Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2014.
- [4] Statens vegvesen, «30452-GEOT-1 E39 Skipenes bru, Geoteknisk datarapport,» 2018.

# RAPPORTVEDLEGG

## E39 Skipenes bru

# VEDLEGG B

OPPDRAGSGIVER

Statens vegvesen Region Vest

EMNE

Geoteknisk utredning av områdestabilitet

DOKUMENTKODE: 10201070-RIG-RAP-001 rev01

## Følsomhetsanalyse for stabilitetsberegninger

### Innhold

1	Innledning .....	2
2	Følsomhetsanalyse .....	2
2.1	Generelt .....	2
2.2	Resultater .....	2
2.2.1	Grunnvann .....	2
2.2.2	Lagdelling .....	3
2.2.3	Last .....	4
2.2.4	Udrenert skjærstyrke .....	5

Multiconsult

## 1 Innledning

Det er utført supplerende sensitivitetsanalyser for de ulike stabilitetsberegningene. Dette avdekker hvilke innvirkning spesifikke endringer på modellinput har på skråningsstabiliteten. Utgangspunktet er de kritiske skjærflatene beskrevet på tegning -800 til -807.

Dette vedlegget oppsummerer resultatene fra følsomhetsanalysene og benyttes som en del av vurderingsgrunnlaget i rapport 10208907-RIG-RAP-001.

I revisjon 01 er kohesjon justert i stabilitetsberegningene utført i GeoSuite. Verdi for kohesjon benyttet i rev.00 var høyere enn den skulle vært, og justering av kohesjonen medfører derfor en lavere partialfaktor for kritiske skjærflater i drenert tilstand.

## 2 Følsomhetsanalyse

### 2.1 Generelt

Det er valgt å fokusere på sensitiviteter som; grunnvannsnivå, lagdeling, laster og udrenert skjærstyrke. Resultatene fra følsomhetsanalysen er gjengitt i Tabell 1 til Tabell 4.

Grunnlaget for modell benyttet i GeoSuite er som beskrevet i kapittel 6 i rapport 10208907-RIG-RAP-001. Endringer i modell som er spesifikk for de ulike følsomhetsanalysene angis i foreliggende vedlegg.

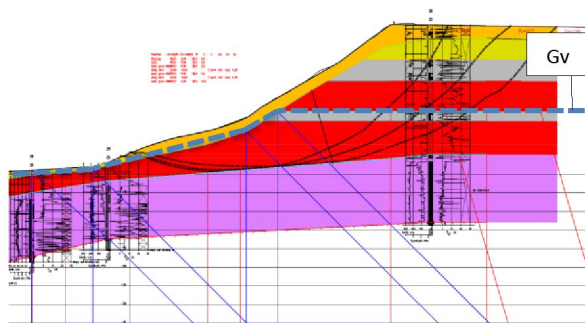
### 2.2 Resultater

#### 2.2.1 Grunnvann

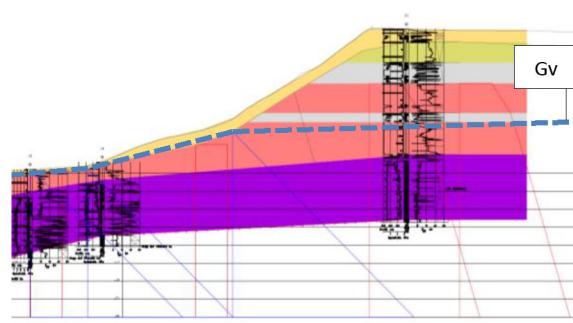
Det er foretatt følsomhetsanalyser av ulike nivåer for grunnvann i GeoSuite modellene. Grunnvannsnivået ved Stovehaugen er som et utgangspunkt konservativt antatt å ligge relativt høyt, se Figur 1. Grunnvannsnivå tilsvarer topp terreng i bakkant (øst) for topp Stovehaugen, og antas å holde samme nivå tvers gjennom løsmassekollen og til terrengoverflate på den vestvendte siden av Stovehaugen. I følsomhetsanalysen er grunnvannsnivået noe senket, se Figur 2.

For grunnvannsnivået lokalt ved Skipenes bru (østlig landkar) er utgangspunktet en antagelse om at grunnvannet går fra kote minus 1,5 (lavvann med 20 års gjentakintervall) til et nivå tilsvarende 0,8 m under terreng ved landkar. Antagelsen er konservativ, og det er knyttet usikkerhet til hvor mye tidevannet kan påvirke vannstanden i elva. Ved følsomhetsanalysen er det vurdert et tilfelle hvor vannnivå i Eidselva ligger på kote 1,27 (Høyvann med 1 års gjentakintervall) og går videre til et nivå tilsvarende 0,8 m under terrengnivå ved landkar, se Figur 3. I et annet tilfelle antas jevnt stigende fra kote minus 1,5 i Eidselva til terrengnivå ved fot av Stovehaugen, se Figur 4.

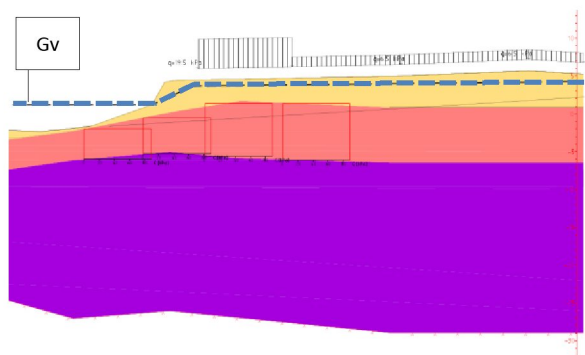
Resultater for følsomhetsanalyse grunnvann er gjengitt i Tabell 1.



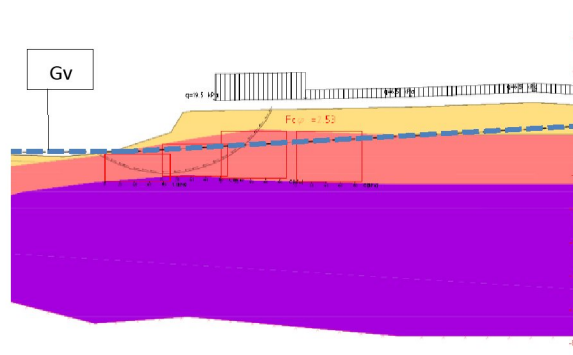
Figur 1: Konservativt utgangspunkt for grunnvannstand i Stovehaugen. Utgangspunkt for kritisk partialfaktor gitt i 10208907-RIG-RAP-001.



Figur 2: Justert grunnvannstand i Stovehaugen for følsomhetsanalyse. Utgangspunkt for partialfaktor for følsomhetsanalyse gitt i Tabell 1.



Figur 3: Justert grunnvannstand lokalt ved Skipenes bru. Grunnvann 0,8 m under terreng ved landkar og tilsvarende kote 1,27 i Eidselva (Høyvann med 1 års gjentakintervall).



Figur 4: Justert grunnvannstand lokalt ved Skipenes bru. Grunnvann jevnt stigende fra kote minus 1,5 i Eidselva (Lavvann med 20 års gjentakintervall) til terrengnivå ved fot Stovehaugen.

Tabell 1: Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegninger i GeoSuite. Følsomhetsanalyse for grunnvannsnivå.

Tegning nr.	Partialfaktor Utgangspunkt	Partialfaktor Følsomhetsanalyse	Merknad
10208907-RIG-TEG-800	1,01	1,01	Figur 2
10208907-RIG-TEG-801	1,40	1,46	Figur 2
10208907-RIG-TEG-802	1,52	1,56	Figur 2
10208907-RIG-TEG-803	1,66	1,76	Figur 2
10208907-RIG-TEG-804	2,57	2,59	Figur 4
10208907-RIG-TEG-805	1,52	1,73	Figur 3

### 2.2.2 Lagdeling

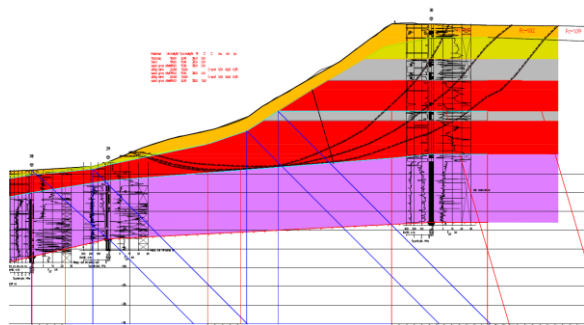
Det er foretatt følsomhetsanalyse hvor lagdelingen benyttet i løsmassekollen Stovehaugen er justert. Utgangspunktet for modellen i GeoSuite er en konservativ antagelse av at en større andel av massene i Stovehaugen består av siltig leire, se Figur 5. Totalsondering fra Stovehaugen viser variasjoner i motstand som kan indikere fastere lagrede masser, men grunnet opptredende

stangfriksjonen fra dype borer i frisksjonsmasser samt observasjon av finstoffholdige masser på borstengene, kan det ikke utelukkes at registrert motstand reelt er lavere enn det boringen viser.

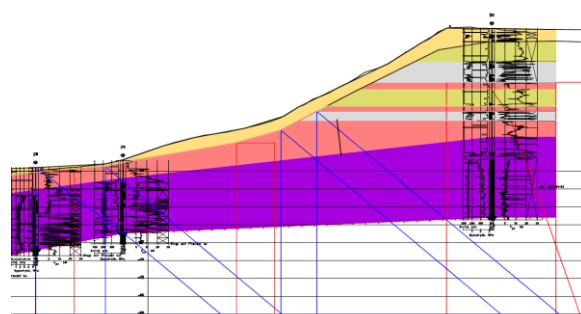
Det ble laget en mindre konservativ lagdeling i GeoSuite hvor andelen siltig leire ble redusert og erstattet med masser av sand, se Figur 6.

For området lokalt ved Skipenes bru er det ikke foretatt justering av lagdeling i modell.

Resultater for følsomhetsanalyse av lagdeling er gjengitt i Tabell 2.



Figur 5: Utgangspunkt for lokal lagdeling i Stovehaugen og sikkerhet gitt i 10208907-RIG-RAP-001. Lagdelingen er konservativ og tar hensyn til at det kan finnes seg betydelige mektigheter med siltig leire i løsmassekollen.



Figur 6: Justert lagdeling hvor andel siltig leire i Stovehaugen er redusert og erstattet med masser av sand. Dette utgjør en mindre konservativ lagdeling og er utgangspunkt for sikkerhet gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegninger i GeoSuite. Følsomhetsanalyse for lagdeling.

Tegning nr.	Partialfaktor Utgangspunkt	Partialfaktor Følsomhetsanalyse	Merknad
10208907-RIG-TEG-800	1,01	1,08	
10208907-RIG-TEG-801	1,40	1,42	
10208907-RIG-TEG-802	1,52	1,68	
10208907-RIG-TEG-803	1,66	1,71	
10208907-RIG-TEG-804	-	-	-
10208907-RIG-TEG-805	-	-	-

### 2.2.3 Last

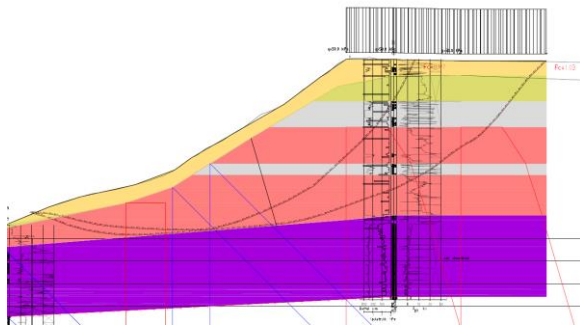
Det er foretatt følsomhetsanalyser hvor ytre belastning i ugunstige posisjoner er vurdert. Dette for å gi en forståelse av hvor sensitiv de lokale skjærflatene er for belastning.

For lokale skjærflater ved Stovehaugen er det blitt påført ulike laster ved toppen av løsmassekollen. Selve skråningen antas for bratt til å generere større snølaste, og eventuell lastpåførsel ved fot av skråningen gir et positivt bidrag til stabiliteten.

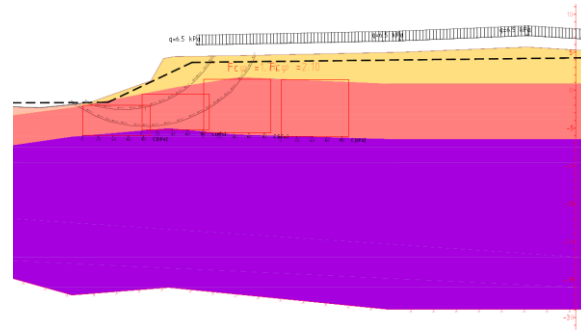
Lang skjærflate fra topp Stovehaugen til Skipenes bru har også blitt påført ulike laster ved toppen av løsmassekollen. Belastning fra fot av Stovehaugen og mot Skipenes bru gir positivt bidrag til stabiliteten og er ikke tatt med.

Lokalt ved Skipenes bru er sikkerhet vurdert når grunnen ikke er belastet, og når det bare opptrer en jevnt fordelt terreglast.

Resultater for følsomhetsanalyse av lagdeling er gjengitt i Tabell 3.



Figur 7: Utgangspunkt for følsomhetsanalyse lokalt ved Stovehaugen, og for lang skjærflate fra Stovehaugen og til Skipenes bru. Det er påført last ved topp, resultater som angitt i Tabell 3.



Figur 8: Utgangspunkt for følsomhetsanalyse lokalt ved Skipenes bru. Det er utført beregninger hvor hele lasten er antatt å være  $q=6,5$  kPa, og tilfelle hvor terrenget ikke påføres last, resultater som angitt i Tabell 3

Tabell 3: Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegninger i GeoSuite. Følsomhetsanalyse for laster.

Type	Tegning nr.	Sikkerhetsfaktor			Merknad		
		1,01	1,01	0,98	q=6,5	q=26	q=50
Last	10208907-RIG-TEG-800	1,40	1,39	1,38	q=6,5	q=13	q=26
	10208907-RIG-TEG-801	1,52	1,51	1,50	q=6,5	q=13	q=26
	10208907-RIG-TEG-802	1,66	1,65	1,64	q=6,5	q=13	q=26
	10208907-RIG-TEG-803	3,01	2,86	-	q=0	q=6,5	-
	10208907-RIG-TEG-804	1,59	1,57	-	q=0	q=6,5	-
	10208907-RIG-TEG-805						

#### 2.2.4 Udrenert skjærstyrke

Det er foretatt følsomhetsanalyse hvor den udrenerte skjærstyrken i Stovehaugen er variert. Øvrige skjærstyrkeprofiler i GeoSuite-modellen er ikke blitt variert da verdien er bestemt ut i fra felt- og laboratorieundersøkelser. Figur 9 og Figur 10 viser beregningene for de to skjærstyrkeprofilene benyttet i GeoSuite-modellen i Stovehaugen.

Resultater for følsomhetsanalyse av lagdeling er gjengitt i Tabell 4.



Utgangspunkt - Su Profil 1										
Sjikt	Tyngdetetthet	Kote	sig v	0,25*sig_v	0,275*sig_v	0,28*sig_v	0,288*sig_v	0,3*sig_v	0,313*sig_v	0,325*sig_v
Topplag	18	45,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	18	39,3	102,78	25,70	28,26	28,78	29,55	30,83	32,12	33,40
Sand	19	39,3	102,78	25,70	28,26	28,78	29,55	30,83	32,12	33,40
	19	35,7	171,37	42,84	47,13	47,98	49,27	51,41	53,55	55,70
Sand, grus og stein 1	19	35,7	171,37	42,84	47,13	47,98	49,27	51,41	53,55	55,70
	19	29,9	281,19	70,30	77,33	78,73	80,84	84,36	87,87	91,39
Siltig leire 1	20	29,9	281,19	70,30	77,33	78,73	80,84	84,36	87,87	91,39
	20	21,7	444,59	111,15	122,26	124,49	127,82	133,38	138,93	144,49
Sand, grus og stein 2	9	21,7	444,59	111,15	122,26	124,49	127,82	133,38	138,93	144,49
	9	19,2	467,36	116,84	128,52	130,86	134,37	140,21	146,05	151,89
Siltig leire 2	10	19,2	467,36	116,84	128,52	130,86	134,37	140,21	146,05	151,89
	10	9,2	567,36	141,84	156,02	158,86	163,12	170,21	177,30	184,39
Sand, grus og stein 3	9	9,2	567,36	141,84	156,02	158,86	163,12	170,21	177,30	184,39
	9	-35,0	965,16	241,29	265,42	270,24	277,48	289,55	301,61	313,68

Figur 9: Beregnet udrenert skjærstyrke for  $c_{uA}$ -profil 1 Stovehaugen i GeoSuite modell.

Utgangspunkt - Profil 2										
Sjikt	Tyngdetetthet	Kote	sig v	0,25*sig_v	0,275*sig_v	0,28*sig_v	0,288*sig_v	0,3*sig_v	0,313*sig_v	0,325*sig_v
Topplag	18	45,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	18	39,3	102,78	25,70	28,26	28,78	29,55	30,83	32,12	33,40
Sand	19	39,3	102,78	25,70	28,26	28,78	29,55	30,83	32,12	33,40
	19	35,7	171,37	42,84	47,13	47,98	49,27	51,41	53,55	55,70
Sand, grus og stein 1	19	35,7	171,37	42,84	47,13	47,98	49,27	51,41	53,55	55,70
	19	29,9	281,19	70,30	77,33	78,73	80,84	84,36	87,87	91,39
Siltig leire 1	20	29,9	281,19	70,30	77,33	78,73	80,84	84,36	87,87	91,39
	20	21,7	444,59	111,15	122,26	124,49	127,82	133,38	138,93	144,49
Sand, grus og stein 2	9	21,7	444,59	111,15	122,26	124,49	127,82	133,38	138,93	144,49
	9	19,2	467,36	116,84	128,52	130,86	134,37	140,21	146,05	151,89
Siltig leire 2	10	19,2	467,36	116,84	128,52	130,86	134,37	140,21	146,05	151,89
	10	10,2	557,06	139,27	153,19	155,98	160,15	167,12	174,08	181,04
Sand, grus og stein 3	9	10,2	557,06	139,27	153,19	155,98	160,15	167,12	174,08	181,04
	9	-35,0	964,13	241,03	265,14	269,96	277,19	289,24	301,29	313,34

Figur 10: Beregnet udrenert skjærstyrke for  $c_{uA}$ -profil 2 Stovehaugen i GeoSuite modell.

Tabell 4: Kritiske skjærflater fra stabilitetsberegninger i GeoSuite. Følsomhetsanalyse for udrenert skjærstyrke i Stovehaugen.

Type	Tegning nr.	Sikkerhetsfaktor			Merknad		
		0,89	0,93	0,97	$\alpha=0,25$	$\alpha=0,28$	$\alpha=0,30$
Udrenert skjærstyrke	10208907-RIG-TEG-800	0,89	0,93	0,97	$\alpha=0,25$	$\alpha=0,28$	$\alpha=0,30$
	10208907-RIG-TEG-801	-	-	-	-	-	-
	10208907-RIG-TEG-802	1,41	1,47	1,50	$\alpha=0,25$	$\alpha=0,28$	$\alpha=0,30$
	10208907-RIG-TEG-803	-	-	-	-	-	-
	10208907-RIG-TEG-804	-	-	-	-	-	-
	10208907-RIG-TEG-805	-	-	-	-	-	-