

Bergmesteren Raudsand AS/ Veidekke ASA

Skredfarevurdering

Raudsand

Neset kommune



Oppdragsnr.: 5168063 **Dokumentnr.:** Skredfarevurdering - 01 **Versjon:** D01
2017-11-24

Oppdragsgiver: Bergmesteren Raudsand AS/ Veidekke ASA
Oppdragsgivers kontaktperson: Vidar Aarvold
Rådgiver: Norconsult AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim
Oppdragsleder: Siv Sundgot
Fagansvarlig: Ingvar Tyssekvam
Andre nøkkelpersoner: Martine Lund Andresen

D01	2017-11-24	Skredfarevurdering, til godkjenning hos oppdragsgiver	Martine Lund Andresen	Ingvar Tyssekvam	Siv Sundgot
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Bergmesteren Raudsand AS og Veidekke ASA ønsker å etablere nytt deponi med tilhørende prosessanlegg for behandling av uorganisk farlig avfall. Norconsult er engasjert blant annet for å utføre en skredfarevurdering i forbindelse med utarbeidelse av konsekvensutredning og risiko- og sårbarhetsanalyse. Deponiet planlegges plassert i fjellhaller og prosessanlegget på fylling i sjøen ved de nedlagte gruvene på Raudsand i Nesset kommune.

Deler av prosessanlegget er definert som storulykkevirksomhet og utløser krav i første ledd i byggt teknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred». Byggverk omrammet av dette skal ikke plasseres i områder som er skredfarlige, og det forutsettes at akseptabel sikkerhet oppnås uten bruk av sikringstiltak. Herunder gjelder også sekundærvirkninger av skred, eksempelvis fjellskred med påfølgende flodbølge. Skredfarevurderingen er utført for industriområdet på fylling ved sjøen og tomt for administrasjonsbygg og følger krav i Plan- og bygningsloven med tilhørende byggt teknisk forskrift, TEK17.

Det er detektert ustabile fjellparti med potensiale til å generere flodbølger i fjordsystemet hvor Raudsand ligger. Estimert oppskyllingshøyde ved Raudsand er < 2 m og anlegget planlegges plassert på kote + 8. Et ekstremscenario der en flodbølge sammenfaller med 1000-års stormflo kan gi oppskyllingshøyde på 4,6 m. Basert på estimert oppskyllingshøyde for en eventuell fjellskredgenerert flodbølge ved Raudsand og anleggets planlagt plassering, vurderes industriområdet og ikke være utsatt for fjellskred eller sekundære virkninger av fjellskred.

Deler av industriområdet ved sjøen er av NVE definert innenfor aktsomhetsområde for jord- og flomskred samt aktsomhetsområde for steinsprang og snøskred utarbeidet av NGI. På bakgrunn av terreng og grunnforhold er området vurdert å ha akseptabel risiko for jord- og flomskred og snø- og sørpeskred. Basert på observasjoner i felt og steinsprangsimuleringer ved bruk av programvaren RocFall 4.0, Rocscience Inc. er faren for steinsprang med utløp ned på området vurdert å være begrenset til terreng i overkant av skjæring. Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype for industriområdet, og er benyttet ved fastsettelse av faresonegrenser. Vurdering av potensielle utløpslengder er basert på observasjoner i felt og steinsprangsimuleringer. Maksimal utløpslengder varierer mellom 20 og 33 m.

Faresonegrenser for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3 med krav til største årlige nominelle sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100, 1/1000 og 1/5000 er vist på vedlagt faresonekart. Virksomhet omrammet av storulykkeforskriften må plasseres utenfor faresonegrense 1/5000, sikkerhetsklasse S3, som er trukket med konstant avstand 30 m ut fra skjæringsfot. Dette vurderes å være tilfredsstillende sikkerhetsnivå for storulykkeobjekt, dette med bakgrunn i av uttalelse fra NVE i møte med deltakere fra Norconsult, Veidekke/Bergmesteren Raudsand og NVE 22.10.2017. For sikkerhetsklasse S1, S2, og S3 (uten storulykkeobjekt), er det tillatt å utføre sikringstiltak som kan øke sikkerheten til gitte områder og frigi areal ved at faresonegrensene etter tiltak kan flyttes nærmere skjæring.

Det planlegges et administrasjonsbygg plassert ved nordre utløp av tunnelen på fylkesveg 666. Det skal fjernes en del masser inn mot eksisterende berghammer for etablering av tomt til bygg og tilhørende parkering. Det forventes personopphold over 25 personer, noe som i henhold til krav i Plan- og bygningsloven med tilhørende veileder TEK17, utløser krav til sikkerhetsklasse S3 og største tillatte årlige nominelle sannsynlighet for skred 1/5000. Tomta er vurdert å ha akseptabel risiko for snø- og sørpeskred og jord- og flomskred, i henhold til nevnte krav. Det er vurdert å kunne være fare for steinsprang med utløp ned på tomt fra terreng sørvest for skjæring. Det er derfor nødvendig å trekke en faresonegrense for sikkerhetsklassene S1, S2 og S3 på denne delen av tomta. Bygget er ikke omrammet av storulykkeforskriften, det vil derfor være tillatt å utføre sikringstiltak som kan øke sikkerheten mot skred og frigi en større del av området. Ved å utføre rensk og avgraving og eventuelt bergsikring av angitt område, vurderes tomta å oppnå akseptabel risiko for alle skredtyper i henhold til krav til sikkerhetsklasse S1, S2 og S3.

Innhold

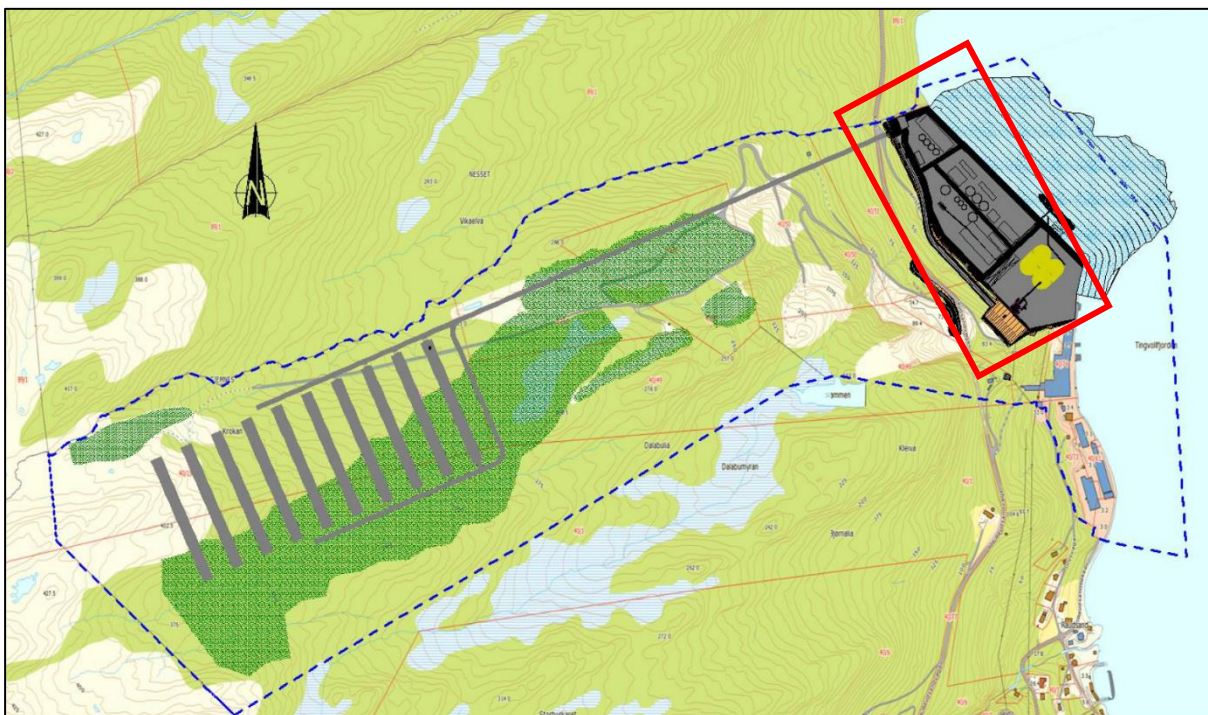
1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Gjeldende retningslinjer	7
1.3	Grunnlagsmateriale	8
1.4	Utførte undersøkelser	8
1.5	Aktsomhetskart for skred	9
1.6	Ustabile fjellparti	9
2	Grunnforhold og beskrivelse av området	11
2.1	Områdebeskrivelse	11
2.1.1	Registreringskart	11
2.2	Helningskart	12
2.3	Berggrunn	13
2.4	Løsmasser	13
2.5	Registrerte historiske hendelser	14
2.6	Eksisterende skredfarevurderinger	15
3	Terrengendring ved etablering av anlegg.	16
4	Skredfarevurdering for industriområdet	18
4.1	Snø- og sørpeskred	18
4.2	Jord- og flomskred	18
4.2.1	Håndtering av bekker og overflatevann	19
4.2.2	Vurdering av fare for jord- og flomskred	20
4.3	Steinsprang og steinskred	21
4.3.1	Vurdering av potensielle løsneområder	21
4.3.2	Steinsprangsimulering ved bruk av RocFall	25
4.3.3	Oppsummering av resultater fra steinsprangsimulering	28
4.3.4	Vurdering av fare for steinsprang	28
4.3.5	Vurdering av fare for steinskred	29
4.4	Dimensjonerende skredtype	29
4.5	Faresonekart	29
4.6	Forutsetninger for skredfarevurderingen	30
4.7	Vurdering av fare for påvirkning fra ustabile fjellparti	30
5	Oppsummering av skredfarevurdering for industriområdet	31

6	Skredfarevurdering for administrasjonsbygg	32
6.1	Områdebeskrivelse	32
6.2	Skredfarevurdering	33
6.2.1	Snø- og sørpeskred	33
6.2.2	Jord- og flomskred	33
6.2.3	Steinsprang	33
6.2.4	Dimensjonerende skredtype og faresonegrenser	33
7	Innspill til videre prosjekteringsarbeid	34
8	Referanser	35
	Vedlegg	36

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

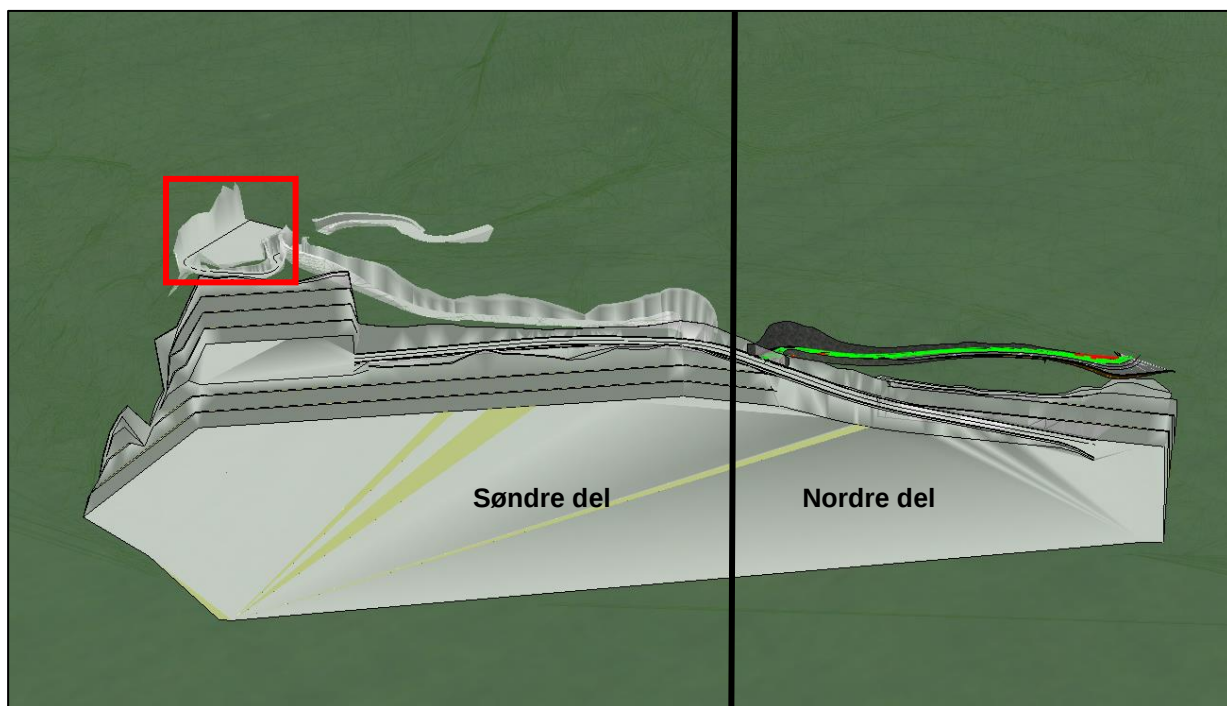
Veidekke ASA/Bergmesteren Raudsand AS ser på muligheten for å etablere et deponi med tilhørende prosessanlegg for behandling av uorganisk farlig avfall på fylling i sjø ved de nedlagte gruvene på Raudsand i Nesset kommune, Møre og Romsdal. Norconsult er engasjert blant annet for å utføre en skredfarevurdering i forbindelse med konsekvensutredning og risiko- og sårbarhetsanalysen som utføres i forbindelse med reguleringsplanen for området. Mottatt situasjonsplan er lagt til grunn ved avgrensning av vurdert område (Figur 1). Det vurderte området er markert med rød firkant.



Figur 1: Situasjonsplan. Blå stiplet linje viser avgrensningen av området. De vurderte partiene er industriområdet (farget grått), planlagt anleggsveg (svart strek på oversiden av vegen) samt de gamle bruddene hvor det planlegges igjenfylling.

Det påpekes at dette ikke er en vurdering av stabilitet knyttet til eksisterende underjordsanlegg, og at eksisterende situasjon er lagt til grunn for vurderingene. Utforming og sikring av planlagte utsprengte skjæringer omfattes ikke av denne rapporten.

I forbindelse med etablering av prosessanlegg og deponi foreligger planer om å utvide det eksisterende industriområdet ved å fjerne masse ved sprengning og utgraving mot fylkesveg 666. Det skal også etableres nye adkomstveger som delvis går i tosidig skjæring (Figur 2) samt sprenges ut et område i søndre del hvor et administrasjons- og forskningsbygg planlegges plassert.



Figur 2: Utsnitt av 3D-modell over området etter planlagte endringer. Området deles i en søndre og en nordre del ved vurdering av fare for steinsprang. Rød firkant markerer området hvor administrasjonsbygg planlegges plassert.

1.2 Gjeldende retningslinjer

Krav til sikkerhet som skal legges til grunn ved regulering og byggesak er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).

NVE sine retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner» beskriver hvordan skredfare bør utredes og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan brukes til å identifisere skredfareområder (NVE, 2014a). Til retningslinjene er veilederen «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak» tilknyttet, som gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivå etter PBL (NVE, 2014b).

I henhold til TEK 17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at krav til nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1.

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK 17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Virksomheten som planlegges ved Raudsand omfattes av storulykkeforskriften og første ledd i byggt teknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred». Byggverk for virksomheter som er omrammet av dette skal, som nevnt, ikke plasseres i skredfarlig område. Med «ikke skredfarlig» er det ment områder som er sikre uten noen form for sikringstiltak. Det tillates ikke å utføre sikringstiltak for at en skal oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred. Herunder gjelder også sekundærvirkninger av skred, eksempelvis fjellskred med påfølgende flodbølge.

1.3 Grunnlagsmateriale

Følgende grunnlagsmateriale er benyttet i utarbeidelsen av denne rapporten:

- Topografiske kart hentet fra www.norgeskart.no.
- Flybilder fra www.norgebilder.no
- Berggrunn- og løsmassekart fra Norges geologiske undersøkelse (NGU, 2017a).
- Aktsomhetskart for snøskred, jord- og flomskred og steinsprang (NVE, 2017a).
- Oversikt over historiske skredhendelser (NVE, 2017a) og Statens vegvesen vegkart (Statens vegvesen, 2017).
- Helningskart fra Norges geotekniske institutt (NGI, 2017).

1.4 Utførte undersøkelser

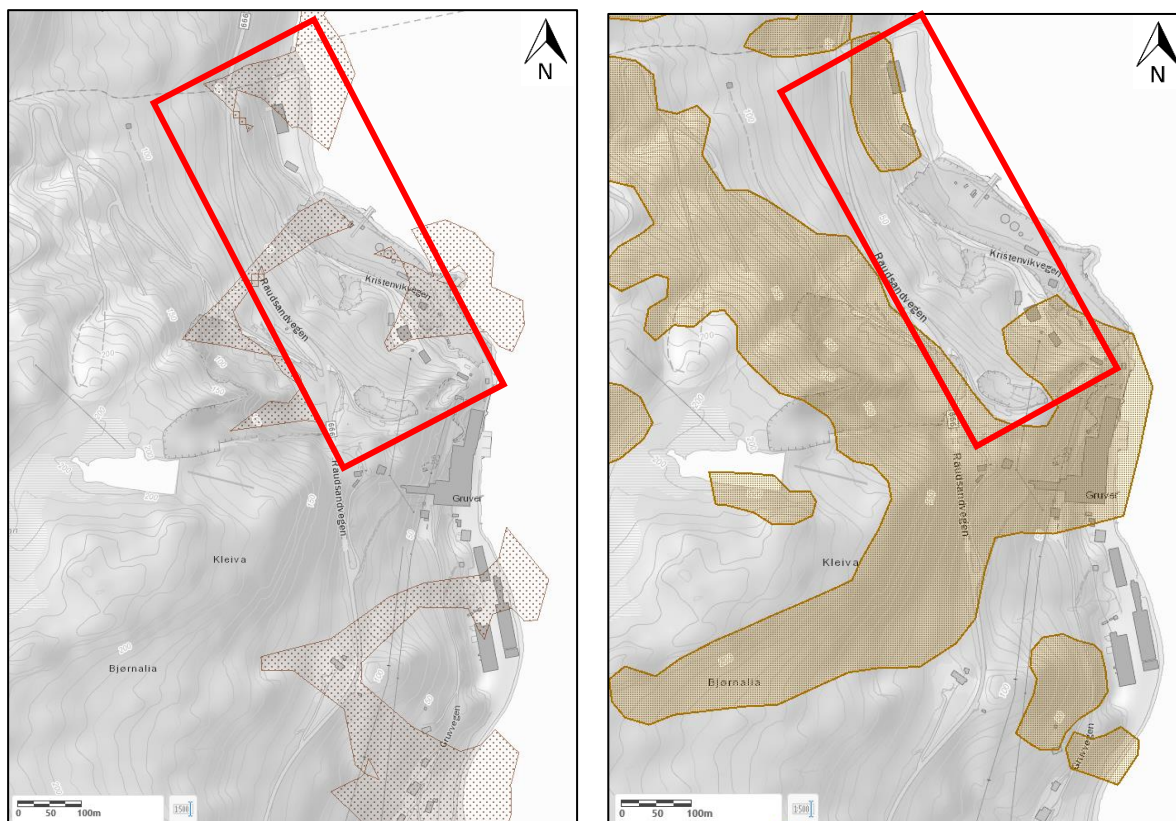
Feltkartlegging ble utført av ingeniørgeologene Ingvar Tyssekvam og Martine Lund Andresen den 8. august 2017. Under befaringen var det lettskyet, pent vær og omkring 18°C. Området ble kartlagt til fots. Det ble utført vurderinger av mulige løsneområder for steinsprang og registrert blokkfunn. Videre ble vegetasjon, løsmassedekke og vannførende formasjoner vurdert i forhold til fare for jord- og flomskred. Befaringen ble utført ut ifra eksisterende situasjonsplan (Figur 1) på tidspunkt for befaring.

Området hvor administrasjons- og forskningsbygget ble vurdert i en egen befaring 09.11.17 (se avsnitt 6.1). Det ble samtidig utført supplerende observasjoner i forbindelse med skredfarevurdering av industriområdet ved sjøen.

Observasjoner og registreringer er i etterkant sammenlignet med tilgjengelig grunnlagsmateriale.

1.5 Aktsomhetskart for skred

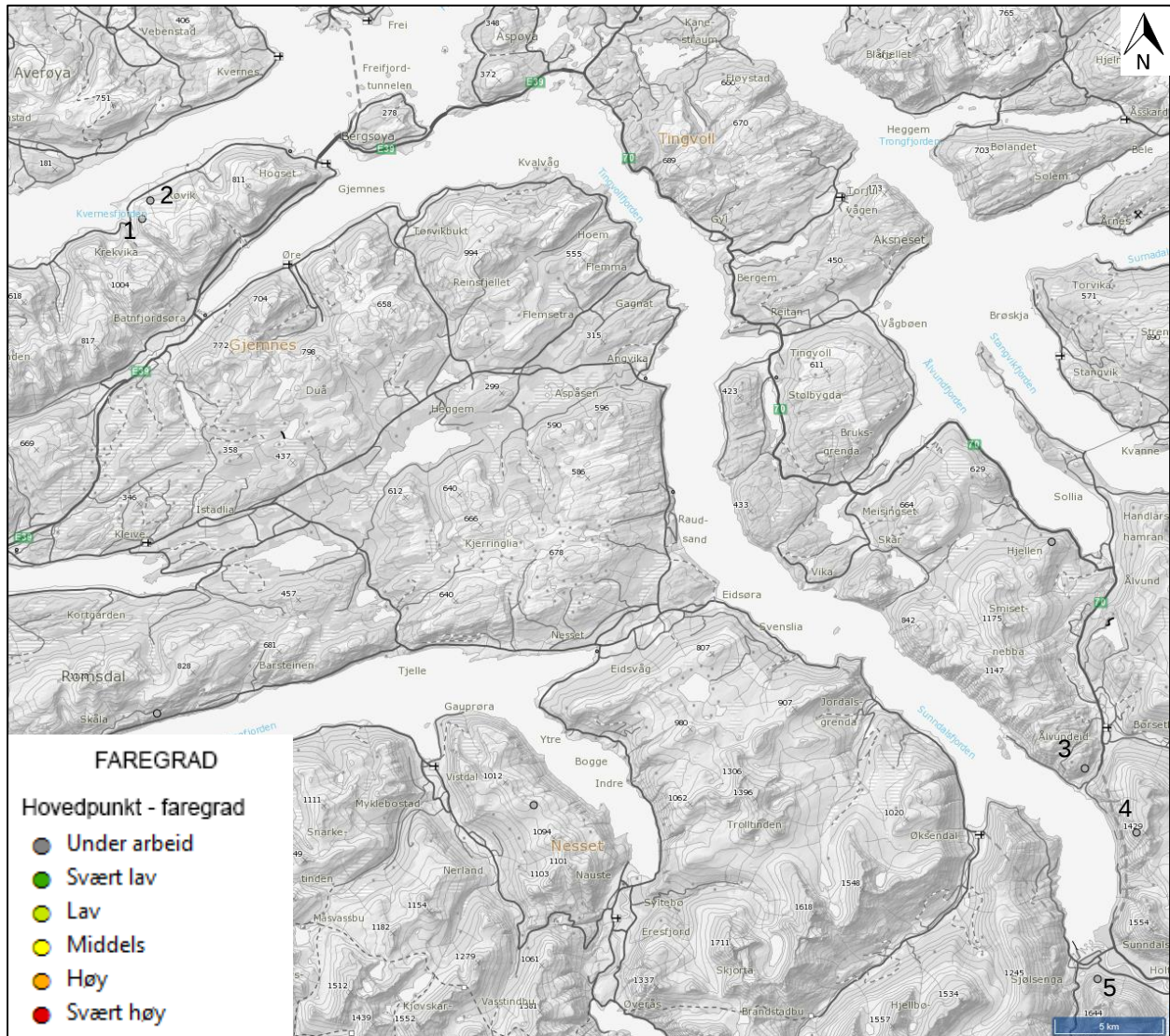
Deler av området ligger ifølge NVE sine aktsomhetskart for skred, innenfor aktsomhetsområde for jord- og flomskred og snø- og sørpeskred. Deler av området er også dekket av NGI sitt aktsomhetskart for steinsprang og snøskred (Figur 3). NGI-kartene kan, i henhold til NVE sine retningslinjer, benyttes framfor NVE sine aktsomhetskart for snøskred og steinsprang i områder som er dekket av disse (NVE, 2014b). NGI-kartet benyttes derfor som grunnlag i denne rapporten.



Figur 3: Aktsomhetskart for skred. Til venstre: Aktsomhetskart for jord- og flomskred. Til høyre: Aktsomhetskart for snøskred og steinsprang, utarbeidet av NGI (NVE, 2017a).

1.6 Ustabile fjellparti

Det er detektert ustabile fjellparti i Tingvollfjorden, hvor Raudsand ligger (NGU, 2017b). I den nasjonale databasen for ustabile fjellparti er disse kategorisert som 'under arbeid', som betyr at fare-, konsekvens- og risikoanalyse ikke er ferdigstilt og publisert (Figur 4). Dette skal etter planen ferdigstilles i løpet av 2017.



Figur 4: Utsnitt av kart som viser ustabile fjellparti. De fem ustabile fjellpartiene i fjordsystemet hvor Raudsand ligger er alle i kategorien 'under arbeid' (grå farge). Objektene er nummerert, Fulånebbra er markert med nummer 4.

Informasjon om objektenes foreløpige status og resultater er mottatt fra lag for geofarer og jordobservasjon ved Norges geologiske undersøkelse (NGU, 2017c). Følgende informasjon er mottatt: Av de fem ustabile fjellpartiene i fjordsystemet Kverneshov, Tingvollfjorden, Sunndalsfjorden er det kun Fulånebbra som forventes å kunne nå fjorden. Fulånebbra ligger nordøst for Sunndalsøra og er markert som nummer 4 på kartet vist i Figur 4. Foreliggende informasjon om objektet presenteres her, men det understrekes at dette kun er foreløpige data og at analysene ikke er ferdigstilt. Analysene planlegges ferdigstilt i 2017 og vil da oversendes NVE for godkjenning før publisering i databasen. Estimert volum av Fulånebbra er 1,4 millioner m³. Et fjellskred fra dette partiet vil sannsynligvis nå fjorden og utløse en flodbølge. Oppskyllingshøyden fra denne er ved empirisk flodbølgevurdering vurdert til < 2 m ved Raudsand. Faregraden er vurdert til lav, noe som tilsvarer en årlig nominell sannsynlighet for skred mindre enn 1/5000 (NGU, 2017c).

Det er i tillegg flere områder på nordøstsiden av Tingvoll- og Sunndalsfjorden som er vurdert som 'ikke ustabile fjellpartier'. Dette betyr at det ikke er gjort observasjoner som tyder på at et fjellskred kan utløses, men det kan likevel ikke utelukkes mindre skred (opp til noen titusen m³) som kan utløse mindre flodbølger. Slike flodbølger er estimert å ha en oppskyllingshøyde under 1 m ved Tingvoll, mulig noe mindre ved Raudsand da dette ikke ligger i en bukt/vik.

2 Grunnforhold og beskrivelse av området

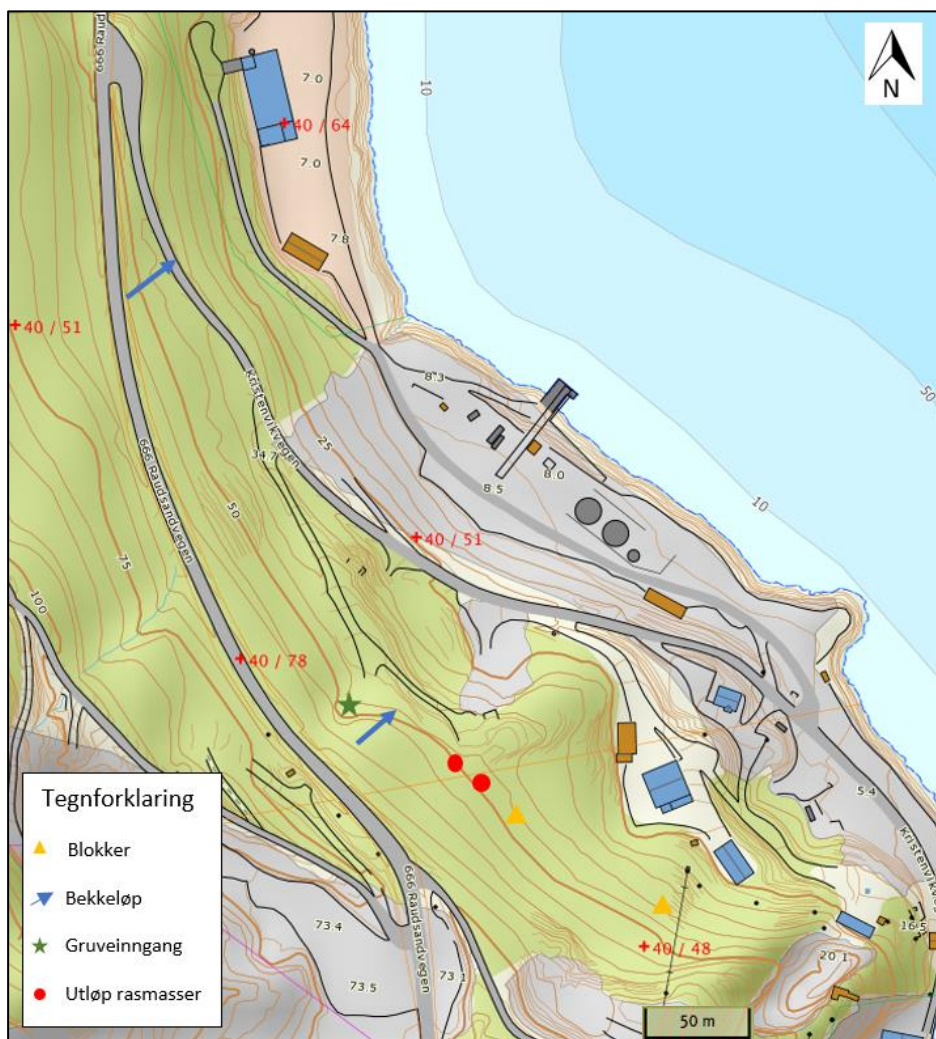
2.1 Områdebeskrivelse

Det planlegges en utvidelse av dagens industriområde ved Raudsand i forbindelse med etablering av anlegg for mottak av farlig avfall. Det er derfor utført en skredfarevurdering av området (Figur 1).

I dag består området av en stedvis bratt li dekket av et skrint løsmassedekke og tett vegetasjon i form av blandingsskog. Det finnes enkelte berghamre og utsprenkte skjæringer både i nordre og søndre del av området. I lia går det enkelte eldre anleggsveger benyttet i forbindelse med gruvedrift, i tillegg til vegene som benyttes i dag. Det finnes flere bygninger på området i form av gamle lagerhaller, verksteder og hus benyttet til kontor. For beskrivelse av planlagte terrengendringer og framtidig situasjon se kap. 2.6.

2.1.1 Registreringskart

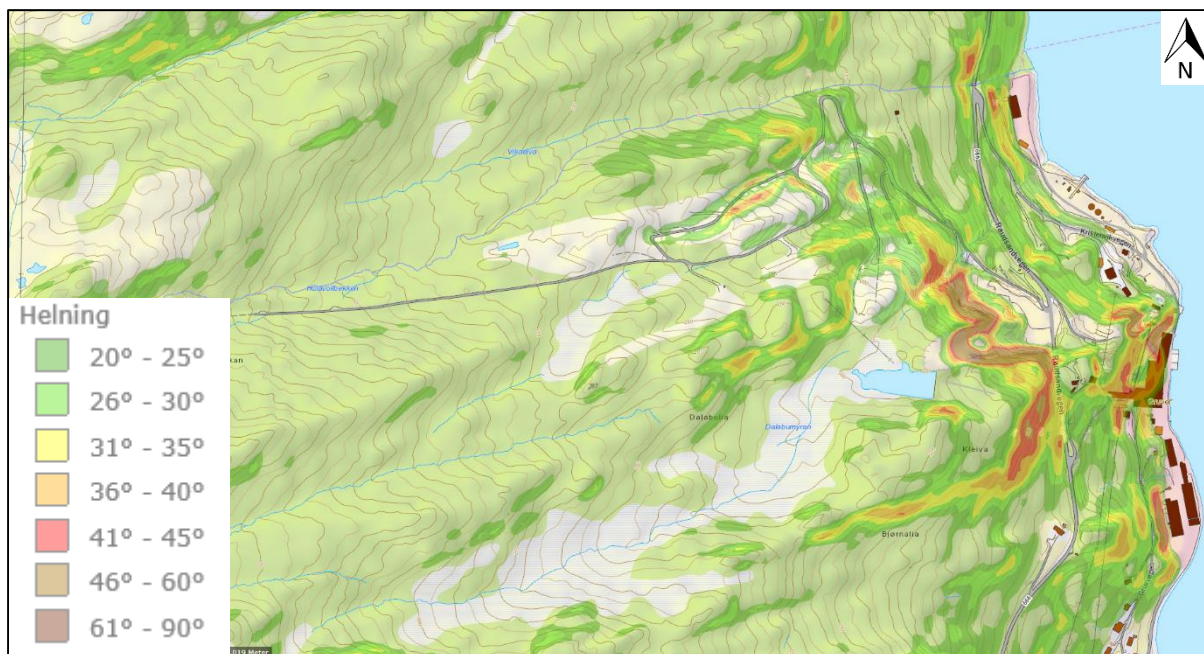
De mest sentrale observasjonene fra befarings (8. august 2017) av området mellom Fv. 666 og sjøen er markert på registreringskart (Figur 5).



Figur 5: Registreringskart fra befarings 08.08.2017.

2.2 Helningskart

Helningskart over området viser at det finnes enkelte bratte partier i nedre del av området, mens området langs anleggsveg opp mot dagbrudd er relativt slakt (Figur 6 og Figur 7).



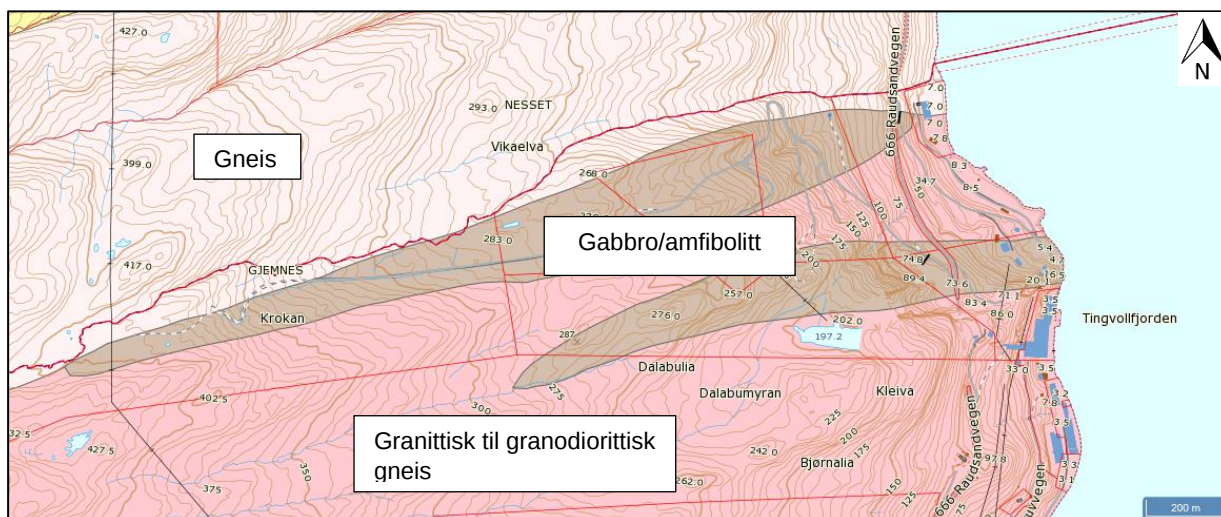
Figur 6: Helningskart over hele området.



Figur 7: Helningskart over nedre deler av vurdert område.

2.3 Berggrunn

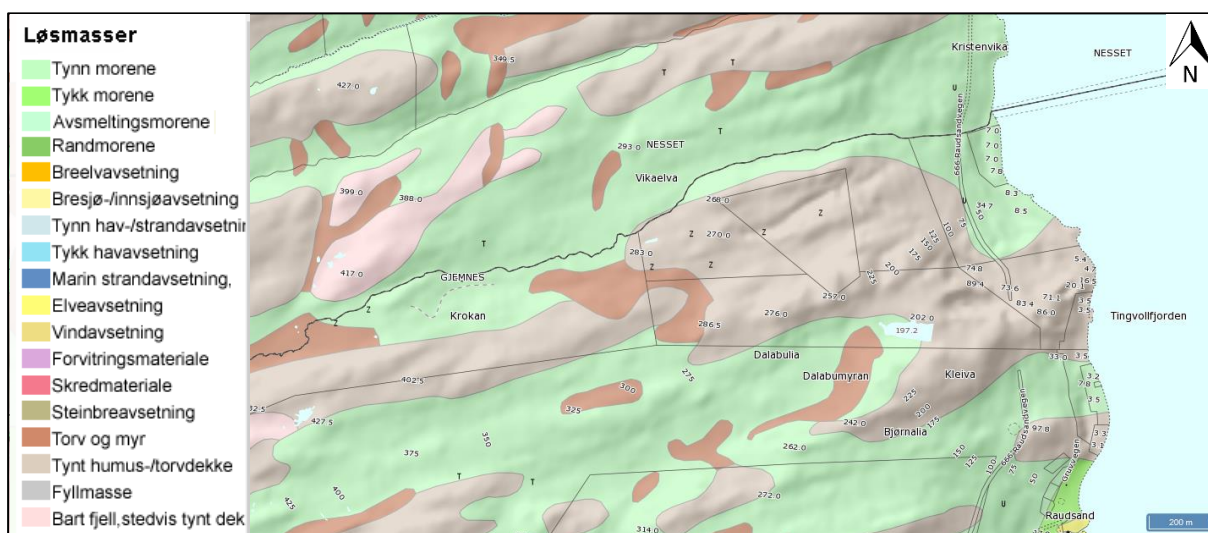
Berggrunnskart fra NGU viser at bergartene i området består av gneis og gabbro/amfibolitt (Figur 9). NGU har utført en detaljert kartlegging av berggrunnen i området ved bruk av helikopterbaserte, geofysiske metoder. Resultatene er presentert i følgende rapporter: NGU 2016.037 og NGU 2016.043.



Figur 8: Utsnitt av berggrunnskart fra NGU (NGU, 2017a).

2.4 Løsmasser

Ifølge løsmassekart fra NGU består området av en kombinasjon av torv og myr, tynn morene og et tynt humus-/torvdekke (Figur 9). Løsmassedekket er generelt skrint, men med observert stedvis mektighet på 1-2 m.



Figur 9: Utsnitt av løsmassekart fra NGU (NGU, 2017a).

2.5 Registrerte historiske hendelser

Registrerte historiske hendelser er vist i Figur 10. Forklaring følger under figur.



Figur 10: Kart som viser registrerte historiske skredhendelser (NVE, 2017a) og (Statens vegvesen, 2017).

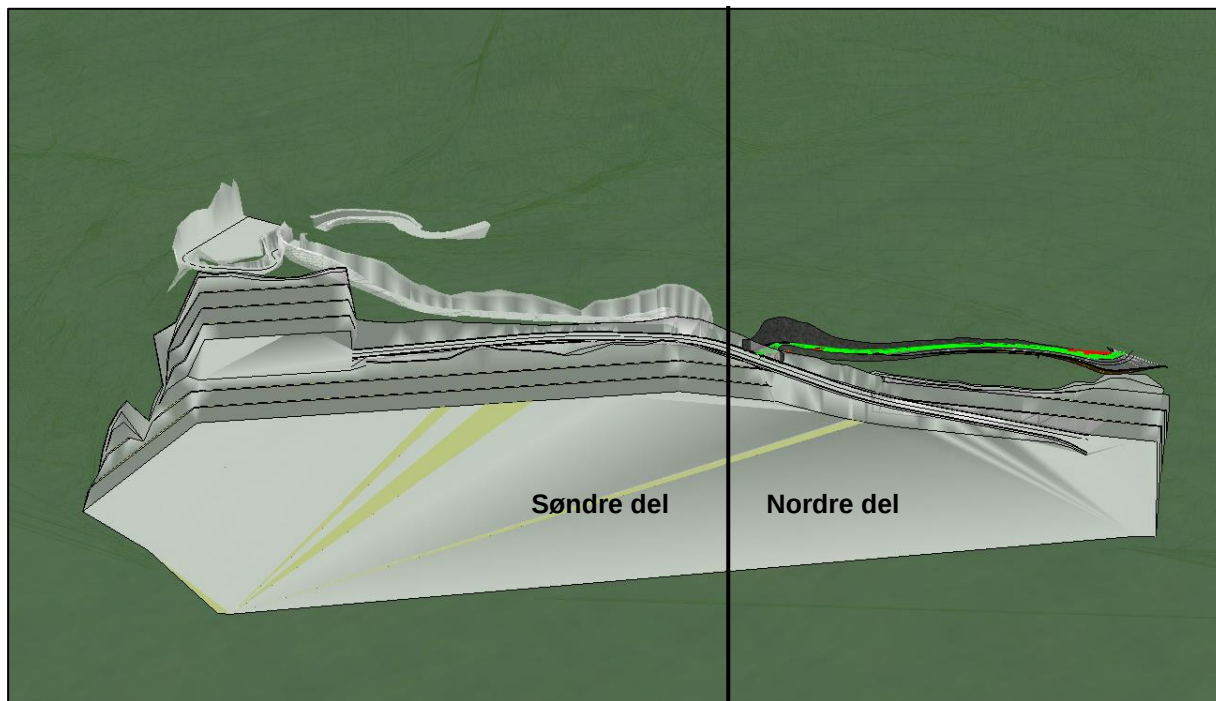
1. 01.01.2011 – Steinsprang (< 100 m³)
2. 12.03.2007 – Steinsprang (< 100 m³)
3. 01.10.2007 – Steinsprang (< 100 m³)
4. 17.04.2007 – Steinskred
5. 01.01.2011 – Steinsprang (100 m³)
6. 30.06.1980 – Steinsprang/blokkutfall i gruvegang. 1 person omkom.
7. 27.08.1953 – Undersjøisk skred. Skader på kaianlegg.

2.6 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult er ikke kjent med at det er gjort andre skredfarevurderinger i området.

3 Terrengendring ved etablering av anlegg.

Dagens plan for terrengendring ved anlegget innebærer at det skal fjernes betydelige mengder masser inn mot fv. 666, både i form av å sprengte vekk berg og ved fjerning av løsmasser (Figur 2, Figur 11). Dette vil påvirke skredfaren i området.



Figur 11: Utsnitt av 3D-modell som viser området etter planlagte terrengendringer.

Søndre del

Berghammer i søndre del av området skal etter planen sprenges vekk. Risikoen for nedfall fra denne vil følgelig bortfalle. Store deler av skråningen mellom eksisterende skjæring/ industriområdet og fylkesvegen fjernes også. Dette minsker avstanden til terreng på oversiden av fylkesvegen. Terrenget i dette området består i dag av rasgrop etter ras i gruvesystemet. Denne skal etter planen fylles igjen, og det vurderes å ikke være stor risiko fra nedfall fra dette området etter igjenfylling. Det anbefales å renske sideterreng under arbeid med igjenfylling. Det vil være viktig å vurdere og sikre stabiliteten til området under og etter igjenfylling.

Det er observert noe mektighet på løsmasser i søndre og sentrale deler av området, dette kan gi fare for mindre løsmasseskred ved underkutting av skråning eller vannmetning av løsmasser. Store deler av dette området blir fjernet ved utvidelse av området. Det vil være viktig å ivareta stabiliteten til eventuelle resterende løsmasser på skjæringstopp. Dette er en geoteknisk problemstilling i forbindelse med prosjektering.

Nordre del

I områdets nordre del skal det også fjernes bergmasse i retning fv. 666. Dette reduserer størrelsen på området hvor det vurderes å kunne være fare for nedfall. Samtidig reduseres avstanden til terreng på oversiden av fv. 666. Her kan det ikke utelukkes å være løsneområder for steinsprang.

Det skal etableres en tilkomstveg som delvis går i tosidig skjæring ned mot området. Dette vil fungere som fanggrøft for eventuelle nedfall. Der vegen ikke går i tosidig skjæring ventes den likevel å redusere blokkenergi og -hastighet for mulige blokkutfall.

Oppsummering

Terrengendring i forbindelse med utvidelse av industriområdet vil føre til en endring i skredfare. Potensielle løseområder vil fjernes samtidig som avstand til andre potensielle løseområder reduseres. Totalt sett vurderes det at sannsynligheten for skred med utløp ned på områdets søndre del vil reduseres, men forbli uendret i nordre del.

Denne skredfarevurderingen er gjort med dagens situasjon og eksisterende modeller lagt til grunn. Hvis det gjøres store avvik i forhold til foreliggende plan må det gjøres en ny skredfarevurdering.

4 Skredfarevurdering for industriområdet

4.1 Snø- og sørpeskred

Deler av det vurderte området ligger innenfor aktsomhetsområde for snøskred og steinsprang, definert av NGI (Figur 2). Snøskred utløses vanligvis i terreng brattere enn 30°, mens sørpeskred kan utløses ved betydelig slakere helninger (Lied, 2014). Det finnes områder som er teoretisk bratt nok til at snøskred kan utløses i lia over industriområdet (Figur 7). Det er imidlertid begrensede områder, der det største området er eksisterende skjæring i nordre del av området. Det vil ikke legge seg tilstrekkelig med snø i skjæringen til at et snøskred kan utløses. Lia er dekket av tett vegetasjon i form av blandingsskog. Dette virker stabiliserende på snødekket og deler et eventuelt snødekke opp i mindre seksjoner, slik at faren for et større skred minker. Videre er terrenget generelt relativt slakt, bestående av flere forsenkninger og terrasser. Topografien er ujevn og vurderes å redusere risikoen for at et større snøskred skal utløses. Lia krysses av flere veger (fv. 666 og anleggsveger) som vurderes å ville bremse et eventuelt skred. På bakgrunn av dette vurderes det som lite sannsynlig at et snøskred med utløp ned til vurdert område vil utløses.

For at et sørpeskred skal kunne utløses kreves terrenghelning og -formasjoner som muliggjør en vannmetning av snødekket ved nedbør og/eller snøsmelting. Elve- og bekkeløp eller større forsenkninger i terrenget er eksempler på slike formasjoner (Lied, 2014). Det er ikke observert terrengformasjoner med potensiale for utløsning av sørpeskred under befaring i det aktuelle området. Fylkesveg og lokale veger med tilhørende grøft på oversiden av vegen vil fange eventuelle mindre sørpeskred. Det vurderes derfor å være lav sannsynlighet for sørpeskred med utløp ned på industriområdet.

Området vurderes å ha akseptabel risiko for snø- og sørpeskred.

4.2 Jord- og flomskred

Jordskred kan løsne i områder brattere enn 25 - 30°, forutsatt at det finnes løsmasser. Flomskred er hurtige, vannrike skred som opptrer langs klart definerte forsenkninger i terrenget, slik som elve- og bekkeløp (Sandersen, 2014). Det finnes flere områder i lia over planlagt industriområde som er teoretisk bratt nok til at jordskred kan utløses (Figur 7). Det er stedvis 1-2 m mektighet på løsmassene, hovedsakelig observert i skråningen i søndre del av området, ved anleggsveg, gruveinngang og mot berghammer (Figur 5). Det er også observert større mengder fyllmasser mellom fylkesvegen og industriområdet ved sjøen.

Som beskrevet er det observert naturlige løsmasser og fyllmasser i de stedvis bratte skråningene i området. Inngrep i, under eller over skråning kan føre til at stabiliteten i løsmassene svekkes og at massene raser ut. Det er derfor viktig å ta hensyn til dette i anleggsfase. Undergraving av skråning og utrasing vurderes å være årsaken til utglidningen ved gruveinngangen (Figur 12 og Figur 5).



Figur 12: Bilde som viser gruveinngang og utrasing, mest sannsynlig som følge av undergraving av skråning.

4.2.1 Håndtering av bekker og overflatevann

Det er observert enkelte bekkeløp i området (Figur 5). Dette er av oppdragsgiver opplyst å være bekker som tar unna lokalt overflatevann og tilsig, med begrenset vannføring. Dette stemmer med observasjon fra befaring, der det ene bekkeløpet lå tørt mens det andre hadde liten vannføring (Figur 13). Ved smelteperioder og kraftig nedbør vil vannføringen kunne øke og det er viktig at dette tas hensyn til for å unngå at vannet tar nye veger og/eller tar med seg masser. Dette gjelder både i anleggsfase og i driftsfase. Det er ikke vurdert å være flomfare fra disse bekkene, men det er anbefalt at det etableres et system for å ta hånd om dette vannet. Se flomvurdering for mer utfyllende informasjon (Norconsult, 2017).

Bekkene på oversiden av fylkesvegen håndteres av et dreneringssystem med inntak i grøft på oversiden av fv. 666 og utslipp i sjø gjennom tunnel på kote +4 nord på området. Dette hindrer større bekker i å strømme ned på industriområdet nedenfor fylkesvegen, som nevnt ovenfor vil vannføringen i observerte bekkeløp derfor være begrenset.

Beregning av 1000-årsflom i Hålvåbekken, bekken rett nord for området, viser at den nordlige delen av planområdet kan være utsatt for flom.



Figur 13: Bekkeløp sentralt i området.

4.2.2 Vurdering av fare for jord- og flomskred

Det er ikke observert betydelig mengder løsmasser i området. Det er observert en mindre utglidning av jord- og steinmasser ved gruveinngangen (Figur 12), men ut over det er det ikke observert tegn til tidligere jord- og flomskredhendelser. Terrengtet er generelt ujevnt og består av mindre groper og forhøyninger, dette reduserer utløsningspotensialet for jordskred. Partiene som er bratte nok til at et jordskred skal kunne utløses sammenfaller i liten grad med områdene der det er observert betydelig mektighet på løsmassene. Observerte løsmasser består av morene med innhold av stein, dette er gunstig med tanke på motstand mot utglidning ved eventuell vannmetting. Det vurderes som lite sannsynlig at et jordskred skal utløses i området.

Bekker og overflatevann på oversiden av fylkesvegen, med unntak av Hålvåbekken, håndteres av et dreneringssystem slik at vann ikke vil strømme over vegen og ned mot industriområdet. Bekkeløpene nedenfor vegen vil ha begrenset vannføring og vurderes å ikke ville kunne føre med seg betydelige mengder masser og vann. Det vurderes å ikke være flomskredfare fra disse bekkene.

På bakgrunn av observasjoner i felt og system for håndtering av bekker og overflatevann, vurderes eventuell flomskredfare å være knyttet til Hålvåbekken nord for planområdet. Hålvåbekken har potensiale for å strømme inn på området ved en potensiell 1000-årsflom. Bekkeløpet er markert og steinsatt med et tynt morenedekke på toppkantene (Figur 14). Morenen som er observert i området er, som beskrevet over, steinholdig og vurderes å være motstandsdyktig mot utglidning ved vannmetting. Området nær fylkesvegen er relativt flatt. Dette ventes å kunne fungere som et godt oppsamlingsområde for eventuelle hendelser fra oversiden av vegen. Bekkeløpet er generelt bratt, noe som reduserer faren for flomskred. Det er ikke observert løsmasser i bekkeløpet eller tegn til erosjon. Det er heller ikke observert tegn til tidligere flomskredhendelser.

På bakgrunn av terreng og løsmassedekke vurderes området å ha akseptabel risiko for jord- og flomskred.



Figur 14: Hållåvåbekken. Til venstre: bekkeløp på oversiden av fylkesveg. Til høyre: Bekkeløp på nedsiden av fylkesveg. Sidekanter er berg, en del stein i selve løpet.

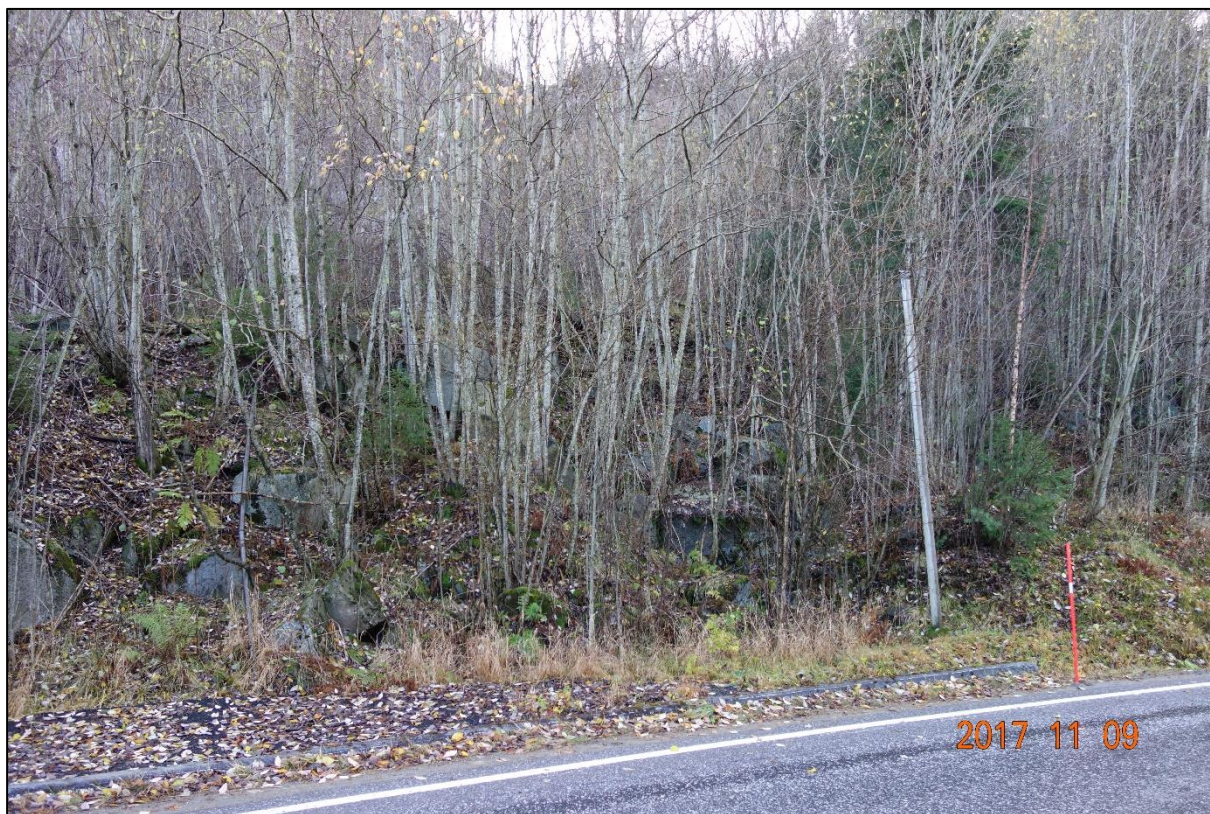
4.3 Steinsprang og steinskred

4.3.1 Vurdering av potensielle løsneområder

Området deles i en søndre og nordre del i vurdering av fare for steinsprang (Figur 2, Figur 11).

Søndre del

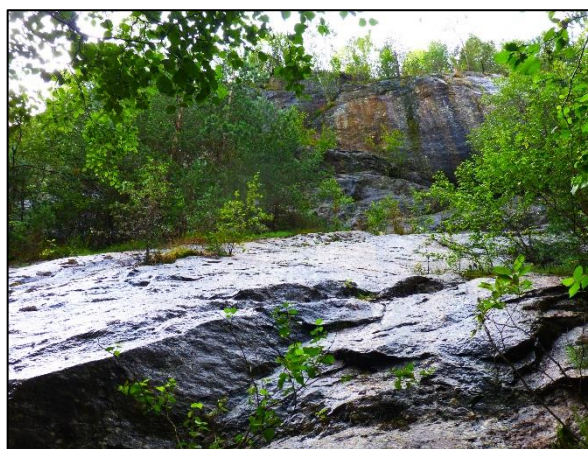
Lia på oversiden av fylkesvegen i områdets søndre del har relativt slak helning, stort sett $< 25^\circ$, men opp mot 35° i to partier. Terrenget er ujevnt med en terrassert topografi, og det er observert noe blokker i terrenget (Figur 15). Eksisterende anleggsveg opp mot dagbrudd går i lia ovenfor fylkesveg 666. Det er også observert en flate etter en eldre veg i dette området. Videre nedover mot industriområdet vil adkomstveger og fylkesveg, med tilhørende grøft på innsiden, stoppe store deler av det som eventuelt måtte komme fra oversiden.



Figur 15: Bilde som viser terreng på oversiden av fylkesveg 666, i søndre del av området.

I områdets søndre del finnes en markert og tydelig berghammer (Figur 16). Berget synes å være kompetent og det er ikke observert kritiske strukturer eller løse objekter i denne berghammeren. Under den nordvestre delen av berghammeren er det et parti med bart berg (Figur 16). Det vurderes at eventuelle nedfall fra berghammeren vil kunne treffe denne og sprette slik at utløpslengden øker. Det var ikke mulig å komme helt opp under berghammeren på befaring. Denne berghammeren fjernes ved utvidelsen av industriområdet, følgelig fjernes et potensielt løsneområde og risikoen for steinsprang fra dette området elimineres.

Det er observert enkelte blokker og mindre urmasser i terrenget som ventes å kunne få utløp ut på området hvis de skulle løsne.



Figur 16: Berghammer i søndre del av området. Til venstre: oversiktsbilde. Til høyre: Bilde som viser bergblotning i nedkant av skrent.

Nordre del

Lia ovenfor industriområdet består av tett vegetasjon i form av blandingsskog. Terrenget er småkupert og ujevnt, og det kan ikke utelukkes at det kan finnes lokale skrenter med potensiale for blokkutfall. Det er observert enkelte blokker og mindre urmasser i terrenget under befarings, som vil kunne ha utløp ned på området om de skulle løsne. Dette forventes å kunne være tilfellet også på andre lokaliteter i området. Det er ikke observert markerte berghamre i denne delen av området, men det strekker seg en tydelig rygg langs den nordlige grensen til området og videre opp på oversiden av fylkesvegen (Figur 17). Bekkeløpet til Hållåvåbekken ventes å ville stoppe eventuelle nedfall fra ryggformasjonen på oversiden av fylkesvegen.



Figur 17: Oversiktsbilde av området tatt fra over tunnel. Ryggformasjonen nord for området og Hållåvåbekken er markert med rødt.



Figur 18: Bilde tatt fra eksisterende tilkomstveg mot nordre del av området.

Store deler av området mellom fylkesveg og eksisterende industriområde skal tas ut eller disponeres til adkomstveg. Deler av nevnte område består i dag av eldre fyllingsmasser, som det vil være viktig å ivareta stabiliteten til i anleggs- og driftsfase (Figur 18). Det er også observert blokker i terrenget, det kan derfor ikke utelukkes nedfall med utløp ut på området (Figur 19).



Figur 19: Bilde tatt fra adkomstveg nord på området opp mot fylkesveg.

Steinskred

Det er ikke observert større skrenter eller berghamre som vurderes å kunne være potensielle løsneområder for steinskred i det aktuelle området. Det er heller ikke observert strukturer som tilsier at det skal være løsneområder for skredhendelser av slike størrelser.

4.3.2 Steinsprangsimulering ved bruk av RocFall

4.3.2.1 Om RocFall

Som hjelpemiddel til evaluering av utløpsdistanser for steinsprang, er programmet RocFall 4.0 fra Rocscience Inc benyttet. Dette er et 2-dimensjonalt statistisk risikoanalyseprogram for steinsprang i bratte fjellsider. Ved å definere inngangsparameter for restitusjon (definert som normal (R_N) og tangential (R_T) friksjon mellom blokk og underlag), samt friksjonsvinkelen til underlaget, kan en simulere blokkers utløpsdistanse, energi og spretthøyde langs en profilinje. Simuleringene er relativt sensitive for variasjoner i inngangsparameter, og for å redusere denne usikkerheten er det lagt inn standardavvik for R_N og R_T og friksjonsvinkel.

RocFall modellen gjør flere forenklinger av virkeligheten, og resultatene må analyseres og sees i sammenheng med observasjoner fra felt. Forhold som må tas hensyn til når en bruker resultatene i skredfarevurderingen er blant annet at modellen simulerer med sirkulære blokker og at utløpslengder simuleres uavhengig av blokkstørrelsen.

Det er utført tester av modellen med hensyn til materialer langs profilet og bruk av rotasjonshastighet på blokker. Simuleringen er utført med og uten skalert normal restitusjon (R_N). Skalert R_N tar høyde for at det er nær elastisk deformasjon når blokkene har lav hastighet, mens ved høye hastigheter vil det være nær plastisk deformasjon på grunn av knusing av blokker og økt nedtrengning i overflaten (Pfeiffer & Bowen, 1989). Modellen får en mer konservativ tilnærming når R_N ikke er vektet.

4.3.2.2 Kjente usikkerheter og begrensninger i terrengmodell

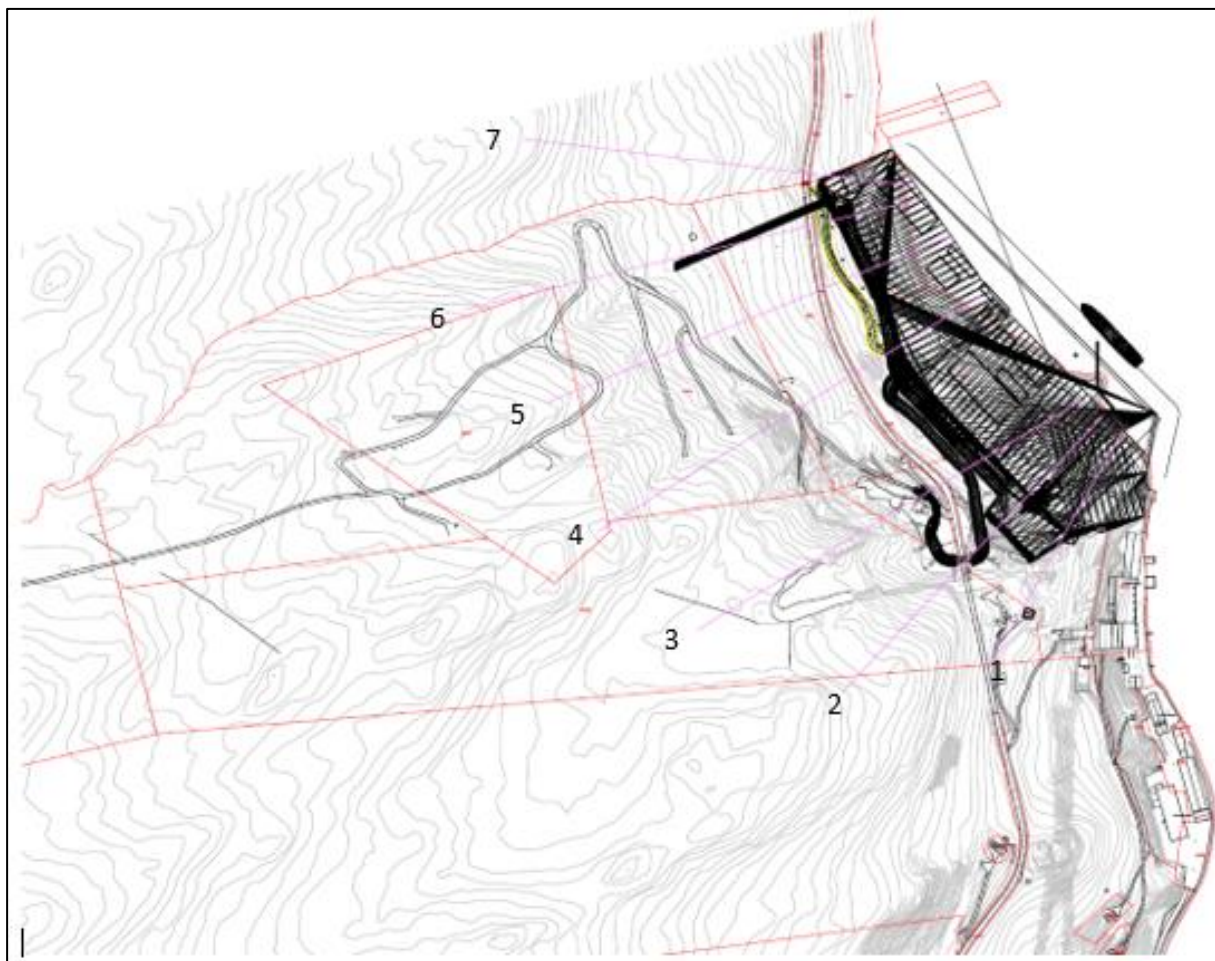
Terrengmodellen som ligger til grunn består av data fra ulike kilder som gir enkelte «hull» i modellen. Dette fører til at lengdesnittene som er tatt ut ikke er fullstendig sammenhengende, og at enkelte usammenhengende partier har blitt tettet ved tolkning og sammenlikning av 3D-modell og terreng. RocFall krever sammenhengende lengdesnitt for å kunne kjøre simuleringer, dette har derfor vært nødvendig for å kunne benytte programvaren. Dette vil utgjøre en usikkerhet i resultatene, men denne vurderes å være liten ettersom de usammenhengende partiene utgjør en svært liten del av snittene.

Det gjøres oppmerksom på at det er benyttet data og modeller som forelå Norconsults vegplanleggere 25. september 2017. Profil 8 er tatt ut i etterkant da det ble besluttet å flytte et administrasjonsbygg på et senere tidspunkt (02. november 2017).

4.3.2.3 Inputdata

Profiler

Det er tatt ut totalt åtte lengdesnitt i lia ovenfor industriområdet på Raudsand (Figur 20). Disse er valgt på bakgrunn av terreng og mulige løsneområder for steinsprang langs profilene. Det er benyttet 3-4 ulike løsneområder/slippunkt for steinsprang langs hvert av profilene, disse er valgt basert på terreng og helning. Profil 8 ble tatt ut etter endring i plassering av administrasjons- og forskningsbygg og tilhørende adkomstveg. Opprinnelig var bygget plassert nede på industriområdet, men dette er flyttet til overkant av skjæring i søndre del av området, like utenfor nordre utløp av tunnel på fylkesvegen.



Figur 20: Oversikt over profillinjer hvor det er tatt ut lengdesnitt benyttet til simulering.

Input parametere

Det er mulig å legge inn antall blokker som skal simuleres samt vekten av hver blokk. Det er i dette tilfellet valgt å kjøre 1000 blokker per simulering med en vekt på 3000 kg per blokk, dette utgjør blokker på omkring 1 m³. Som nevnt påvirkes ikke utløpslengden av blokkstørrelsen i RocFall, men blokkstørrelse vil gi utslag i energimengde. Dette er ikke av betydning i dette tilfellet, men kan benyttes til dimensjonering av sikringstiltak.

Materialparameterne som er benyttet i modellen er gitt i Tabell 2. Det er benyttet materialtyper som er forhåndsdefinerte i modellen. Verdier for restitusjonsparameterne er satt til standardverdier for de ulike materialene, gitt av RocFall.

Det er benyttet bergblotninger som materiale i terrenget ved simulering av løснеområder ovenfor fylkesvegen. Dette er ikke overensstemmende med de faktiske materialene på området, men er benyttet for en konservativ tilnærming til nedfall høyt i skråningene. For løснеområder i toppkant skjæring er det benyttet bart berg i skjæring, bergblotning i toppkant skjæring og asfalt på flata. Dette vurderes å gi realistiske resultater, mulig noe konservative.

Tabell 2: Restitusjonsverdier for ulike materialtyper med tilhørende standardavvik som er benyttet i RocFall-analysene.

Materiale	Normal restitusjon (R_N)	Tangentiell restitusjon (R_T)	Standardavvik
Bergblotninger	0,35	0,85	0,04
Asfalt	0,4	0,9	0,04
Bart berg	0,53	0,99	0,04

Det er mulige å skalere restitusjonsparameterne slik at det simuleres en mer reell situasjon i forhold til energitap og deformasjon ved støt. Dette er mest aktuelt ved simulering av steinsprang i høye fjellsider, og er derfor ikke benyttet her.

Det er observert få blokker i terrenget på nedsiden av fv. 666. Det er derfor lite felldata å kalibrere modellen mot. Samtidig er dette et tegn på at steinsprangaktiviteten ikke er hyppig.

4.3.2.4 Resultater fra simuleringer

I dette delkapittelet følger en beskrivelse av de viktigste resultatene fra simuleringer for hvert av de sju profilene (Figur 20). Figurer som viser simuleringer er vist i Vedlegg 1.

Profil 1

Profil 1 er tatt ut helt sør i området og går på skrå inn i skjæring i områdets søndre del. Terrenget er relativt slakt med enkelte brattere partier i lia ovenfor fylkesvegen. Resultater fra simulering av steinsprang fra mulige løsneområder ovenfor fylkesvegen viser at disse vil stoppe i god tid før skjæring ned mot området. Partiet mellom fylkesveg og skjæring er slakt, men simuleringer viser at utfall fra dette partiet kan nå ned på området. Simulert maksimal utløpslengde er omkring 20 m, avhengig av slippunkt.

Profil 2

Profil 2 viser et snitt gjennom adkomstveg fra søndre avkjørsel der denne går i tosidig skjæring, videre gjennom platå over industriområdet før skjæring ned på selve industriområdet. Det finnes flere gode barrierer som ventes å stoppe eller bremse eventuelle nedfall fra oversiden. Simuleringer viser at eventuelle steinsprang fra oversiden av adkomst veg stopper etter kort tid. Terrenget mellom adkomstveg og skjæring er relativt slakt, men resultater fra simulering viser at blokker fra dette terrenget vil kunne ha utløp ned på platå over selve industriområdet. Maksimal utløpslengde er 33 m. Blokkene når ikke ned på industriområdet hvor det planlegges å etablere virksomhet omfattende storulykeforskriften.

Profil 3

Profil 3 er tatt ut rett nord for området hvor det planlegges å ta ut berg for et ekstra platå over industriområdet. Simuleringer viser at blokker fra løsneområder høyt i lia stopper i god avstand til skjæring og dermed ikke gir utløp ned på området. Adkomstveg like ovenfor skjæringstopp vurderes å ville fungere som god barriere for eventuelle nedfall med utløp ned hit. Blokker fra løsneområde på toppkant skjæring har maksimal utløpslengde 32 m ut fra skjæringsfot. Platået er omkring 50 m bredt.

Profil 4

Simuleringer viser at steinsprang fra mulige løsneområder på oversiden av fylkesveg 666 vil stoppe etter kort tid og ikke nå ned på området. Profil 4 går gjennom krysset der adkomstveg fra nordre avkjørsel kommer inn på hovedadkomstveg ned på området. Dette resulterer i en 20 m bred flate som vil stoppe de fleste nedfall. Det finnes et relativt bratt parti like i overkant av denne flaten som kan gi blokkfall med utløp godt ut i vegbanen. Simuleringer viser at et fåtall simulerte blokker kan få utløp ned

på området, men dette vurderes som lite sannsynlig. Det understrekes at situasjonen er en annen rett sør for dette profilet, hvor en ikke har den brede flata. Her vil potensialet for utløp ned på området være større.

Profil 5

Det var flere «hull» i lengdesnittet langs dette profilet, og det ville vært behov for tolkning flere steder. Det er derfor valgt å ikke simulere langs profil 5 ettersom profil 4 og 6 ligger i nærheten og er vurdert å gi tilstrekkelig resultater for dette området.

Profil 6

Profilet viser et snitt gjennom adkomstveg fra nordre avkjørsel og videre gjennom terreng i overkant av skjæring. Simuleringer viser at blokker fra løснеområder ovenfor fylkesvegen stopper etter kort tid og ikke vil gi utløp ned på området. Blokkutfall fra terreng i overkant av skjæring vil mest sannsynlig få utløp ned på området. Simuleringer viser at alle simulerte blokker når området og at maksimal utløpslengde er 20 m.

Profil 7

Profil 7 går skrått inn over skjæring i områdets nordre del. Simulerte blokker fra løснеområder ovenfor fylkesvegen stopper etter kort tid. Nedenfor fylkesvegen er det et bratt parti før terrenget er slakere ut mot skjæring. Simuleringer viser at det slakere partiet er av tilstrekkelig lengde til at eventuelle blokker som ruller fra det brattere partiet ikke vil nå skjæringskant og få utløp ned på området. Blokker som løsner i det slake partiet har liten sannsynlighet for å nå ned på området, men dette kan ikke utelukkes. Utløpslengden ventes å avta med avstand fra skjæringskant. Blokker fra toppkant skjæring vil ha utløp et stykke ut på industriområdet. Simulert maksimalt utløp er 23 m.

4.3.3 Oppsummering av resultater fra steinsprangsimulering

Simuleringer med løснеområder høyere i terrenget gir ikke utløp ned på området. I de fleste tilfeller stopper alle blokker i god avstand til skjæring. Dette gjelder også om en legger inn konservative materialparametere (bergblotninger og asfalt).

Som en ser av resultatene er det nedfall fra toppkant skjæring som utgjør den største risikoen for nedfall ned på området. Når det gjøres simuleringer med løснеområde rett i overkant av skjæring har størsteparten av blokkene utløp ned på industriområdet. Ut ifra disse resultatene er det med andre ord området nedenfor fv. 666 som vil gi de største utfordringene knyttet til steinsprang. Maksimalt utløp ned på industriområdet er mellom 20 og 35 m.

Simuleringer langs profil 2 og 8 viser at industriområdet i forkant av platået i sør i liten grad vil være utsatt for steinsprang. Dette fordi eventuelle nedfall ikke vil forsere platået eller tomt til administrasjons- og forskningsbygg, og dermed ikke få utløp ned på området.

4.3.4 Vurdering av fare for steinsprang

Faren for steinsprang med utløp ned på området vurderes å ikke være stor, men kan ikke utelukkes. Det er ikke observert tydelige løснеområder som markerte berghamre eller skrenter i områder som vil eksistere også etter etablering av tiltaket. Observasjon av blokker i terrenget samt den ujevne topografien, som gjør at lokale skrenter ikke kan utelukkes, fører til at det vurderes å være mulige løснеområder for steinsprang i området. Simuleringer viser at steinsprang fra oversiden av fylkesveg 666 vil ha liten sannsynlighet for å nå ned på området, og at det er utfall fra området i overkant av skjæring som vurderes å ha potensiale for utløp ned på industriområdet. Maksimalt simulert utløpslengde er 33 m ut fra skjæringsfot langs profil 3.

Fylkesveg med tilhørende grøft og adkomstveger ned på området vurderes å kunne stoppe mindre nedfall ved å fungere som barrierer, og redusere utløpslengde for eventuelle større nedfall betraktelig. Det er svært tett skog i lia ovenfor eksisterende skjæring (Figur 18). Skogen vurderes å ville være av

betydning for å redusere blokkenergi- og hastighet til eventuelle nedfall. Dette reduserer risikoen for at blokker skal nå ned til området. I tillegg er terrenghelningen på oversiden av fylkesvegen relativt slak, noe som gir lav hastighet for eventuelle utfall og forventet kort utløpslengde. Det vurderes å være liten sannsynlighet for at eventuelle steinsprang fra oversiden av fylkesvegen får utløp ned på området.

Faren for steinsprang med utløp ned på området vurderes å være knyttet til området mellom fylkesvegen og skjæringstopp. Hovedsakelig området rett i overkant av skjæring, da det stedvis går adkomstveger mellom fylkesveg og skjæring som vil være gode fangområder. Det er ikke observert lokale skrenter i dette området, men det er observert blokker i terrenget.

På bakgrunn av observasjoner i felt og simulering av utløpslengde for steinsprang, vurderes det å være fare for steinsprang med utløp ned på industriområdet.

4.3.5 Vurdering av fare for steinskred

Med bakgrunn i at det ikke er observert potensielle løsneområder for steinskred eller strukturer som tilsier at dette skal eksistere, vurderes området å ha akseptabel risiko for steinskred.

4.4 Dimensjonerende skredtype

Steinsprang vurderes å være dimensjonerende skredtype, og vil ligge til grunn ved fastsettelse av faresonegrenser.

4.5 Faresonekart

På bakgrunn av faren for steinsprang med utløp ned på området vurderes det som nødvendig å legge en faresonegrense for sikkerhetssone S3 et stykke inn på området. Simuleringsresultater viser at steinsprang har et maksimalt utløp på 20-33 m ut fra skjæringsfot.

Ut fra en samlet vurdering er faresonegrense S3 satt til en fast avstand (30 m) langs skjæringen på industriområdet. Ettersom planlagt tiltak er definert som storulykkevirksomhet er det viktig at slik virksomhet plasseres i et område uten skredfare. Det ble avholdt et møte med deltakere fra Norconsult, Veidekke/ Bergmesteren Raudsand og NVE 22.10.2017 med hensikt å få gjort avklaringer knyttet til krav i TEK for storulykkevirksomhet. Her ble det av NVE vist til gjeldende praksis der det *'ikke byr på problemer om storulykkevirksomhet legges utenfor faresonegrense for sikkerhetsklasse S3'* (Medby, 2017). Dette forstås som at storulykkeobjekt kan plasseres utenfor faresonegrense S3 (forutsatt at den ikke betinger sikringstiltak).

Deler av anlegget som er definert som storulykkevirksomhet må plasseres utenfor faresonegrensegrense for sikkerhetsklasse S3. Byggverk der forventet personopphold er over 25 personer eller der det kan være store samfunnsmessige eller økonomiske konsekvenser havner inn under sikkerhetsklasse S3, og må også plasseres utenfor faresonegrense S3. Byggverk hvor personopphold er under 25 personer eller økonomiske eller samfunnsmessige konsekvenser er middels store, havner i sikkerhetsklasse S2 og må plasseres utenfor denne grensen. Byggverk hvor det normalt ikke oppholder seg personer, som lagerhaller og garasjer, er definert i sikkerhetsklasse S1.

Det er tillatt å utføre sikringstiltak for de deler som ikke omslutes av storulykeforskriften, der ordinær S1, S2 og S3 gjelder. Dette vil kunne frigi et større areal ved at sikkerheten mot skred bedres og at faresonegrensene kan flyttes nærmere skjæring. Aktuelle sikringstiltak kan være rensk i terreng, fangnettgerde, fanggrøft og/eller skredvoll.

Det er tegnet et eget faresonekart for området hvor det nye administrasjonsbygget planlegges. Det er steinsprang som er vurdert å være dimensjonerende skredtype også for dette området. Bygget må plasseres utenfor faresonegrense for sikkerhetsklasse S3. Se kap. 6 for vurdering av skredfare for dette området.

4.6 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen er gjort på bakgrunn av eksisterende planer for mottaksanlegg for uorganisk farlig avfall ved Raudsand. Endring i planer for terrengutforming vil kunne gi endring i forutsetning for denne skredfarevurderingen og endring i skredfaren. Hvis det gjøres betydelige avvik fra foreliggende plan om framtidig terrengsituasjon, må det gjøres en ny vurdering av skredfare for området.

4.7 Vurdering av fare for påvirkning fra ustabile fjellparti

Det er detektert ustabile fjellparti med potensiale til å generere flodbølge i fjordsystemet hvor Raudsand ligger. Det er opplyst at det finnes et ustabilt fjellparti i fjordsystemet som ved en kollaps vil kunne nå fjorden og generere en flodbølge. I tillegg finnes det områder hvor mindre skred vil kunne føre til det samme. Oppskyllingshøydene er vurdert til henholdsvis <2 m og <1 m. Det er ikke utført detaljanalyser av flodbølge og oppskyllingshøyder i fjordsystemet, men erfaringer viser at de maksimale oppskyllingshøydene som NGU opererer med stemmer godt overens med maksimale oppskyllingshøyder fra slike detaljsimuleringer (NVE, 2017b). Med dagens plan for industriområdet ved Raudsand lagt til grunn, vil ikke de estimerte oppskyllingshøydene utgjøre en fare for anlegget. Ettersom virksamheten er definert som storulykkeobjekt må det tas hensyn til forventet havnivåstigning og at en slik hendelse vil kunne sammenfalle med ekstremvær som gir stormflo. Forventet 1000-års stormflo, inkludert havnivåstigning og klimapåslag, er 2,6 m (Norconsult, 2017). En må da legge til grunn at oppskyllingshøyde ved en slik hendelse kan være 4,6 m over dagens havnivå.

Ifølge foreliggende planer og tegninger skal anlegget ved Raudsand plasseres på kote +8. Det vurderes, ut fra foreliggende grunnlag, derfor å ikke være fare for at en eventuell fjellskredgenerert flodbølge vil nå planlagt anlegg.

5 Oppsummering av skredfarevurdering for industriområdet

Det er detektert ustabile fjellparti med potensiale til å generere flodbølger i fjordsystemet hvor Raudsand ligger (Figur 4). Estimert oppskyllingshøyde ved Raudsand er < 2m og anlegget planlegges plassert på kote + 8. Ettersom anlegget er definert som et storulykkeobjekt, må et scenario der en flodbølge sammenfaller med 1000-års stormflo vurderes. En 1000-års stormflo, inkludert forventet havnivåstigning og 20% klimapåslag, er estimert til 2,6 m over dagens havnivå. Basert på estimert oppskyllingshøyde for en eventuell fjellskredgenerert flodbølge ved Raudsand og anleggets planlagt plassering, vurderes industriområdet og ikke være utsatt for fjellskred eller sekundære virkninger av fjellskred.

På bakgrunn av observasjoner i felt og vurdering av grunnforhold i området vurderes området ikke å være utsatt for jord- og flomskred. Videre vurderes det å ikke være fare for snø- og sørpeskred med utløp ned på området.

Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype for industriområdet på Raudsand. Sannsynligheten for steinsprang med utløp ned til området vurderes å være lav, men kan ikke utelukkes. Fylkesveg og adkomstveger vurderes å være gode barrierer for eventuelle steinsprang fra oversiden av fylkesvegen. Simuleringer viser at det er steinsprang fra terrenget like i overkant av skjæring som vil ha størst sannsynlighet for utløp ned på industriområdet.

De delene av prosessanlegget som er definert som storulykkeobjekt kan i henhold til TEK17 ikke plasseres i skredfarlig terreng. Etter innspill fra NVE må storulykkevirksomhet derfor plasseres utenfor faresonegrense for sikkerhetsklasse S3. En etablering av rassikring vil ikke endre denne faresonegrensen for storulykkevirksomheten.

6 Skredfarevurdering for administrasjonsbygg

Det er utført en skredfarevurdering for området hvor nytt administrasjonsbygg planlegges, markert med rødt i Figur 2. Dette ligger ved nordre utløp av tunnelen på fylkesveg 666, like i overkant av skjæringstopp sør på industriområdet. Det planlagte bygget skal inneholde kontorlokaler, kantine, garderobefasiliteter og laboratorium. Forventet personopphold vil overstige 25 personer. I henhold til krav i Plan- og bygningsloven med tilhørende byggt teknisk forskrift (TEK17) utløser dette krav til sikkerhetsklasse S3, og største tillatte årlige nominelle sannsynlighet for skred 1/5000, se avsnitt 1.2 Gjeldende retningslinjer.

Området ligger innenfor aktsomhetsområdet for snøskred, definert av NVE og NGI sitt aktsomhetskart for snøskred og steinsprang (Figur 3). Det antas at sistnevnte er knyttet til fare for snøskred, basert på NVEs kart.

6.1 Områdebeskrivelse

Det ble utført befarings i det aktuelle området av ingeniørgeologene Ingvar Tyssekvam og Martine Lund Andresen 09.11.2017. Området i overkant av tomta hvor administrasjonsbygget planlegges plassert er begrenset i både størrelse og overhøyde. Lia vest for tunnel er relativt bratt og vegetasjonsdekt. I underkant av lia fram mot det hvite tårnet flater terrenget ut og er ujevnt (Figur 21). Det er observert en del blokker i terrenget i siste skråning ned mot tomt.



Figur 21: Oversiktsbilde som viser terreng i overkant av tunnel og planlagt administrasjonsbygg. Bygget planlegges plassert til venstre i bildet, nedenfor det hvite tårnet.

6.2 Skredfarevurdering

6.2.1 Snø- og sørpeskred

Deler av det aktuelle området ligger innenfor aktsomhetsområde for snøskred, definert av både NVE og NGI (Figur 3). Ettersom lia over aktuelt område er bratt og vegetasjonsdekt vil det ikke legges seg tilstrekkelig mengder snø til at et større snøskred vil kunne utløses. Det ujevne terrenget sørger for god heft for et eventuelt snødekke. Terrenget tilsier at mindre skred vil få utløp ned over tunnel, ut på flate eller ned på motsatt side av terrengrygg over tunnel. På bakgrunn av dette vurderes sannsynligheten for et snøskred med utløp ned på tomta å være lav. Det er ikke observert terrengformasjoner som tilsier at sørpeskred vil være en problemstilling i det aktuelle området. Det er heller ikke observert tegn til tidligere snø- eller sørpeskredhendelser i området. Tomta vurderes å ha tilstrekkelig sikkerhet mot snø- og sørpeskred.

6.2.2 Jord- og flomskred

Det er ikke observert betydelig løsmassemektighet eller bekkeløp og andre vannveger i det aktuelle området. Det er heller ikke observert tegn til tidligere jord- og flomskred hendelser. Terrenget er ujevnt og det er observert partier med blokker, dette gir god motstand mot utglidning ved en eventuell vannmetning av løsmassene. Feltobservasjoner og terrengets form tilsier at sannsynligheten for jord- og flomskred med utløp ned mot tomt for administrasjonsbygg er lav. På bakgrunn av dette vurderes tomta å ha tilstrekkelig sikkerhet mot jord- og flomskred.

6.2.3 Steinsprang

Det finnes skrenter og lokale berghamre i området over tunnelen. Terrengformasjonene i området tilsier at eventuelle nedfall fra oversiden av tunnel vil få utløp ut over tunnelpåhugg eller ned på motsatt side av terrengryggen. I overkant av planlagt bygg ligger en flate med en del blokker, hvor terrenget er ujevnt. Flaten vurderes å ville ha god fangevne og stoppe eventuelle nedfall med utløp i denne retningen. Det skal tas ut en del masse for etablering av bygg med tilhørende parkering. Dette resulterer i en skjæring på omkring 20 m sør på tomta, i retning det hvite tårnet. Ut ifra foreliggende planer vil en ved etablering av tomt og utspregning av skjæring, fjerne skrenten opp mot det flater partiet. Dette medfører at naturlig terreng med tilhørende skredrisiko opp til denne flata fjernes. Dette fører til at store deler av tomta ikke lenger vurderes å være skredutsatt. Det er observert blokker i terrenget sørvest for skjæring. Det vurderes derfor å kunne være fare for nedfall fra dette området med utløp inn på tomta.

6.2.4 Dimensjonerende skredtype og faresonegrenser

Steinsprang vurderes å være dimensjonerende skredtype for tomt for administrasjonsbygg.

På bakgrunn av fare for steinsprang med utløp ut på området vurderes det å være nødvendig og trekke en faresonegrense for sikkerhetsklasse S3 i tomtas hjørne i sørvest. Det er også tegnet grenser for faresone S1 og S2, se vedlagt faresonekart (Vedlegg 3).

Ettersom bygget som planlegges på aktuell tomt ikke er underlagt storulykkeforskriften, er det tillatt å utføre sikringstiltak mot skred. Sikringstiltak øker et områdes sikkerhet mot skred, og vil frigi en større del av tomtas areal ved at faresonegrenser kan flyttes nærmere skjæring, eller ved at skredrisiko elimineres. I dette tilfellet vurderes det at man ved rensk og avgraving av området anvist på kart i Vedlegg 4, vil oppnå akseptabel sikkerhet mot skred i henhold til krav for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. Risiko for ras fra fremtidig skjæring er ikke medtatt i vurderingen, da dette må ivaretas av prosjekteringen for tomten i forhold til utforming og å vurdere behov for sikringstiltak.

7 Innspill til videre prosjekteringsarbeid

Ettersom virksomheten er underlagt første ledd i byggt teknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» er det ikke tillatt å medregne sikringstiltak mot skred i vurdering av fare for skred med utløp inn på området og ved fastsettelse av faresonegrenser. Det er imidlertid tillatt å gjøre permanente terrengendringer, så lenge det ikke gjenstår en restrisiko etter endringen.

Skredfarevurderingen er gjort med foreliggende terrengmodell og planer for terrengendring i forbindelse med etablering av tiltaket som grunnlag. Dette innebærer en skjæring bestående av flere hyller og avsatter samt flatt terreng ut fra skjæringsfot. Det vil være en prosjekterings teknisk problemstilling å optimalisere utforming av skjæring og terreng i nedkant av skjæring for å ivareta sikkerheten mot ras på området som har kilde innenfor prosjektert område, og ikke dekkes av skredfarevurderingen som gjelder for naturlig terreng.

Det anbefales å utforme skjæring og terreng ut fra skjæringsfot på en slik måte at utløpslengden til eventuelle blokkutfall minimeres. Simuleringer og erfaring fra tidligere prosjekter viser at en skjæring med glatt kontur generelt gir kortere utløpslengde for steinsprang enn skjæringer bestående av flere hyller og avsatter, slik modellen foreligger på nåværende tidspunkt. Hvis det på grunn av bergmassekvalitet eller skjæringshøyde ikke lar seg gjøre å ta ut skjæringa i en høyde, anbefales det at skjæringa tas ut i to paller der en sørger for at flata mellom pallene er av tilstrekkelig bredde til at blokker vil kunne stoppe her. Nødvendig bredde vil avhenge av bergmassekvalitet og skjæringshøyde.

Simuleringer viser at utløpslengden til steinsprang reduseres hvis terrenget ut fra skjæringsfot legges noe lavere enn resterende terreng på området. Dette kan gjøres ved å senke terrenget nærmest skjæring noen meter, eller tilsvarende ved å heve området utenfor. Nivåforskjellen bør avsluttes med en bratt sidekant. Et annet alternativ vil være å legge fylling med jevn stigning fra skjæring og et stykke ut på området. Om en velger å senke terrenget er det viktig at stabilitet til fylling og eksisterende gruvesystem tas hensyn til. Det er gjort noen simuleringer med dette alternativet, og resultatet er at utløpslengden reduseres med 5 – 15 m, avhengig av terrengutforming og hvilket terrengprofil som er benyttet i simuleringen.

Det anbefales å utføre rensk av terreng i overkant av skjæring samt områdene ovenfor adkomstveger og fylkesveg. Dette vil redusere faren for steinsprang og øke sikkerheten til området innenfor faresonegrensene. Dette er ikke medregnet i vurdering av skredfare eller ved fastsettelse av faresonegrenser.

8 Referanser

Direktoratet for byggkvalitet. (2017, 08 20). *Veiledning om tekniske krav til byggverk*.

Lied, K. (2014). Snøskred. I K. Høeg, K. Karlsrud, & K. Lied, *Skred, skredfare og sikringstiltak*. Oslo: NGI og Universitetsforlaget.

Medby, K. H. (2017). *Avklaringer knyttet til krav i TEK for storulykkevirksomheter*. Møtereferat. Hentet 10 22, 2017

NGI. (2017, 08 04). *NGI skredkart. Helningskart*. Hentet fra skredkart.ngi.no

NGU. (2017a, 08 04). *Berggrunn- og løsmassekart*. Hentet fra www.ngu.no

NGU. (2017b, 09 19). *Ustabile fjellparti - nasjonal database for ustabile fjellparti*. Hentet fra http://geo.ngu.no/kart/ustabilefjellparti_mobil/

NGU. (2017c, 09). Ustabile fjellparti i Tingvollfjorden. *Personlig kommunikasjon per epost med lag for geofarer og jordobservasjon v. Thierry Oppikofer*.

Norconsult. (2017). *Flomfarekartlegging - D01*. Norconsult.

NVE. (2014a). *Flom- og skredfare i arealplaner*. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE. (2014b). *NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak*. Oslo: Norges vassdrags og energidirektorat (NVE).

NVE. (2017a, 08 04). *Skrednett*. Hentet fra www.skrednett.no

NVE. (2017b, 09 15). Håndtering av ustabile fjellparti i kategorien 'under arbeid'. *Personlig kommunikasjon per epost med fjellskredseksjon v. Gudrun Dreiås Majala*.

Pfeiffer, T., & Bowen, T. (1989). *Computer Simulations of Rockfalls*. Bulletin of the Association of Engineering Geologists XXVI (1) s. 135-146.

Sandersen, F. (2014). Løsmasse- og flomskred. I K. Høeg, K. Karlsrud, & K. Lied, *Skred, skredfare og sikringstiltak*. Oslo: NGI og Universitetsforlaget.

Statens vegvesen. (2017, 08 07). *Vegkart*. Hentet fra www.vegvesen.no/vegkart

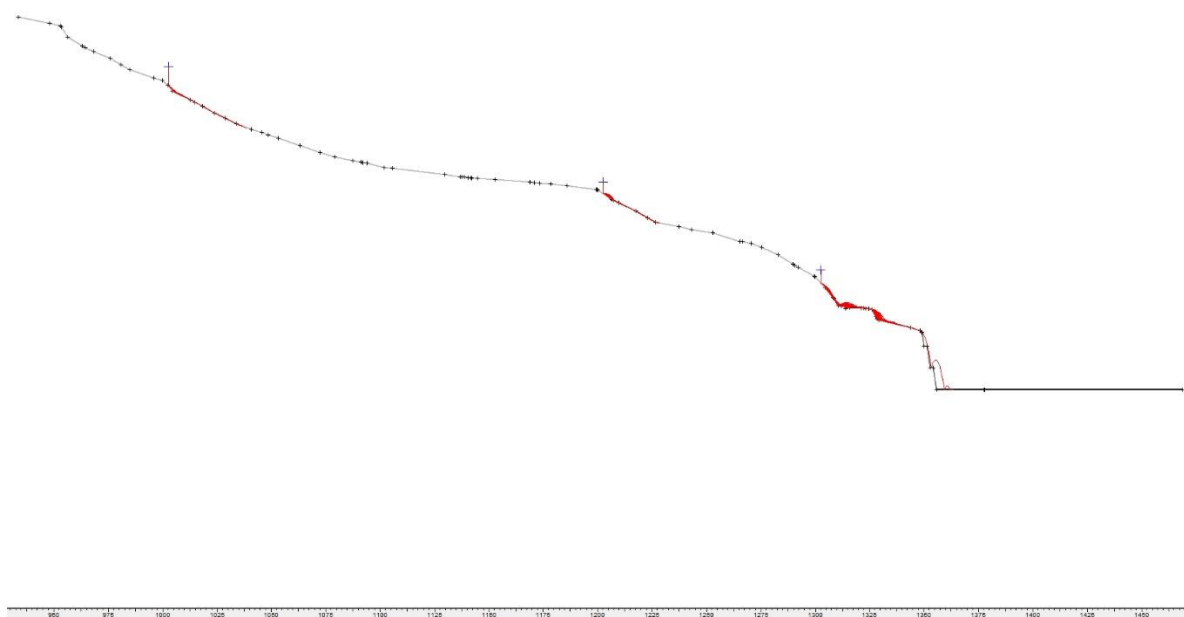
Vedlegg

- 1: Profiler som viser resultater fra steinsprangsimulering, RocFall.
- 2: Faresonekart for industriområdet ved sjø.
- 3: Faresonekart for tomt for administrasjonsbygg.
- 4: Kart med anvisning av området hvor sikringstiltak må utføres.

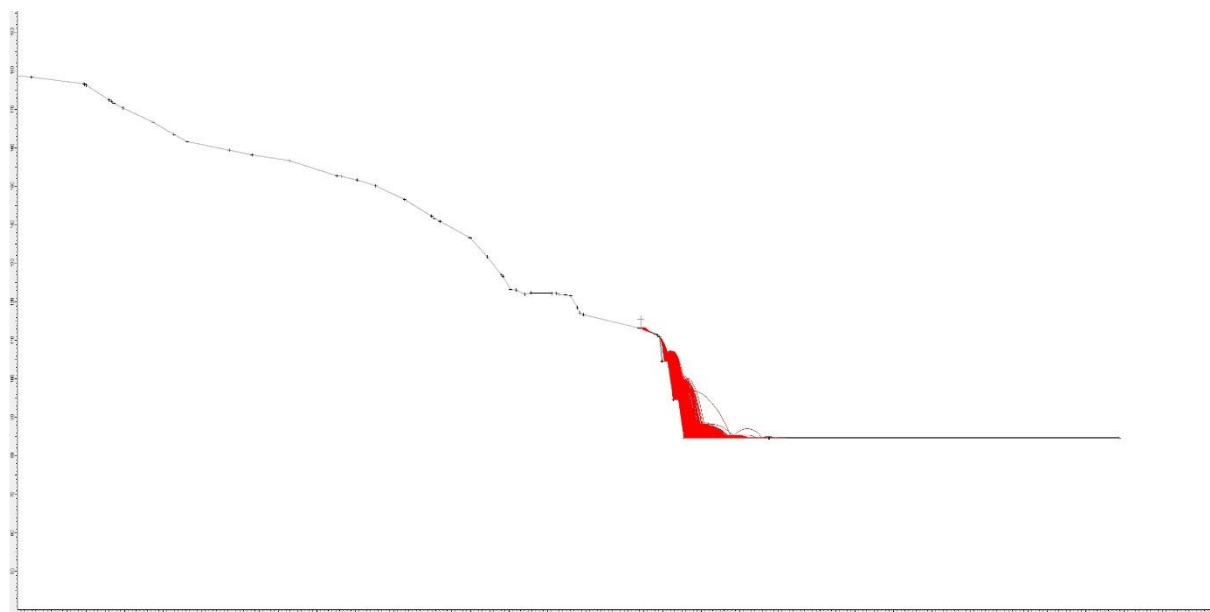
Vedlegg 1

1 Figurer som viser resultater fra steinsprangsimuleringer.

1.1 Profil 1



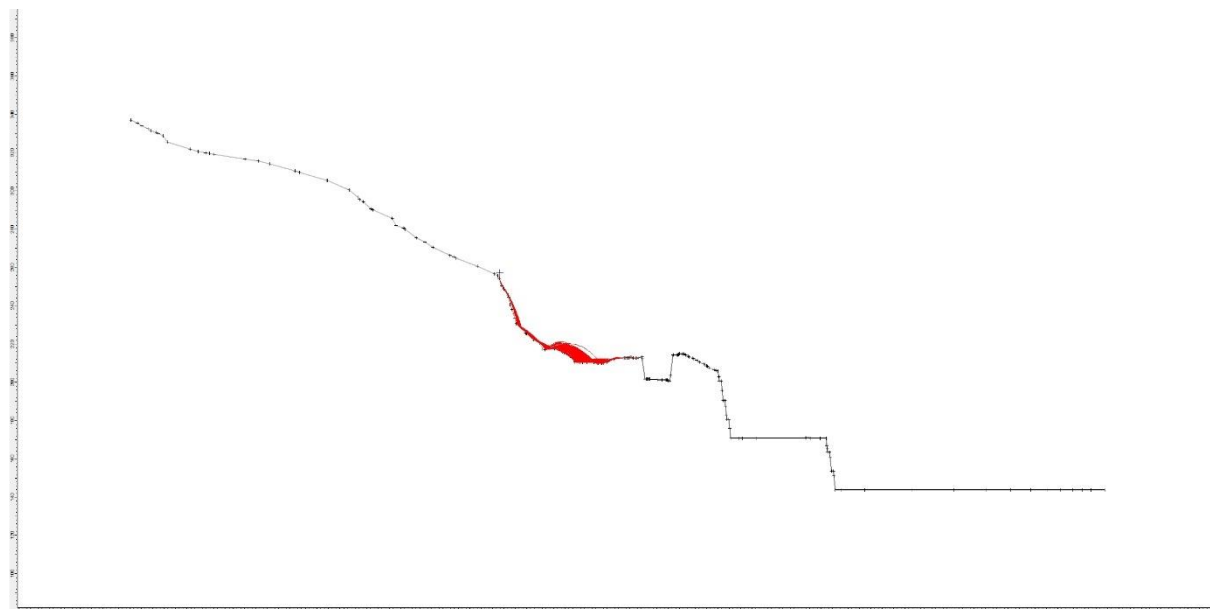
Figur 1: Profil 1. Løsneområder fra naturlig terreng over bergskjæring. Ser at det nederste løsneområdet potensielt kan gi steinsprang med utløp ned på området. Dette vurderes som lite sannsynlig.



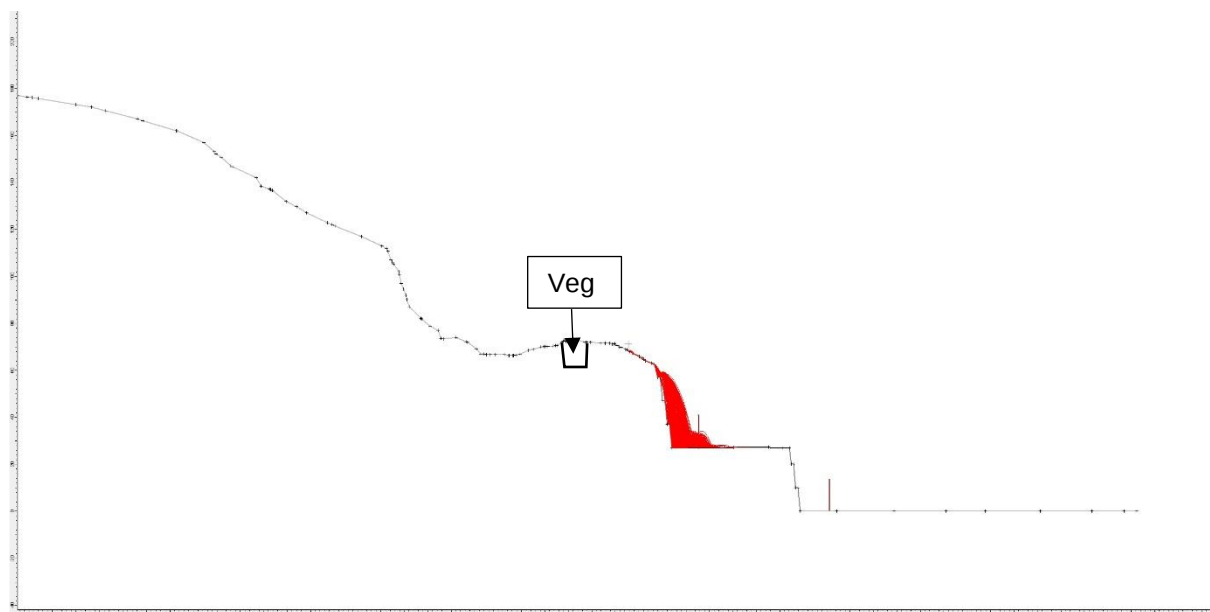
Figur 2: Profil 1. Løsneområde i terrenget i overkant av skjæring. Maksimalt utløp 26 m fra skjæringsfot.

1.2 Profil 2

Terrengprofil utformet etter innspill fra BMR/Veidekke ved Vidar Aarvold viser gjeldende plan. Det er opplyst at det ikke skal fjernes berg mellom tilkomstveg (som går i skjæring) og skjæringen ned mot industriområdet.

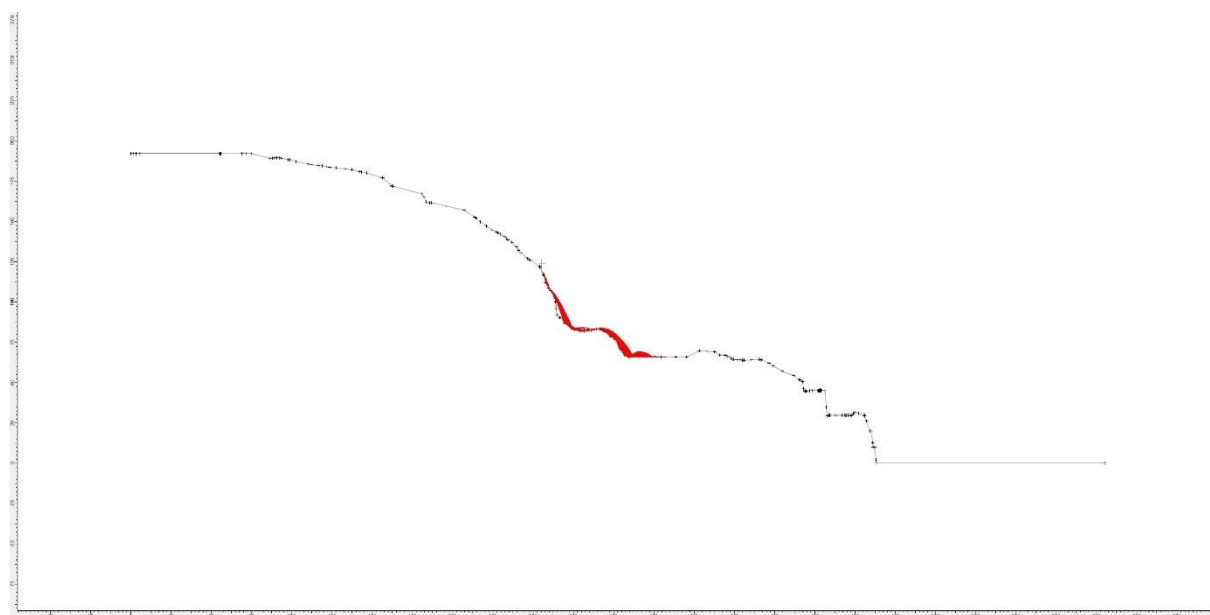


Figur 3: Profil 2 – endring etter innspill fra oppdragsgiver. Løsneområde i berghammer. Blokkene stopper før tilkomstveg.

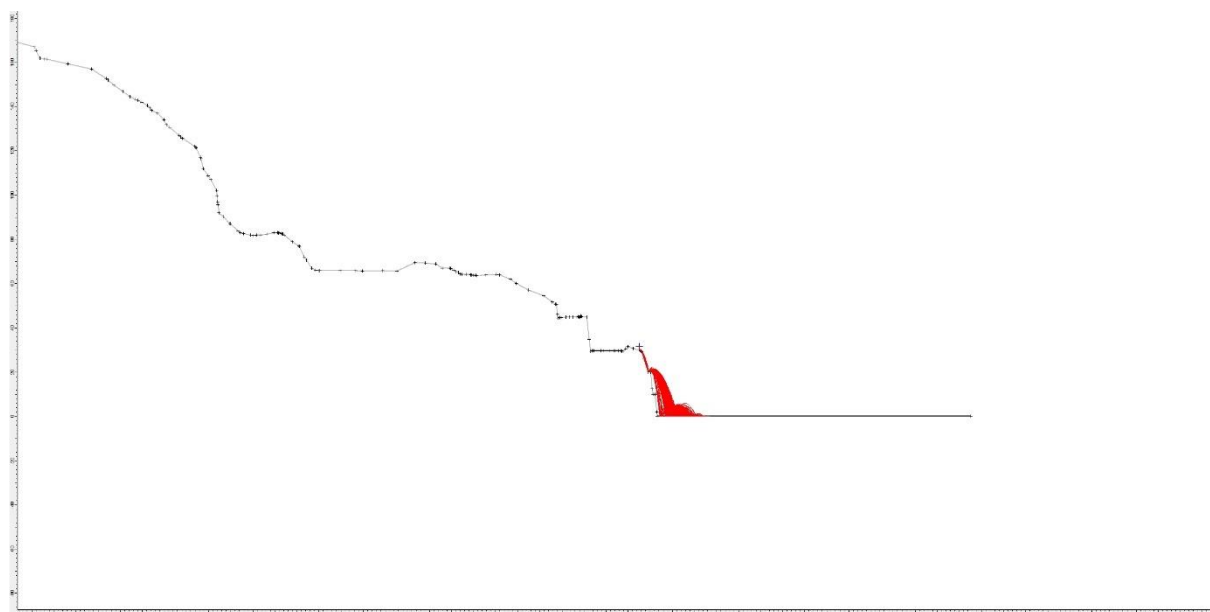


Figur 4: Profil 2. Løsneområde ovenfor skjæring. En del blokker stopper før området. Maksimalt utløp 33 m fra skæringsfot.

1.3 Profil 3

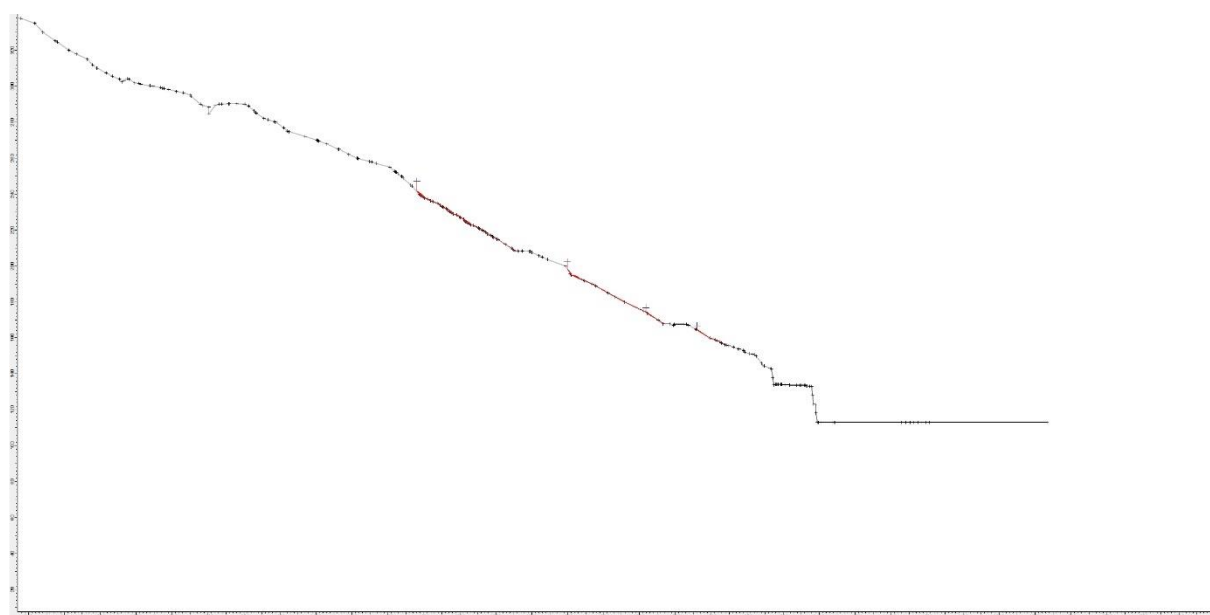


Figur 5: Profil 3. Løsneområde høyt i lia. Blokkene stopper i god avstand til skjæring.

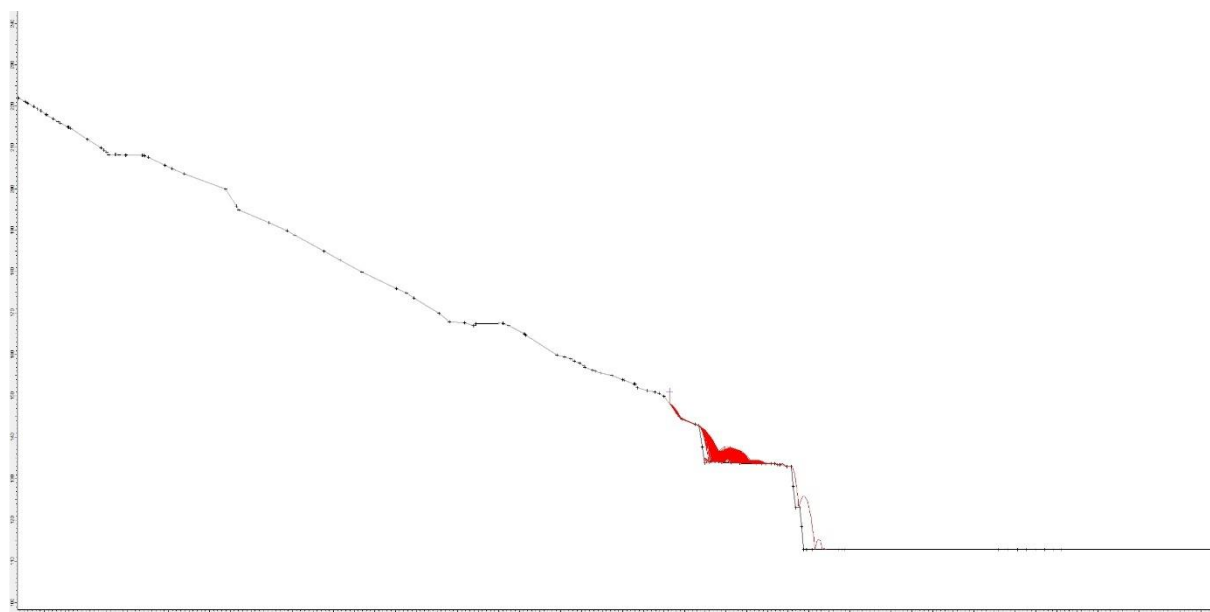


Figur 6: Profil 3. Løsneområde ovenfor toppkant skjæring. Alle blokker når området. Maksimalt utløp 32 m fra skjæringsfot.

1.4 Profil 4



Figur 7: Profil 4. Løsneområder høyt i lia. Ser at blokkene stopper etter kort tid og ikke gir utløp til industriområdet.

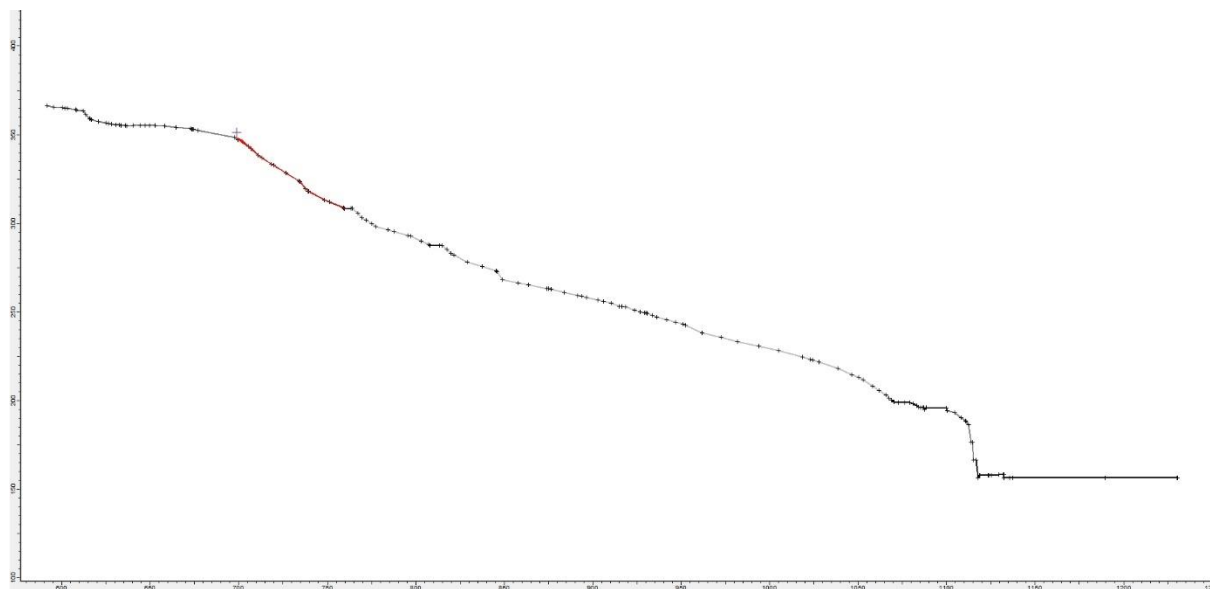


Figur 8: Profil 4. Løsneområde i terreng i overkant av skjæring. Ser at enkeltblokker kan ha utløp ned på det nedre industriområdet. Dette vurderes som lite sannsynlig da bredden på flaten som dannes av kryss for adkomstveger er stor langs dette profilet.

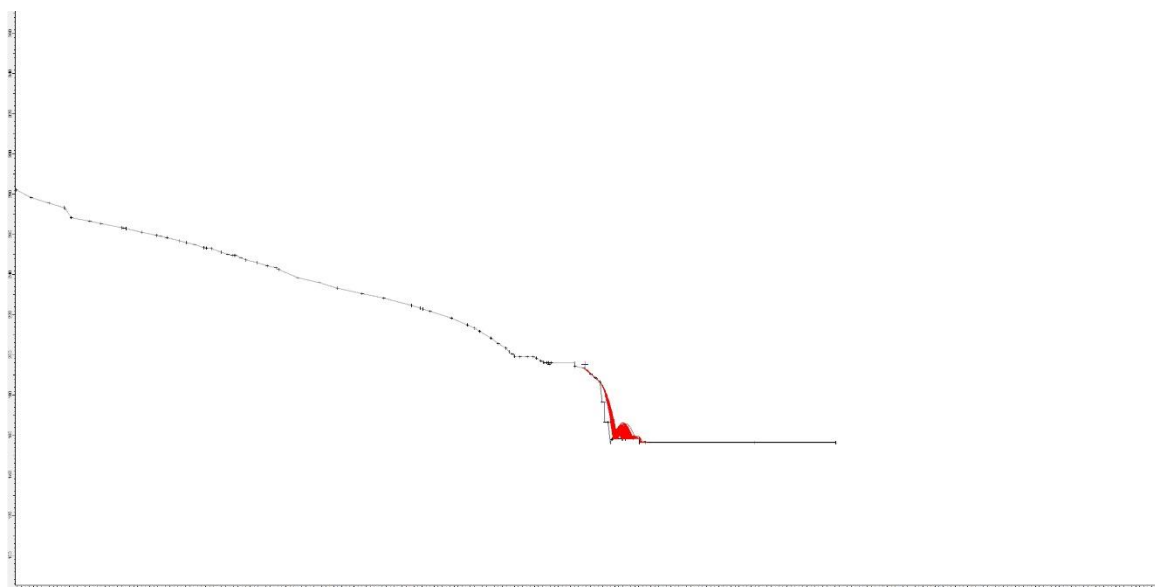
1.5 Profil 5

Ikke benyttet.

1.6 Profil 6

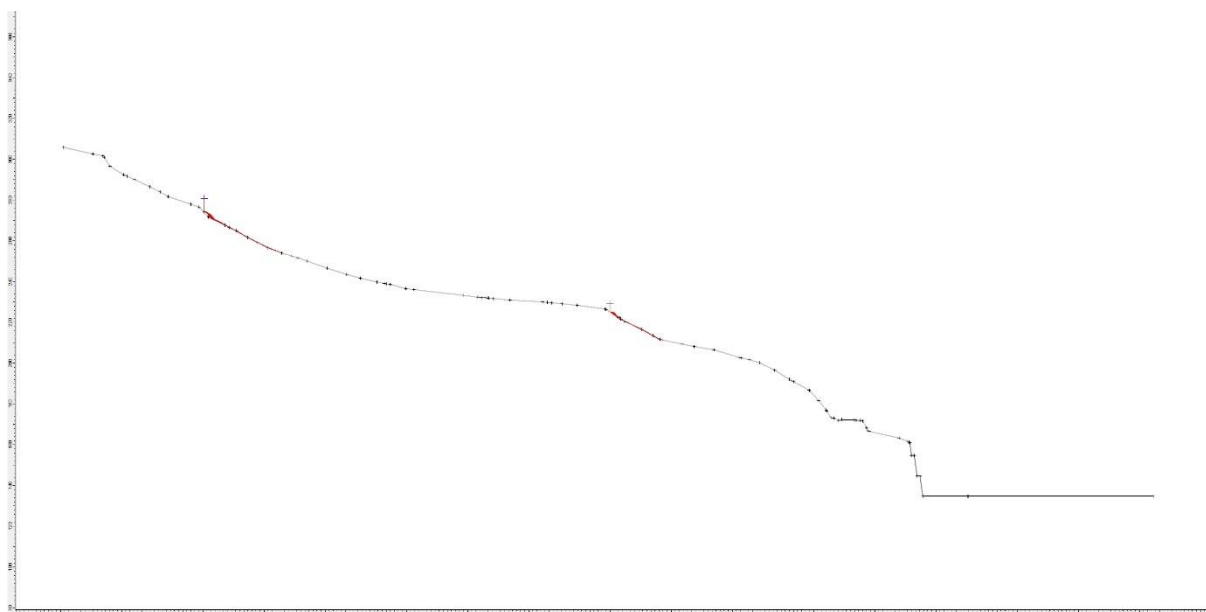


Figur 9: Løsneområde høyt i lia. Alle blokker stopper etter kort tid.

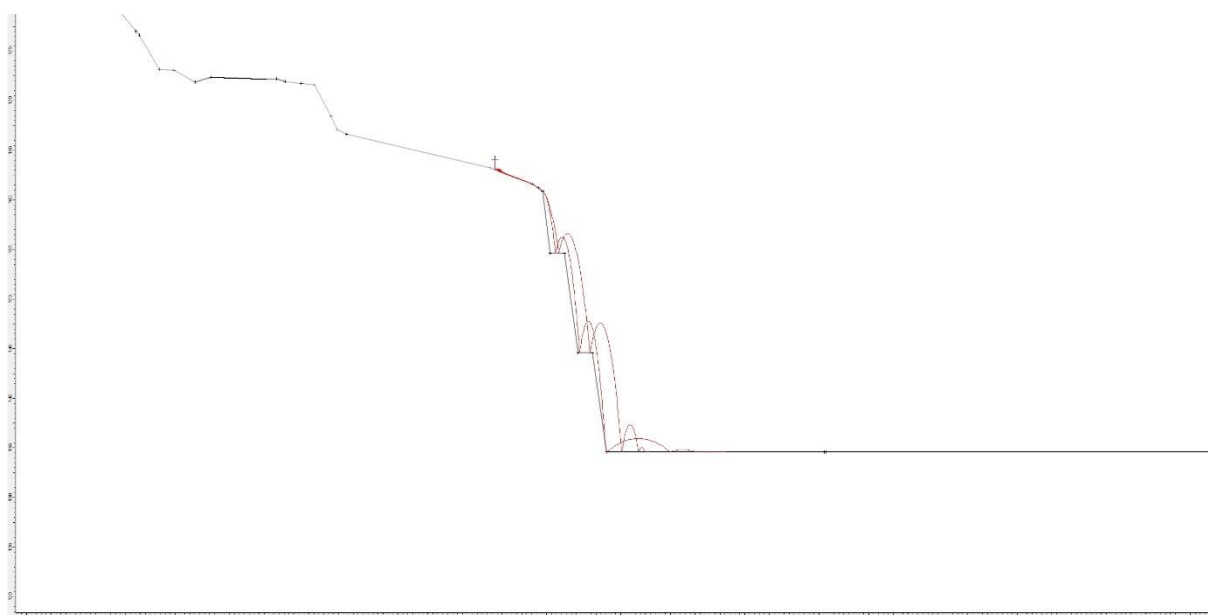


Figur 10: Profil 6. Løsneområde rett ovenfor skjæring. Alle blokker når området. Maksimalt utløp 20 m fra skjæringsfot.

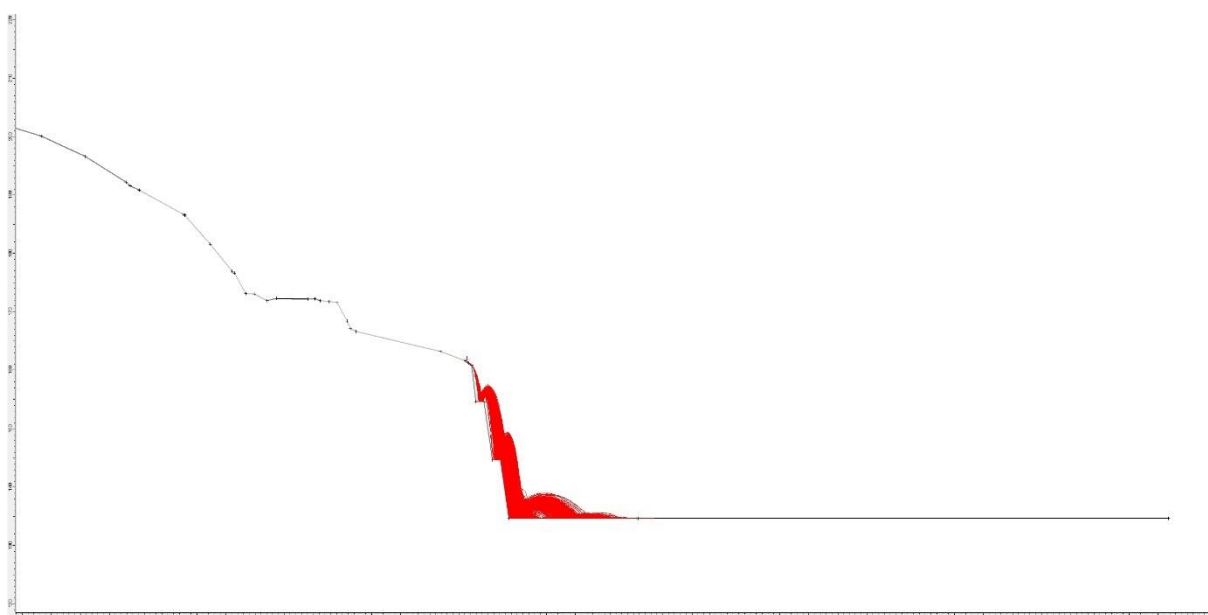
1.7 Profil 7



Figur 11: Profil 7. Løsneområder på oversiden av fylkesveg 666. Ser at blokkene stopper etter kort tid og ikke får utløp ned på industriområdet.



Figur 12: Profil 7. Ser at løснеområde i terrenget et stykke ovenfor skjæringstopp kan gi utløp ned på området. En stor andel av blokkene stopper før skjæring og får ikke utløp ned på området. Maksimalt utløp er 12 m fra skjæringsfot.



Figur 13: Profil 7. Løsneområde i terrenget ovenfor skjæring gir utløp ned på industriområdet. Maksimalt utløp er 23 m fra skjæringsfot.

