

Dato: 2021-06-15

Dette dokumentet er et internt notat som skal gi grunnlag for videre faglige vurderinger og anbefalinger. Notatet er en del av arbeidet med skissefasen for reguleringsplanene for Bybanen fra sentrum til Åsane. Reguleringsplanarbeidet er i en pågående prosess, og notatet gir et bilde av løsninger og vurderinger på det gitte tidspunkt. Både utarbeiding av løsninger og vurderinger av disse er en del av en arbeidsprosess der løsningene kan bli endret underveis, og notatene vil ikke nødvendigvis oppdateres. Skissefasen blir dokumentert i en offentlig oppsummeringsrapport, der løsninger og faglige vurderinger blir presentert. Oppsummeringsrapporten fra skissefasen vil være en orientering om status og vår faglige anbefaling til politikere om videre arbeid.

DSF – Skredfarevurdering påhuggsområder

Det er utført en detaljert skredfarevurdering av to kartleggingsområder ifm. utvidelse av Fløyfjellstunnelen mot Eidsvåg og ny tunnel for bybanen i Sandviken. Planlagte tiltak består av påhuggsområder og portaler. Det er brukt en kombinasjon av TEK17 (1) og SVV N200 (2) som grunnlag for skredfarevurderingen, men begge med samme sikkerhetsnivå; 1/1000 (TEK17 S2 og N200 ÅDT>8000).

Steinskred, snøskred, sørpeskred, flomskred og jordskred vurderes ikke som aktuelle eller relevante prosesser ifm. tiltakets plassering innenfor kartleggingsområdene.

Steinsprang er dimensjonerende skredtype i begge kartleggingsområder, og ingen av tiltakene tilfredsstillende krav til sikkerhet for sine respektive sikkerhetsklasser.

Det er utarbeidet detaljerte faresoner for steinsprang med gjentaksintervall på 1/100 og 1/1000 for begge kartleggingsområder. 1/100 faresone er basert på kartlagte avsetninger fra eldre steinsprang, mens 1/1000 faresone er basert på simulering av utløpslengder i RocFall (10). På grunn av utbygging av kartleggingsområdene er det ikke mulig å observere avsetninger fra steinsprang som kan angi utløpslengder for gjentaksintervall 1/1000. Det er utført simulering av utløpslengder langs 4 profil per kartleggingsområde.

Sannsynligheten for at skred rammer tiltaket kan reduseres til akseptabelt nivå ved gjennomføring av sikringstiltak. Potensielle sikringstiltak er kort beskrevet for hvert av kartleggingsområdene, men tiltak må prosjekteres i en egen RIG-rapport før utførelse. Aktuelle sikringstiltak vil være sikringsbolter i kombinasjon med fjellbånd og steinsprangnett, evt. forlenging av portaler, ved Eidsvåg, og fangnett evt. fangvoll i Sandviken.

Merk at denne vurderingen er basert på dagens skogforhold. Det anbefales å sette av skogen innenfor påvirkningsområdet som verneskog for å unngå tiltak som kan endre forutsetningene for denne vurderingen. Dersom det gjøres inngrep i skogen ovenfor kartleggingsområdet, kan det være nødvendig med ny vurdering av skredfare.

01D	Skredfarevurdering påhuggsområder	2021-06-15	Skjalg Lie Bakken	Gunne Håland	Ivar Øvretvedt	Ivar Øvretvedt
Versjon	Beskrivelse	Dato	Utarb. av	Fagkontroll	Tverf.kontr.	Godkj. av

INNHold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn og hensikt	4
1.2	Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter	6
1.2.1	TEK17	6
1.2.2	Statens vegvesen håndbok N200.....	7
1.3	Restrisiko for skred	7
1.4	Forutsetninger for skredfarevurderingen.....	8
1.5	Grunnlagsmateriale	8
1.6	Utførte undersøkelser	8
2	Områdebeskrivelse	9
2.1	Områdebeskrivelse Eidsvåg	9
2.1.1	Topografi.....	9
2.1.2	Berggrunn og kvartærgeologi	11
2.1.3	Skredhistorikk	12
2.2	Områdebeskrivelse Sandviken	14
2.2.1	Topografi.....	14
2.2.2	Berggrunn og kvartærgeologi	16
2.2.3	Skredhistorikk	17
2.3	Klima	18
2.4	Aktsomhetskart skred.....	22
2.5	Tidligere skredfarevurderinger	22
3	Feltobservasjoner	23
3.1	Feltobservasjoner Eidsvåg	23
3.2	Feltobservasjoner Sandviken.....	30
4	Skredfarevurdering	37
4.1	Skredfarevurdering Eidsvåg	37
4.1.1	Steinsprang og steinskred	37
4.1.2	Snøskred	38
4.1.3	Sørpeskred	38
4.1.4	Flomskred	39
4.1.5	Jordskred.....	40
4.1.6	Oppsummering skredfarevurdering Eidsvåg	41
4.1.7	Faresonekart	41
4.1.8	Potensielle sikringstiltak	41

4.2	Skredfarevurdering Sandviken	43
4.2.1	Steinsprang og steinskred	43
4.2.2	Snøskred	43
4.2.3	Sørpeskred	44
4.2.4	Flomskred	44
4.2.5	Jordskred.....	44
4.2.6	Oppsummering skredfarevurdering Sandviken	44
4.2.7	Faresonekart	45
4.2.8	Potensielle sikringstiltak	45
5	Referanser	47
6	Vedlegg.....	48
6.1	Vedlegg 1: Aktsomhetskart	48
6.1.1	Aktsomhetskart Eidsvåg.....	48
6.1.2	Aktsomhetskart Sandviken	49
6.2	Vedlegg 2: Skredsimuleringer i Rocfall	50
6.2.1	Resultat Eidsvåg	51
6.2.2	Resultat Sandviken.....	55

1 Innledning

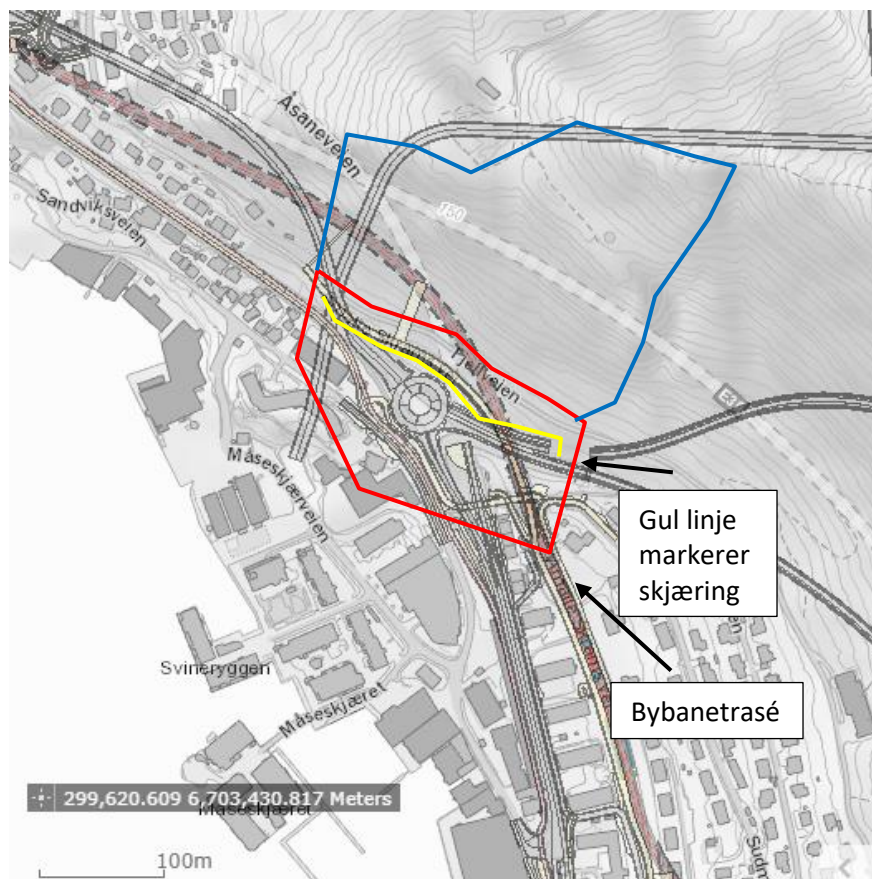
1.1 Bakgrunn og hensikt

Som en del av arbeidet med reguleringsplaner og teknisk forprosjekt for Bybanen fra sentrum til Åsane er Norconsult AS engasjert av Bergen kommune for å utføre skredfarekartlegging av påhuggsområder og portaler ifm. utvidelse av Fløyfjellstunnelen mot Eidsvåg, samt tunnelpåslag for Bybanen og ny avkjøringsrampe for E39 i Sandviken (Figur 1 og 2).

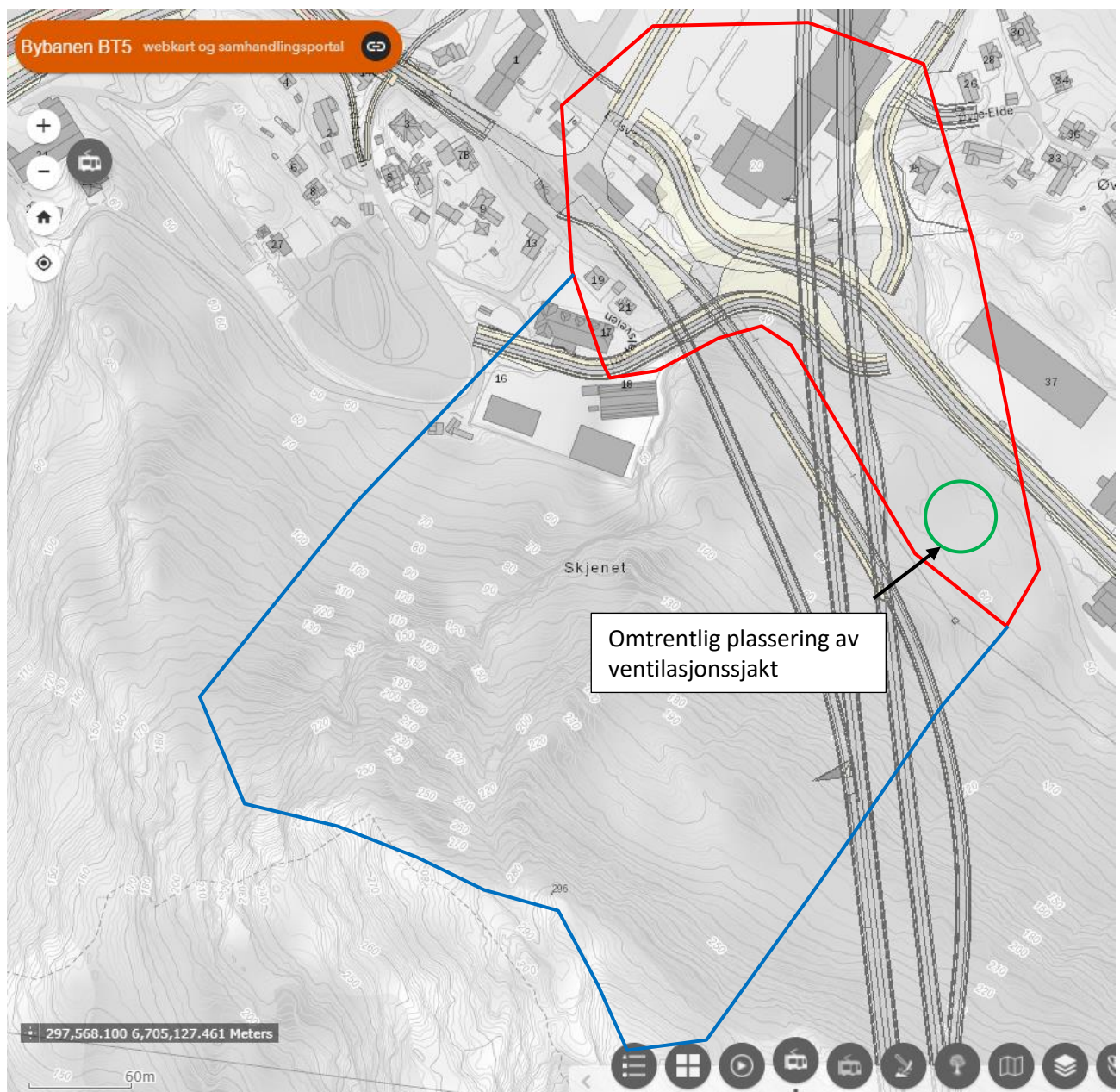
Kartleggingsområdene ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for snøskred og steinsprang, og utløser dermed krav om vurdering av skredfare i byggesak i henhold til TEK17 §7-3 (1) og SVV N200 (2). Alle skredtyper blir vurdert under en slik kartlegging.

Foreliggende rapport gir en kort gjennomgang av gjeldende retningslinjer, grunnlagsmateriale og en vurdering av skredfaren for kartleggingsområdet. Hensikten med denne rapporten er å gjennomføre en vurdering av skredfaren for aktuelt område, og deretter vurdere om krav til sikkerhet er ivaretatt i henhold til krav i TEK17 og N200.

I resten av dokumentet vil områdene omtales som kartleggings- og påvirkningsområdet, der kartleggingsområdet defineres som selve plasseringen av tiltaket, mens påvirkningsområdet defineres som tilstøtende areal med mulige løseområde for skred som kan påvirke tiltaket.



Figur 1: Oversikt over kartleggings- og påvirkningsområde i Sandviken (henholdsvis rødt og blått).



Figur 2: Oversikt over kartleggings- og påvirkningsområde ved Eidsvåg (henholdsvis rødt og blått).

1.2 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

Videre arbeid baseres på sikkerhetsklasser definert i TEK 17 §7-3 (1) og Statens vegvesen håndbok N200 (2). Vi vil benytte SVV N200 for påhuggsområder og portaler ifm. utvidelse av Fløyfjellstunnelen mot Eidsvåg, samt ny avkjøringsrampe i Sandviken. TEK17 vil benyttes for påhuggsområder og skjæringer ifm. tunnelinngang for Bybanen i Sandviken. Samme sikkerhetsklasse vil bli gjeldende for hele prosjektet, uavhengig av forskrift; S2 (1/1000) for TEK 17 og ÅDT >8000 (1/1000) for SVV N200.

1.2.1 TEK17

Sikkerhetskravene 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» (1).

Norges vassdrags- og energidirektorat (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 (3). 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 (4).

I henhold til TEK17 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.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder (1).

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

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der skred vil føre til middels konsekvens. Eksempel er bustadbygg med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg. S2 gjelder generelt byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

I S3 inngår byggverk der skred vil føre til store konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

Planlagt tiltak består av påhuggsområde og portaler ifm. forlenging av Fløyfjellstunnelen mot Eidsvåg, samt påhuggsområde for Bybanen og ny avkjøringsrampe for E39 i Sandviken. Det er i ingeniørgeologisk og hydrogeologisk rapport (5) foreslått at tiltakene skal plasseres i sikkerhetsklasse

S3, men vi vurderer at det er tilstrekkelig å benytte sikkerhetsklasse S2 da dette samsvarer bedre med krav i TEK17.

1.2.2 Statens vegvesen håndbok N200

Håndbok N200 er hjemlet i forskrift til veglovens §13, og inneholder tekniske standardkrav for vegbygging på offentlig vegnett. Dette inkluderer ingeniørgeologisk vurdering av sikkerhet mot skred.

«Fare for skred ned på veg fra naturlig sideterreng skal vurderes av skredfaglig rådgiver, og sikkerhetstiltak skal planlegges ut ifra valgt sikkerhetsnivå. Valg av sikkerhetsnivå (restrisiko) for skred på veg gjøres for hvert enkelt vegprosjekt. Akseptkriterier for skred på veg er definert ut fra en årlig nominell sannsynlighet per enhetsstrekning og konsekvens. Det tas utgangspunkt i samlet skredsannsynlighet per km veg og konsekvens måles ved fremskrevet årsdøgntrafikk (ÅDT). Årsdøgntrafikk er et gjennomsnittstall for daglig trafikkmengde. Akseptkriteriene er tilpasset normal biltrafikk som vil ha kortere eksponeringstid enn tiltak beskrevet i TEK17.

Restrisikoen for skred på veg skal være lavere enn tolererbar skredsannsynlighet, og bør være lavere enn akseptabel skredsannsynlighet gitt i tabell 208.1. I valg av endelig sikkerhetsnivå (restrisiko) skal det legges vekt på skredintensitet og skadepotensiale fra skred, konsekvenser av stengt veg regionalt og lokalt, kostnader for å oppnå ulike sikkerhetsnivå mv. (2)»

N200 bruker en tilpasning av sikkerhetskravene i TEK17, og gjelder for strekninger der trafikken normalt er i flyt. For områder hvor det tilrettelegges for stans gjelder sikkerhetskrav i TEK17.

Tabell 2: Tabell 208.1 i N200, sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg.

Dimensjonerende trafikkmengde	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Skred-sannsynlighet						
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

Det estimeres en dimensjonerende trafikkmengde >8000 for tunnelutløp både i Eidsvåg og Sandviken. Dette medfører at akseptabel årlig nominell skredsannsynlighet havner på 1/1000. Dette er tilsvarende sikkerhetsklasse S2 i TEK17. Tolererbar nominell sannsynlighet er på 1/100.

1.3 Restrisiko for skred

Plan og bygningsloven med tilhørende byggt teknisk forskrift TEK17 definerer hvor stor risiko (årlig nominell sannsynlighet) for skred som kan aksepteres, og dette er gjenspeilet i de ulike sikkerhetsklassene for skred. Kravene i forskriften er formulert ut ifra at desto større konsekvensen av skred kan være, desto lavere nominell sannsynlighet for skred kan aksepteres.

Årlig nominell sannsynlig er per definisjon i TEK17 vurdert ut ifra en enhetsbredde definert av en tomtebredde angitt til 30 meter. Regelverkets krav til største årlige nominelle sannsynlighet for skred medfører at maksimale utløpslengder for skred vil være lenger enn fastsatte faresonegrenser. Ut ifra gjeldende regelverk vil det derfor være en restrisiko for skred utover faresonegrensene.

1.4 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforhold som er aktuelle på utredningspunktet. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig. Ifølge NVEs veileder så kan evt. endring av disse forutsetninger gi behov for ny skredfareutredning (6).

1.5 Grunnlagsmateriale

- Terrengmodell (DTM) fra 2011 og 2016 med oppløsning på 0,5 m. Hentet fra www.hoydedata.no
- Tilgjengelige ortofoto fra www.norgebilder.no
- Berggrunnskart og løsmassekart fra NGU (7)
- NVEs aktsomhetskart for snøskred og steinsprang. Hentet fra www.atlas.nve.no
- Registrerte skredhendelser fra NVEs nasjonale skredatabase. Hentet fra www.atlas.nve.no

1.6 Utførte undersøkelser

Det er utført feltkartlegging innenfor den del av påvirkningsområdet som var tilgjengelig til fots for å undersøke mulige løsneområder og spor etter tidligere skred, samt vurdere sannsynlighet for nye skred. Befaring ble utført av Skjalg Lie Bakken (Norconsult) 25.03.21 og 26.03.21. I forkant av befaring er tilgjengelig kartgrunnlag studert. Observasjoner gjort under befaring ble registrert via digitalt kartleggingsverktøy. Det var lett regn og fuktige forhold under befaring, men siktforholdene var relativt gode.

Feltobservasjoner er sammenholdt med tilgjengelig grunnlagsmateriale jfr. kapittel 1.5.

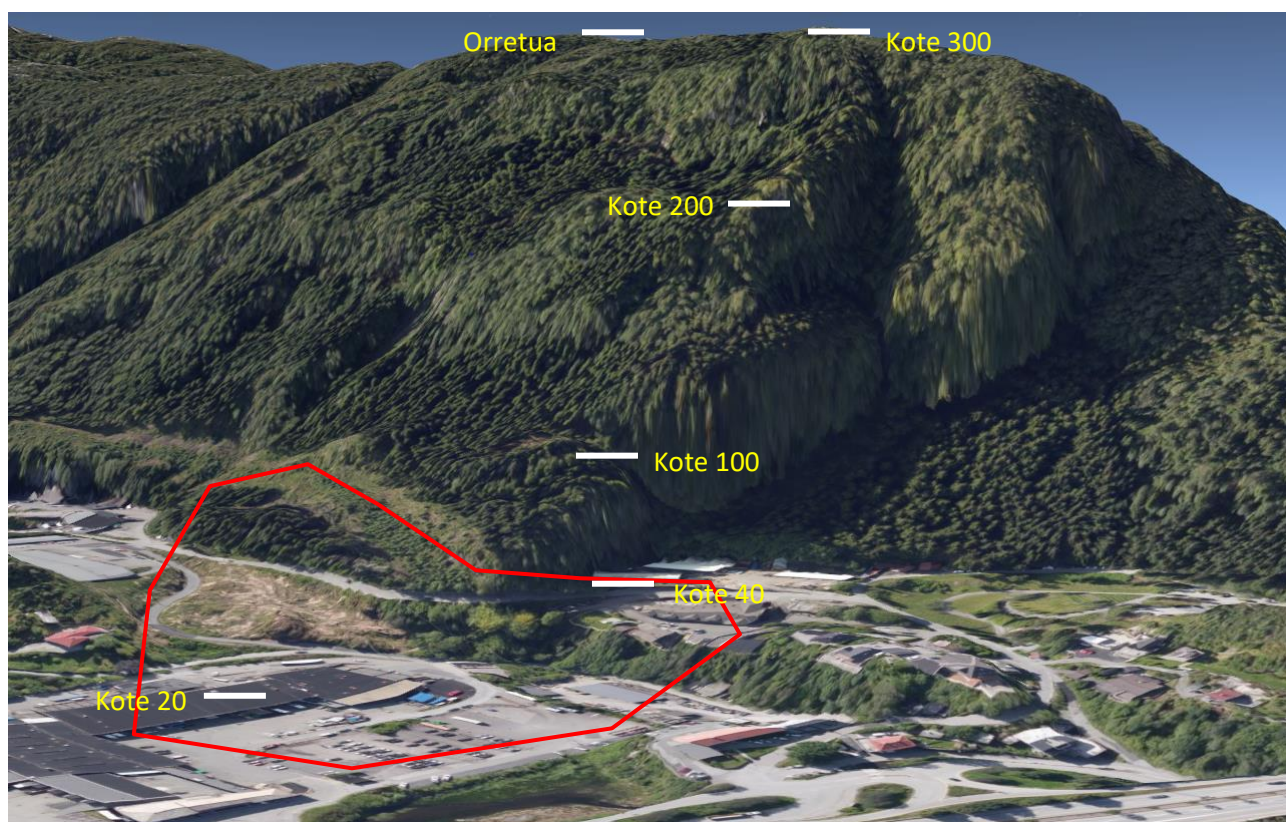
2 Områdebeskrivelse

Kapittel om områdebeskrivelse deles inn i to delkapittel, ett for hvert av kartleggingsområdene.

2.1 Områdebeskrivelse Eidsvåg

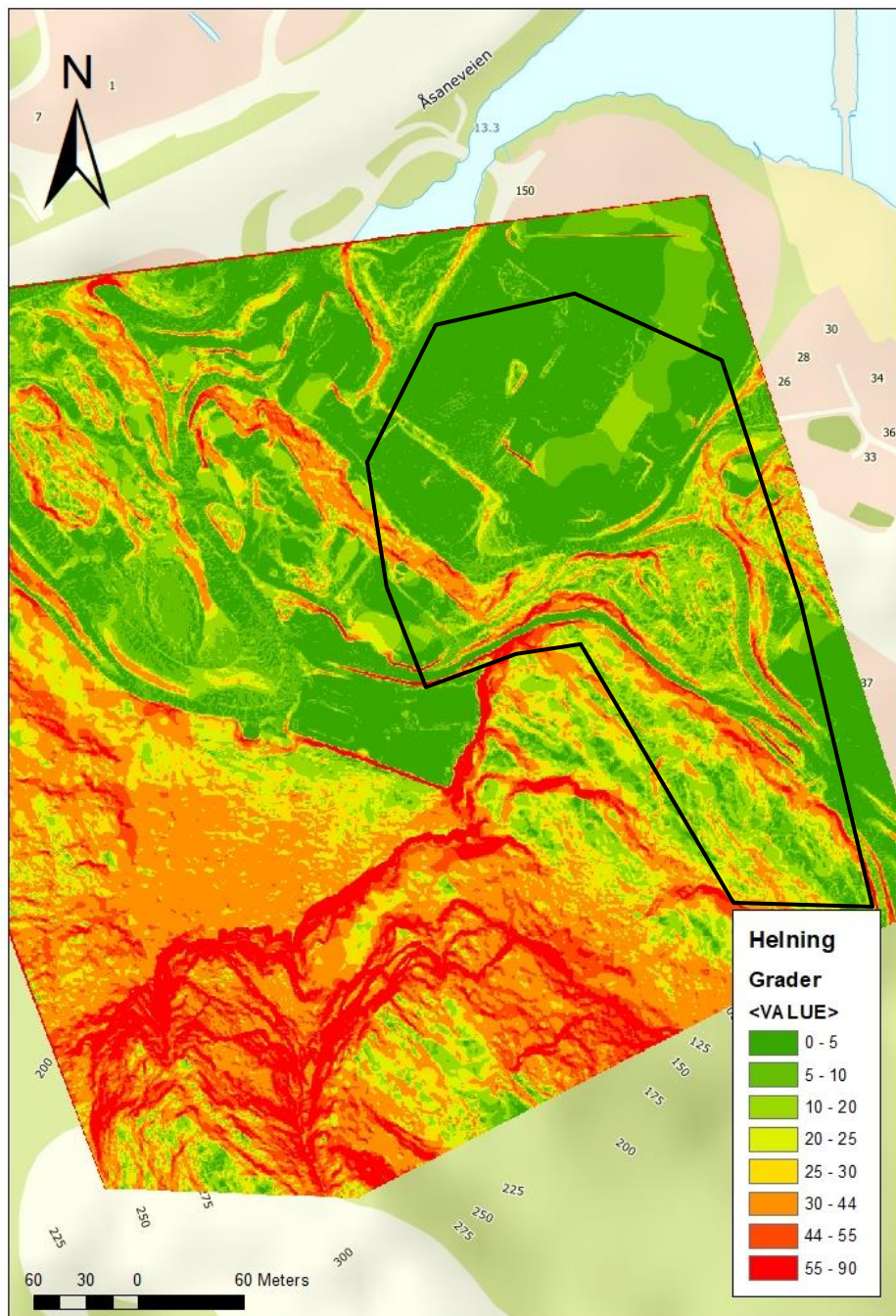
2.1.1 Topografi

Kartleggingsområdet i Eidsvåg ligger mellom kote 20 og kote 70, og ligger i hovedsak på en flat slette som skråner opp mot fjellet i bakre del av området. Påvirkningsområdet består av en skogkledd fjellside som strekker seg opp mot kote 300, og defineres av at bratt gjel med flere vertikale skrenter i vestre del. Østre del av påvirkningsområdet består av flere slakere platåer separert av bratte skrenter (Figur 4). Området mellom kote 100 og 200 er den bratteste delen av påvirkningsområdet, mens hele fjellsiden har en gjennomsnittlig helning på 32° mellom kote 20 og kote 300.



Figur 3: Oversikt over terreng i bakkant av kartleggingsområde. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet. Figuren er vendt mot sør. (www.norgebilder.no)

Figur 4 viser helningskart generert fra digital terrengmodell med 0,5 m oppløsning.



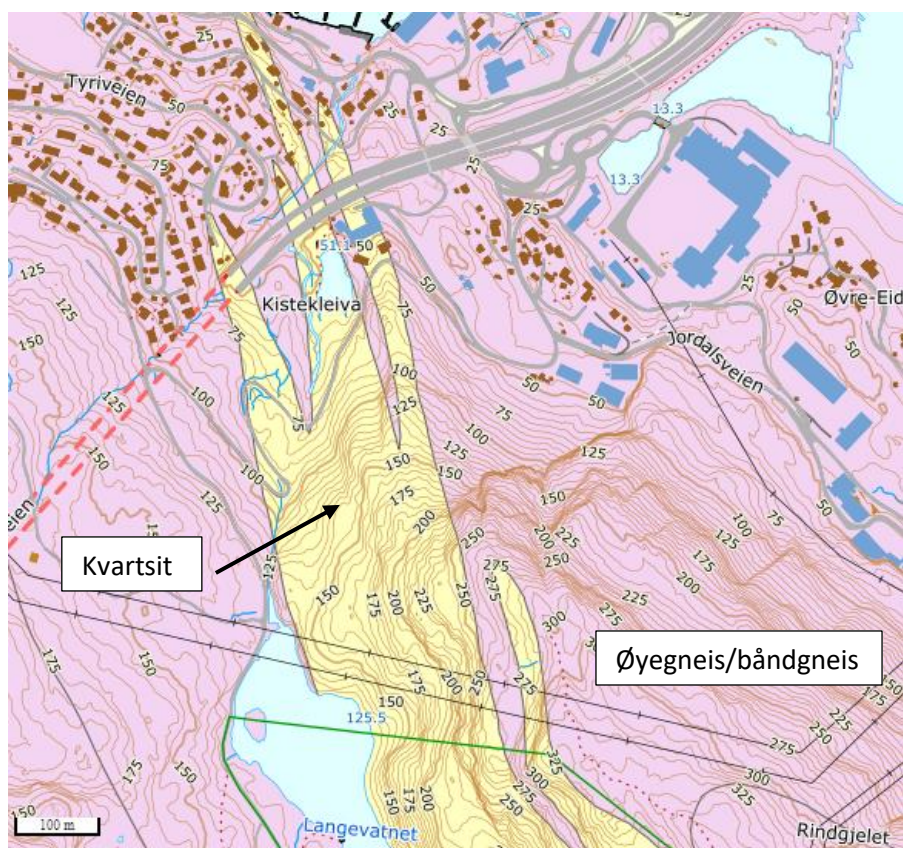
Figur 4: Helningskart over kartleggings- og påvirkningsområdet. Svart omkrets markerer kartleggingsområdet.

2.1.2 Berggrunn og kvartærgeologi

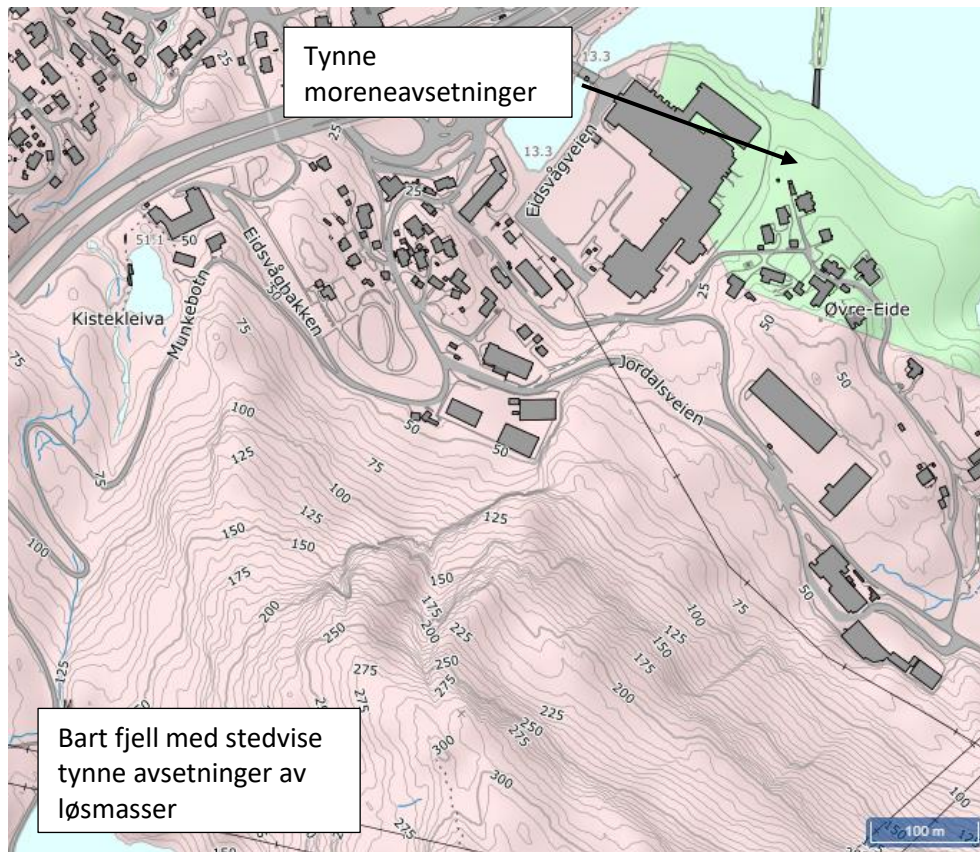
Det eksisterer kun grove regionale berggrunnskart og løsmassekart over området i målestokk 1:250 000 (7). Dette er for grov kartleggingskala for bruk til detaljerte skredfarevurderinger, og brukes kun for å gi overordnet oversikt.

Berggrunnskartet viser at berggrunnen i området består av øyegneis og båndgneis, med et bånd av kvartsitt mot vest (del av Blåmannsdekket) (Figur 5).

Løsmassekartet viser at mesteparten av området består av bart fjell med stedvise tynne avsetninger av løsmasser (Figur 6). Dette stemmer godt overens med observasjoner gjort under befaring, men det er også observert skredavsetninger med stor utbredelse i vestre del av påvirkningsområdet (Figur 18).



Figur 5: Berggrunnskart fra NGU (7).



Figur 6: Løsmassekart fra NGU (7).

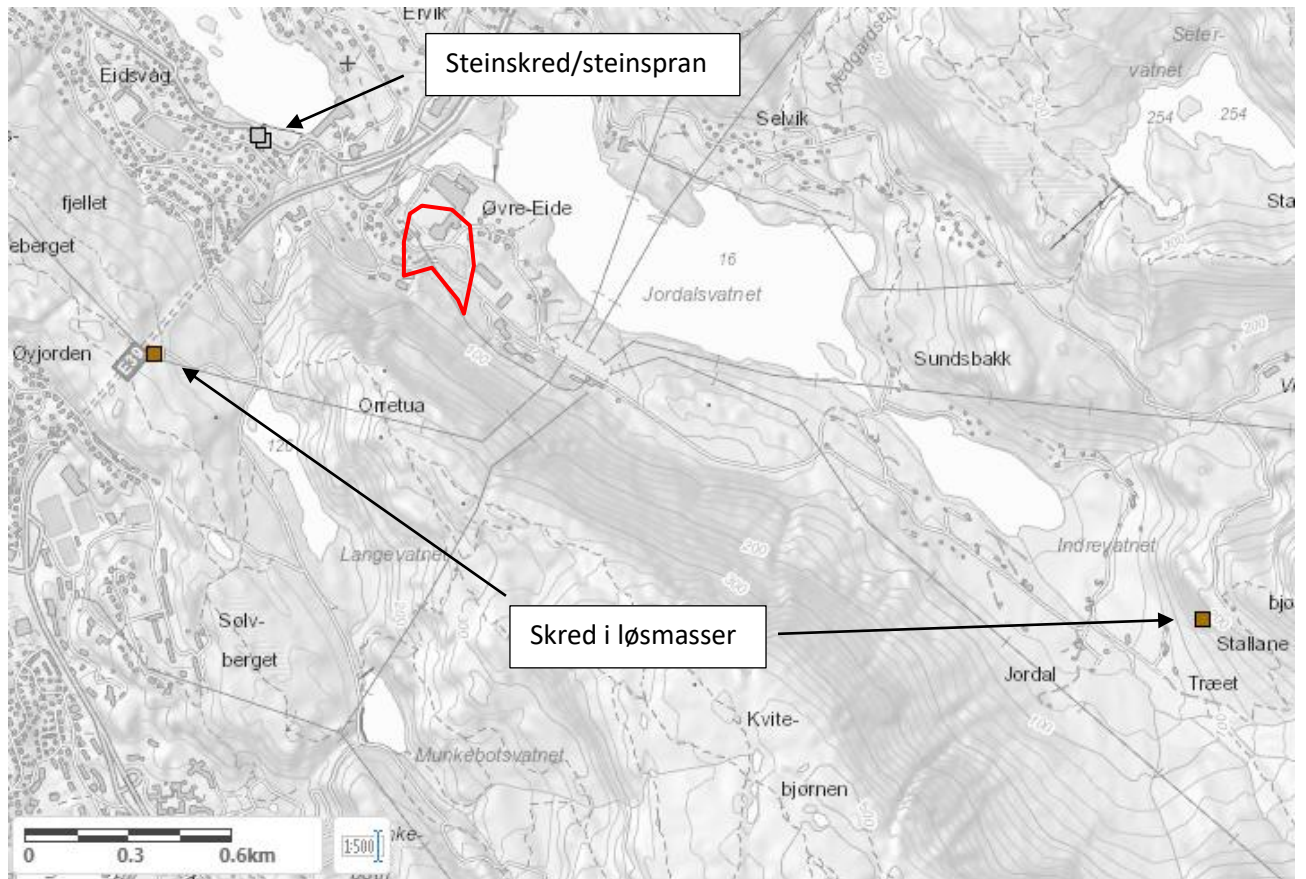
2.1.3 Skredhistorikk

I NVEs skredatabase er det ikke registrert skredhendelser i umiddelbar nærhet til kartleggingsområdet, men det er registrert noen hendelser i nærområde (Figur 7). Skrednett.no har følgende beskrivelse av løsmasseskredet ved E39 (29.12.2013):

«Skredbeskrivelse: Usikkert hva: stein og vann - flomskred? steiner og vann og grus rant ned i vegbanen.»

Det er registrert to steinskred NV for kartleggingsområdet, men dette er nok i realiteten mindre steinsprang/utglidning fra veiskjæring.

Sør-øst for kartleggingsområdet er det registrert en større skredhendelse fra ~1700, men det er lite tilgjengelig informasjon om hendelsen.



Figur 7: Oversikt over registrerte skredhendelser. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet.

2.2 Områdebeskrivelse Sandviken

2.2.1 Topografi

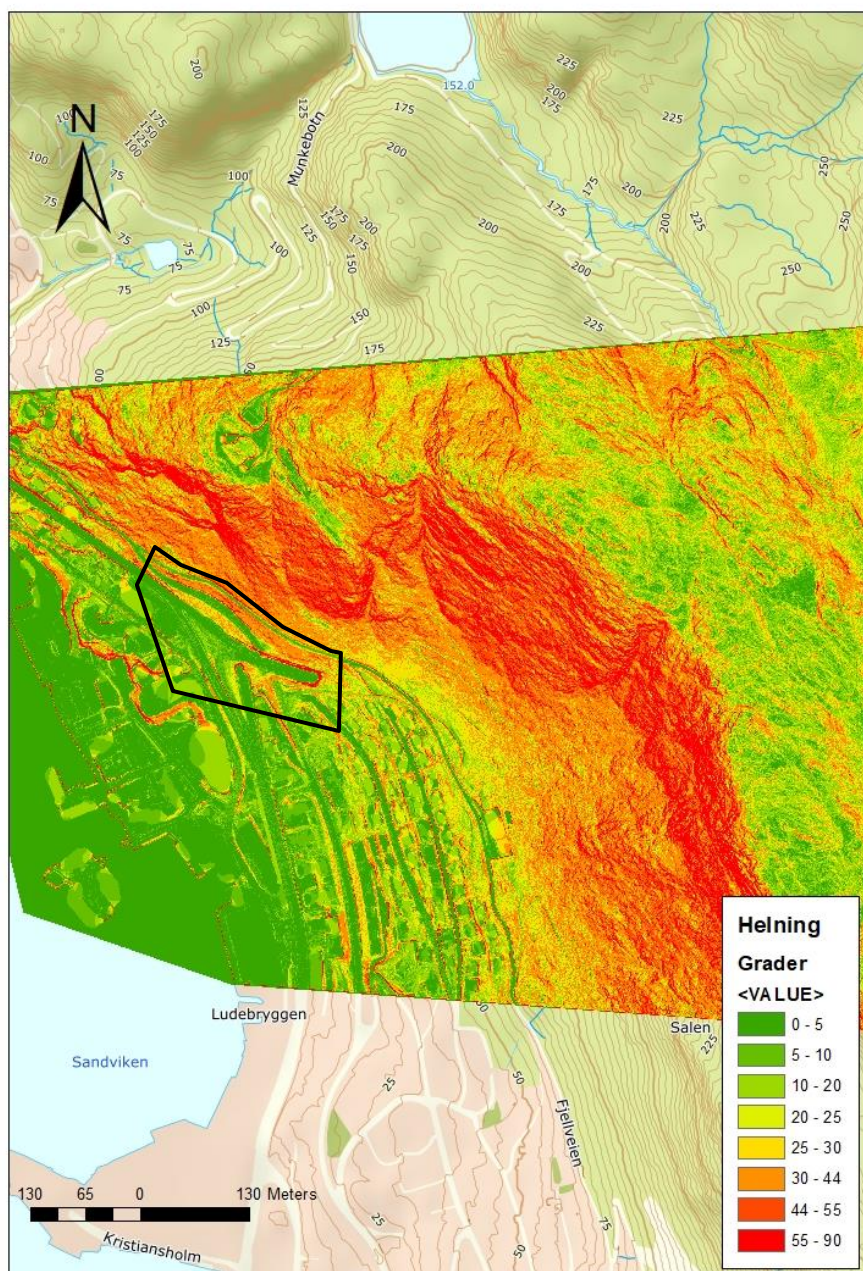
Kartleggingsområdet i Sandviken strekker seg fra kote 1 til kote 60, og består av industri/lagerbygg og infrastruktur i vestre del og boligområde i østre del (Figur 8). Påvirkningsområdet stiger bratt fra kote 50 og opp til kote 175 ved kanonbatteriet på Munkebotn, og består av delvis skogkledd skrener med helning mellom 30° og 90°. De bratteste områdene har ikke vegetasjon. Gjennomsnittlig helning fra kote 60 og opp til kote 175 ved senter av kartleggingsområdet er 60°. Terrenget flater gradvis ut under kote 60 og ned mot kote 0.

Fjellveggen i området rundt brytes enkelte steder av slakere kløfter der det er anlagt turstier opp på fjellet.



Figur 8: Oversikt over terreng i bakkant av kartleggingsområde. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet. Figuren er vendt mot NØ (www.norgebilder.no).

Figur 9 viser helningskart generert fra digital terrengmodell med 0,5 m oppløsning.

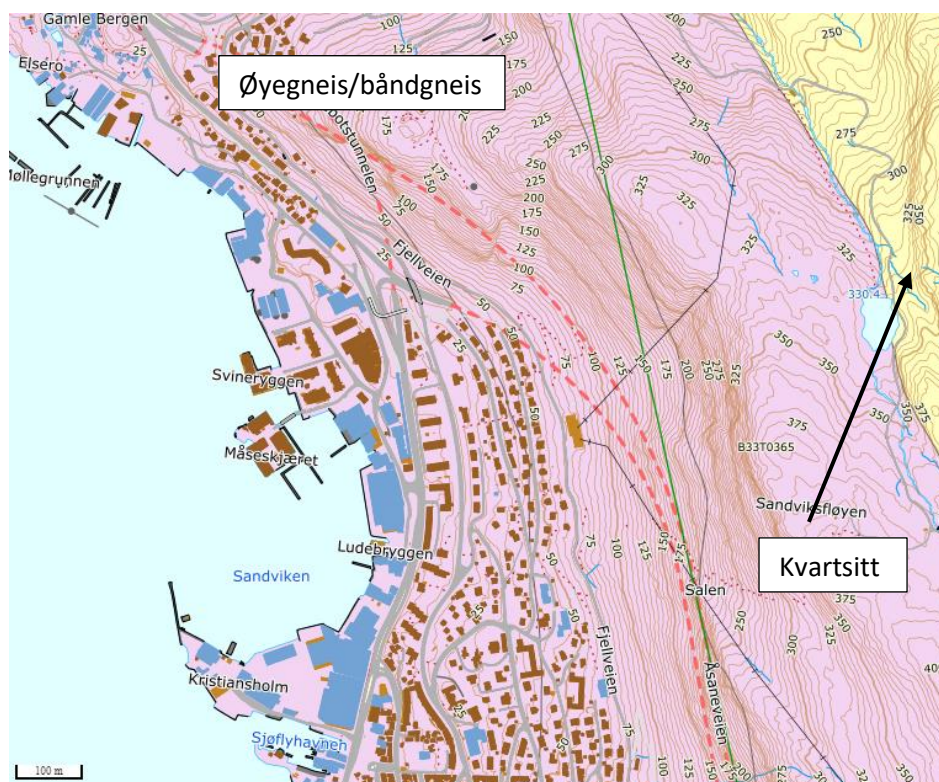


Figur 9: Helningskart over kartleggings- og påvirkningsområdet. Svart omkrets markerer kartleggingsområdet.

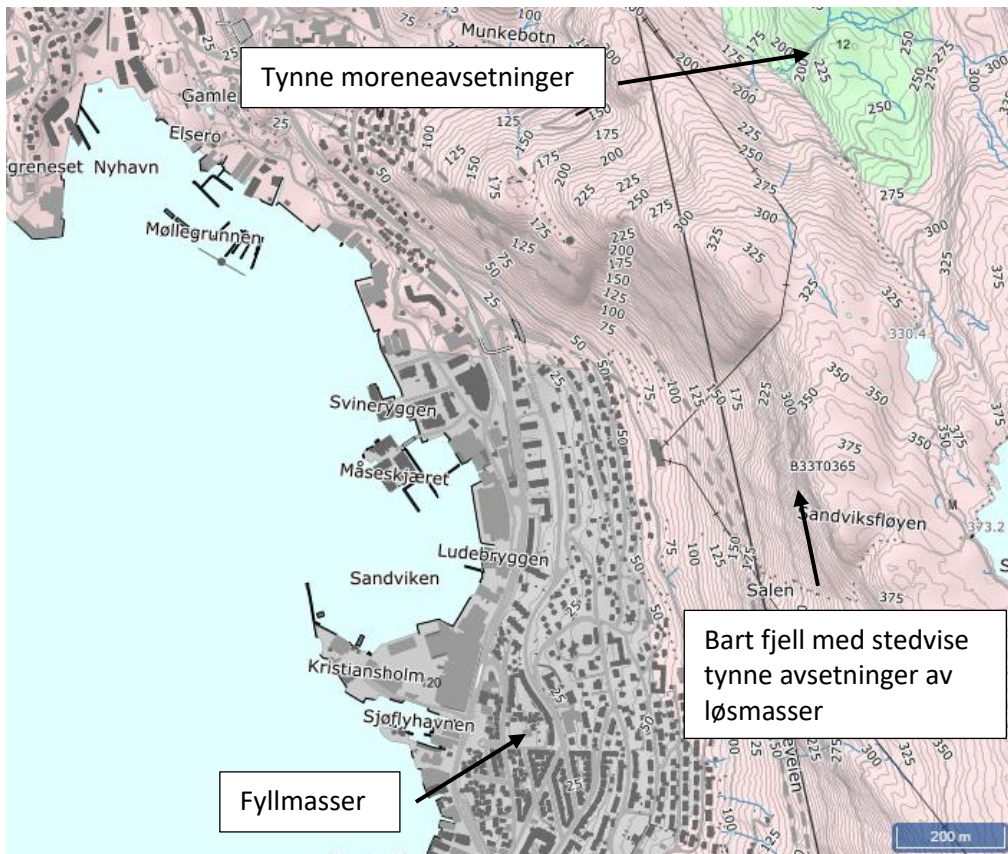
2.2.2 Berggrunn og kvartærgeologi

Berggrunnskartet viser at berggrunnen i området består av øyegneis og båndgneis, med et bånd av kvartsitt mot NØ (del av Blåmannsdekket) (Figur 10). Dette er det samme bergartene som en finner igjen ved Eidsvåg mot nord.

Løsmassekartet viser at mesteparten av området består av bart fjell med stedvise tynne avsetninger av løsmasser, samt fyllmasser i lavereliggende områder (Figur 11). Dette stemmer godt overens med observasjoner gjort under befaring, men det er også observert skredavsetninger med stor utbredelse mellom kote 50 og 100 innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet. (Figur 20).



Figur 10: Berggrunnskart fra NGU (7).



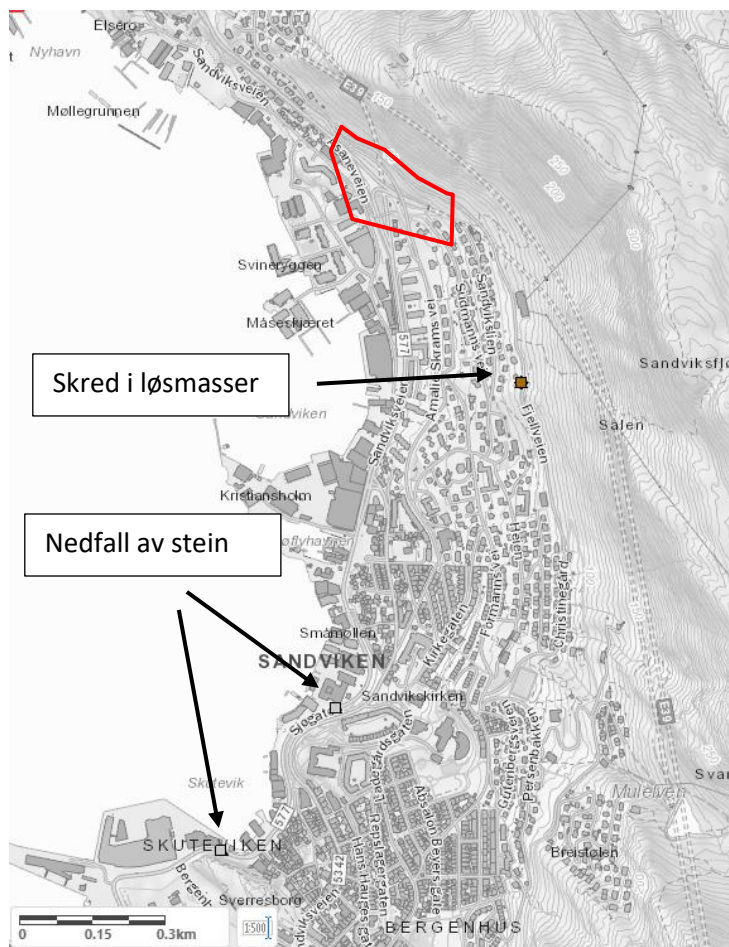
Figur 11: Løsmassekart fra NGU (7).

2.2.3 Skredhistorikk

Skrednett har registrert en hendelse i nærheten av kartleggingsområdet med følgende beskrivelse (Figur 12):

«Stedsbeskrivelse: Jordskred i forbindelse med kraftig regn. munkebotn, bergen. Skredbeskrivelse: Er beskrevet i media at flere kubikkmeter har rast ut i forbindelse med meget kraftig regn. ramt privat grunn og eiendom, men ikke de store skader.»

I tillegg er det registrert to nedfall av stein i tunnel og fra veiskjæring.



Figur 12: Oversikt over registrerte skredhendelser. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet.

2.3 Klima

På grunn av kort avstand mellom de to kartleggingsområdene er det ikke vurdert som nødvendig å utføre separate klimaanalyser. Følgende analyse gjelder derfor for begge områder.

Data for klimaanalysen er hentet fra 3 målestasjoner i området rundt Bergen (Tabell 3).

Tabell 3: Målestasjoner brukt i klimaanalysen. Data hentet fra www.eklima.met.no

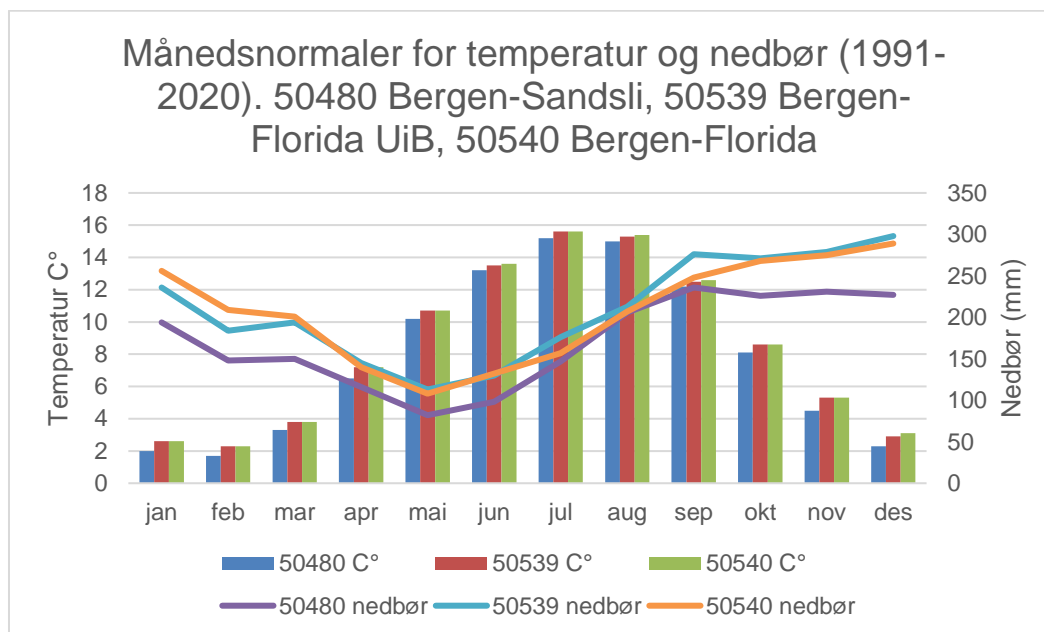
Stasjonsnavn og nummer	Moh.	Operativ fra
50480 Bergen-Sandsli	37	1983
50539 Bergen-Florida UiB	46	2003
50540 Bergen-Florida	12	1949

Figur 13 viser månedsnormaler for temperatur og nedbør for siste normalperiode. Grafen viser en fordeling som er typisk for kystklima, med mest nedbør i de kaldere høst- og vintermånedene og minst nedbør i de varmere vår- og sommermånedene.

Ut ifra grafen ser vi at 50480 Bergen-Sandsli generelt måler noe lavere verdier både på temperatur og nedbør enn de to andre målestasjonene. Desember peker seg ut som måneden med mest nedbør, med månedsnormaler opp mot 300 mm. Det er generelt mye nedbør gjennom hele året, men

perioden mellom september og januar er markant våtere enn resten. Mai er den tørreste måneden, med verdier mellom 75 og 100 mm.

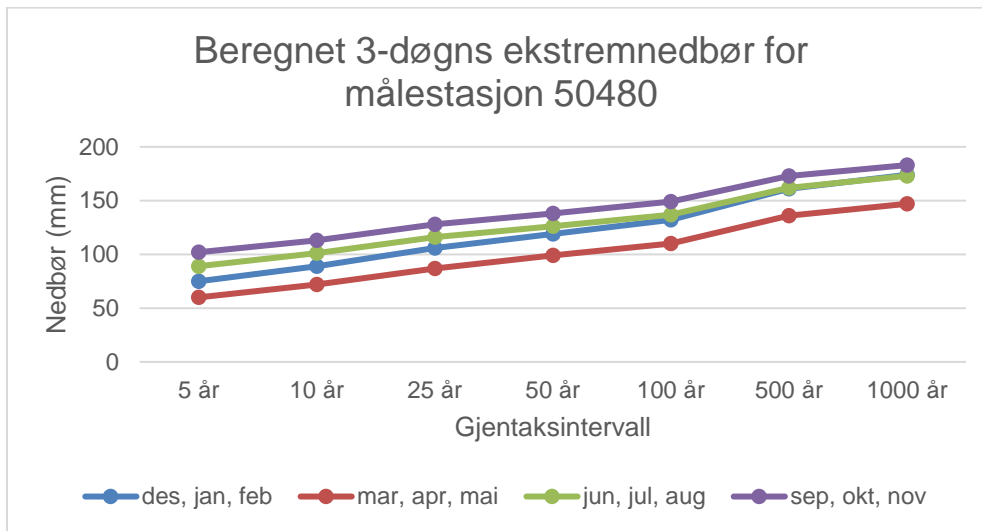
Månedsnormalen for temperatur ligger mellom 14 og 16 C° i juli og august, og mellom 1 og 3 C° i des, jan og feb. Normalen synker ikke under 0 C°.



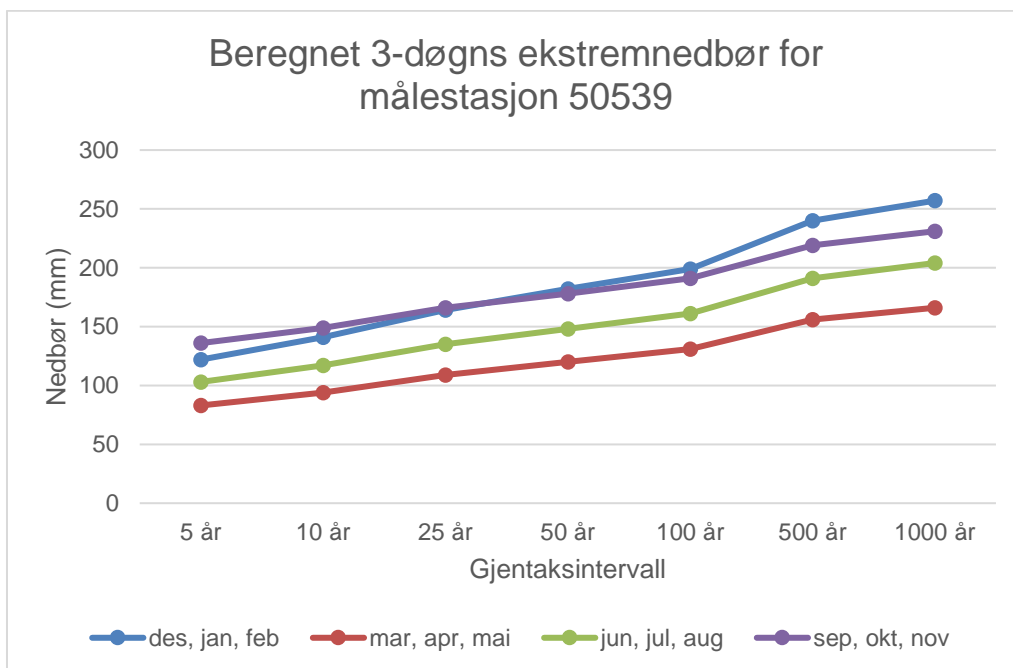
Figur 13: Månedsnormaler for temperatur og nedbør for siste normalperiode, 1991-2020. Hentet fra www.eklima.met.no

Det lave terrenget og nærhet til kysten gjør at temperaturene stort sett er positive gjennom hele året, og en må over 400 moh. før snøen blir liggende over lengre perioder. Antall dager med mer enn 25cm snødybde ligger mellom 0-10 i lavereliggende strøk, og mellom 10-25 dager i høyereliggende terreng (www.senorge.no). Disse dataene gjelder for normalperioden 1971-2000.

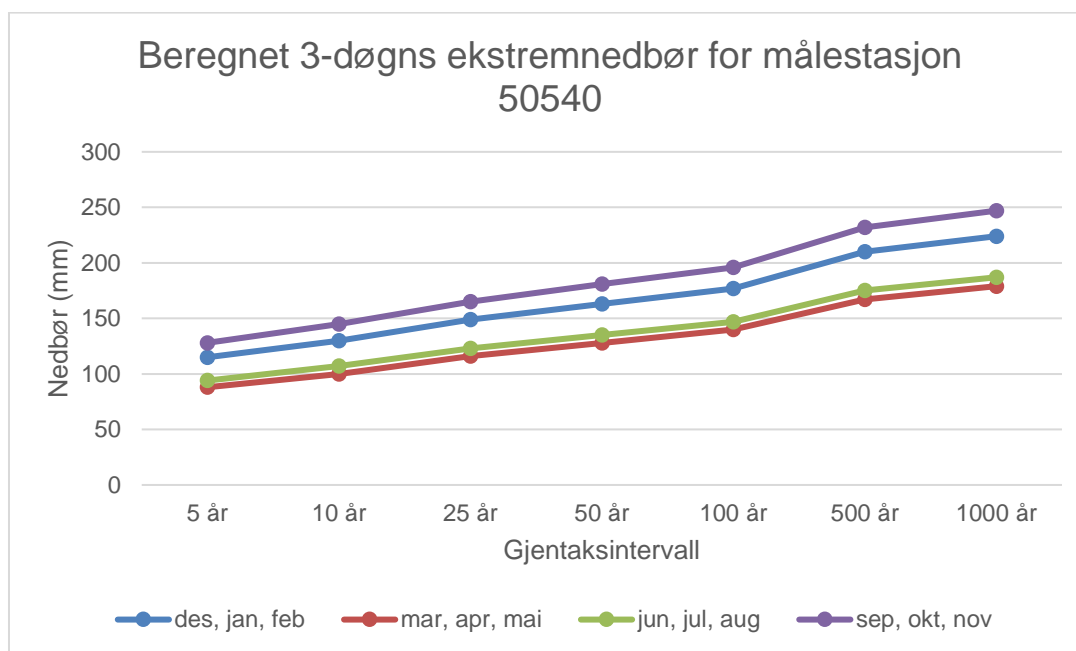
Det er beregnet 3-døgns ekstremnedbør og gjentakintervall på 100 og 1000 år for alle målestasjonene i tabell 2 (Figur 14, 15, og 16).



Figur 14: Sesongbasert beregning av 3-døgns ekstremnedbør med gjentaksintervall opptil 1000 år.



Figur 15: Sesongbasert beregning av 3-døgns ekstremnedbør med gjentaksintervall opptil 1000 år.



Figur 16: Sesongbasert beregning av 3-døgns ekstremnedbør med gjentaksintervall opptil 1000 år.

De lavere verdiene målt ved stasjon 50480 Bergen-Sandsli gjenspeiles i beregninger av ekstremnedbør ved at beregnet nedbør ved stasjon 50539 og 50540 er betydelig høyere. For stasjon 50539 er det beregnet høyest verdi for vintersesongen med 3-døgns ekstremnedbør på 257 mm (1000 års gjentaksintervall). For stasjon 50540 er det høstsesongen som gir høyest verdi med 3-døgns ekstremnedbør på 247 mm (1000 års gjentaksintervall).

Disse dataene er basert på GUMBEL beregningsmetode og viser maksimalt 1000-års gjentaksintervall. For estimat på verdier for 5000-års gjentaksintervall må vi benytte NERC (Tabell 4).

Tabell 4: Beregnet 3-døgns ekstremnedbør med 5000-års gjentaksintervall (NERC)

Stasjonsnummer	Des, jan, feb	Mar, apr, mai	Jun, jul, aug	Sep, okt, nov
50480	288	258	312	332
50539	356	302	333	375
50540	348	311	320	362

Som vi ser av tabell 3 er det igjen stasjon 50539 og 50540 som viser de høyeste verdiene, og det er høstmånedene som peker seg ut med beregnet ekstremnedbør på henholdsvis 375 og 362 mm.

Vindrose fra målestasjon 50540 Bergen-Florida (3,5 km sør for Sandviken) viser at dominerende vindretning er fra sør-øst, etterfulgt av vind fra nord-vest (Figur 17). Vindhastighet ligger for det meste mellom 0,3 og 10,2 m/s.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning deles i sektorer på 30°

Frekvensfordeling av vindhastighet i prosent %

Vindhastighet (m/s)

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Stille (%)

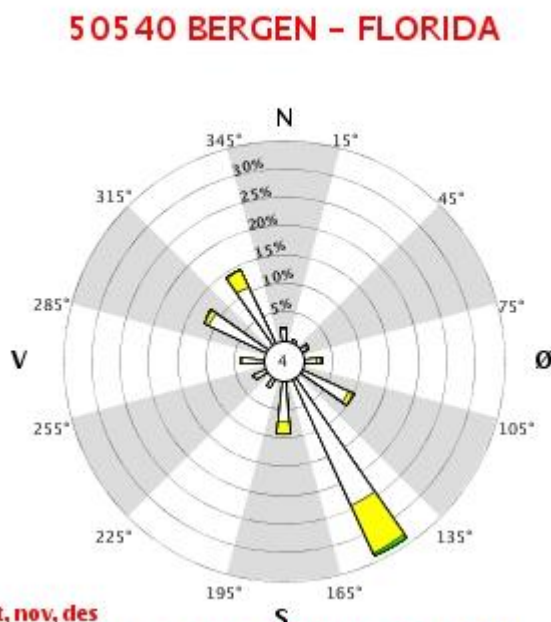
4



År: 1957 - 2020

jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des

Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)



Figur 17: Vindrose med dominerende retning og vindhastighet.

2.4 Aktsomhetskart skred

NVEs aktsomhetskart for skred er landsdekkende modelleringer av potensielle løснеområder og utløpssoner for ulike skredtyper, og baserer seg på empiriske parametere som helningsgrad og nedfallsområde. Aktsomhetskartene er grove modelleringer med lav oppløsning og tar ikke hensyn til lokale forhold som skog og terrengformasjoner, og de angir heller ikke noe sannsynlighet for skred. Den grove oppløsningen kan føre til at enkelte løснеområder ikke blir fanget opp av modellen, men blir identifisert under befaring eller kartanalyse.

For utvalgte områder i landet finnes det aktsomhetskart for snø- og steinskred utarbeidet av NGI. Disse er basert på tilsvarende modeller som de landsdekkende aktsomhetskartene fra NVE. I tillegg er det gjennomført enkel befaring med vurdering av terrengforhold, skogdekke og andre lokale forhold som kan påvirke utløpsområdet. I forhold til NVE sine retningslinjer kan disse kartene benyttes i stedet for de landsdekkende aktsomhetskartene for snøskred. For områder utenfor aktsomhetszone på NGIs aktsomhetskart kan disse skredtypene utelukkes.

Kartleggingsområdene ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for steinsprang og snøskred (Vedlegg 1). Områdene er utenfor NVEs aktsomhetskart for jord- og flomskred, og er ikke kartlagt for NGIs kombinerte aktsomhetskart.

2.5 Tidligere skredfarevurderinger

Det er ikke funnet tidligere skredfarevurderinger i tilknytning til kartleggingsområdene. NGI har i 2011 utført en større skredfarekartlegging ved Arnadalen, 8 km øst for Sandviken (8).

3 Feltobservasjoner

3.1 Feltobservasjoner Eidsvåg

Registreringer relevant for skredfarevurderingen er vist på Figur 18.

Merk at størrelsen på kartleggingsområdet er modifisert i løpet av arbeidet med rapporten, og at befaring er gjort for et større område enn det som nåværende kartleggingsområde tilsier.

Store deler av kartleggingsområdet består av flatt terreng som stiger gradvis oppover mot påvirkningsområdet i bakkant. Påvirkningsområdet strekker seg fra kote 50 og opp mot kote 300, og består av en skogkledd fjellside samt et markant gjel. I gjelet er det flere vertikale skrenter med høydeforskjeller opp mot 50 m (Foto 1, 2 og 6). Gjelet deler påvirkningsområdet i 2 deler, der den østlige delen er slakere og inndelt i flere platåer adskilt av steile skrenter.

Skrentene i vestlig del er tydelig aktive, da det er observert sår etter relativt ferske nedfall flere steder (Foto 6). Det er gjort målinger av strøk og fall på dominerende sprekkesett (høyrehåndsregelen):

- Strøk: 150° SØ – Fall: 85° SV
- Strøk 300° NV – Fall: 15° NØ

Blokker i skjæringspunktet mellom disse sprekkesettene vil fort falle ut og skape ytterligere overheng i skrentene. Aktuelle løsneprosesser for steinsprang kan være rot- og/eller frostsprengning, eller kraftig overheng som følge av nedfall av underliggende blokker. Det er ikke observert nedfall fra skjæring langs vei eller vestvendt skrent (Foto 5 og 8), men her er terrenget på nedsiden så slakt at eventuelt nedfall raskt vil stanse.

I underkant av de vestlige skrentene er det observert mektige avsetninger fra eldre steinsprang/skred som strekker seg helt ned til flaten sør for Jordalsveien (Figur 18, Foto 3). Det er sannsynlig at skredmassene i utgangspunktet har en enda lenger utstrekning enn det som er synlig i terrenget, men at fronten av talus har blitt fjernet som følge av anleggelse av vei og bygg. Mange av blokkene viser tegn på høy alder, men det er også funnet relativt ferske avsetninger i øvre del av ur.

Midt i gjelet renner det en vannførende bekk ned mot kartleggingsområdet, og det er observert tegn på erosjon langs deler av bekken (Foto 4). Det er ikke funnet avsetninger fra flomskred lengre nede, og det er heller ikke registrert skredhendelser i området på skrednett.no

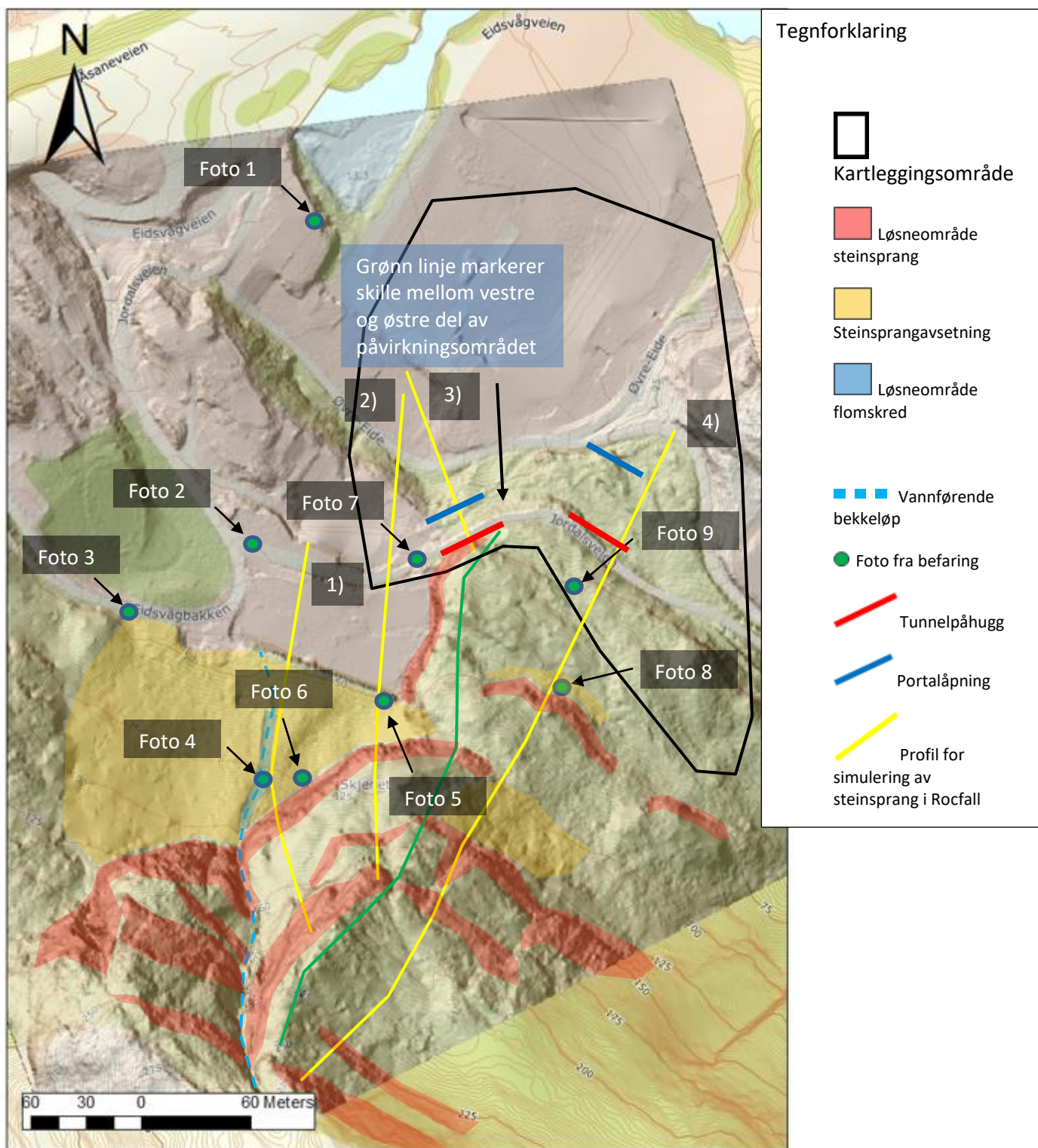
Den østlige delen av påvirkningsområdet er inndelt i flere platåer som separeres av skrenter og/eller brattere terreng. Nedre del er delvis avskoget på grunn av en strømløsing som passerer gjennom området (Figur 19, Foto 9).

Det er observert skredavsetninger fra steinsprang i underkant av skrentene, men av mindre omfang enn i vestre del. Observerte sprekkesett har tilnærmet horisontalt fall, og det er mye vegetasjon på oppsiden av skrentene. Mulige løsneprosesser for steinsprang kan være rot- og/eller frostsprengning.

Omtrent hele påvirkningsområdet, utenom de bratteste skrentene, er dekket av voksen gran- og lauvskog med kronedekning >85% (Figur 19, Foto 3, 7 og 9).

Bortsett fra mengden med skredavsetninger som er observert, bekreftes type fjell og løsmasser registrert på NGUs berggrunns- og løsmassekart (Figur 5 og 6). Størsteparten av området består av

bart fjell med stedvis tynne avsetninger av løsmasser, og da i hovedsak tynne lag med organisk materiale. Det er ikke observert løsmasser mektigere enn 20-30 cm.



Figur 18: Registreringskart med observasjoner gjort under befarings og kartanalyse.



Figur 19: Oversikt over skogforholdene innenfor påvirkningsområdet. Ortofoto fra 2019: www.norgebilder.no. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet. Gul pil markerer delvis avskoget område.



Foto 1: Oversikt over kartleggings- og påvirkningsområdet. Foto mot sør. Gul linje markerer skille mellom østre og vestre påvirkningsområde.



Foto 2: Steile skrenter i bakkant av kartleggingsområdet. Foto mot sør-øst.



Foto 3: Tydelige avsetninger fra steinsprang/skred ned mot Eidsvågbakken. Voksen granskog dekker hele skråningen. Foto mot øst.

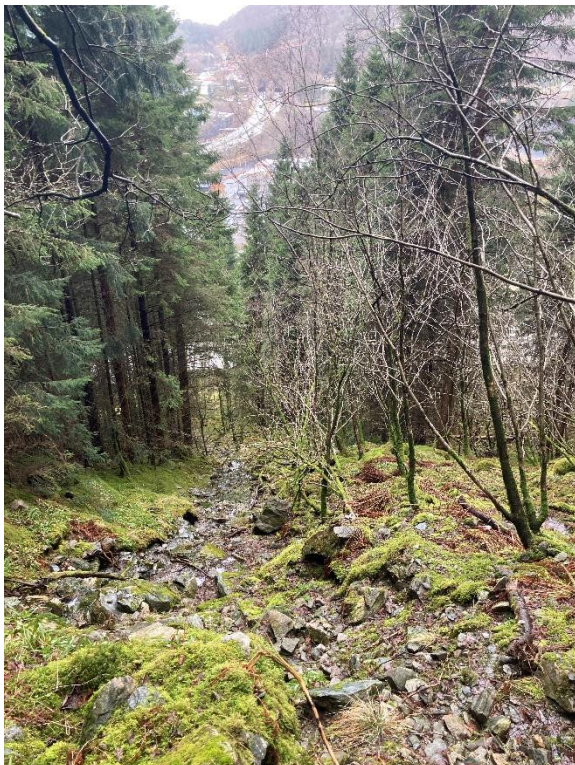


Foto 4: Noe erosjon i skredavsetninger langs vannførende bekk. Foto mot nord.



Foto 5: Oversikt over vestvendt skråning sør for påhuggsområde. Foto mot NØ.



Foto 6: Spor etter nyere aktivitet i skrenten. Foto mot NØ.



*Foto 8: Skjæring langs Jordalsveien.
Foto mot NØ.*



*Foto 7: Mindre skrenter i skogen,
høyde ca 6 m. Foto mot vest.*



Foto 9: Skogdekke og skråning på oppsiden av påhuggsområde. Foto mot sør.

3.2 Feltobservasjoner Sandviken

Registreringer relevant for skredfarevurderingen er vist på Figur 20.

Merk at størrelsen på kartleggingsområdet er modifisert i løpet av arbeidet med rapporten, og at befaring er gjort for et større område enn det som nåværende kartleggingsområde tilsier.

Kartleggingsområdet ligger i forkant av en bratt skrent som stiger opp mot de gamle kanonplasseringene ved Sandviksbatteriet (Figur 20, Foto 10). Selve skrenten har en gjennomsnittlig helning på 55°, og er tydelig definert av mange skredhendelser av ulik alder. Blokker har løsnet fra fjellet i store flak, noe som kan tyde på at eksfoliasjon (overflateparallel oppsprekking pga. trykkavlastning) er/har vært en prosess i området (Foto 12 og 14). Mot øst er det observert delvis avløste blokker/flak på opp mot 1000 m³ (Foto 16).

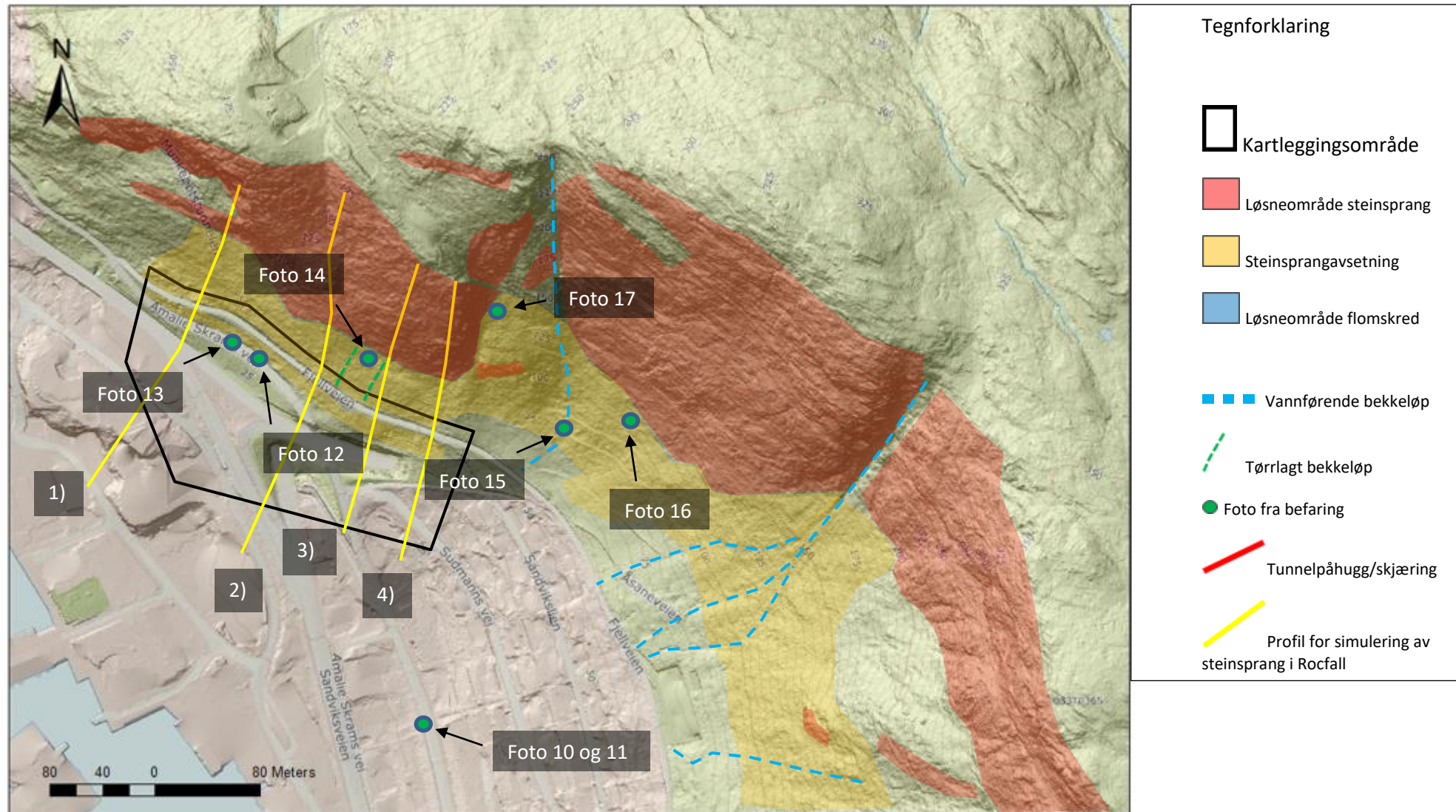
Det er gjort målinger av strøk og fall for dominerende sprekkesett i skrenten nord for kartleggingsområdet (høyrehåndsregelen).

- Strøk: 120° SØ – Fall: 58° SV
- Strøk: 305° NV – Fall: 35° NØ

Mektige avsetninger fra steinsprang/skred er observert ned mot Amalie Skrams vei, og det er sannsynlig at avsetningene i utgangspunktet gikk noe lengre ned langs skråningen, men er fjernet som følge av veibygging (Foto 13). Avsetningene strekker seg SØ langs hele det halvmåne-formede skrentpartiet i Sandviken (Figur 20). Det er vanskelig å anslå alder på avsetningene, men det er observert enkelte ferske blokker med antatt alder < 100 år (Foto 13).

Innenfor kartleggingsområdet er det observert noen tørrlagte bekker i skredavsetningene ovenfor Fjellveien. Øst for kartleggingsområdet er det observert flere vannførende bekker, men det er ikke observert tegn på betydelig erosjon i løsmasser eller avsetninger fra løsmasseskred (Foto 15).

Skogen innenfor påvirkningsområdet består av en kombinasjon av voksen bar- og lauvskog, og har en kronedekning på 80-90% i området nedenfor skrentene (Figur 21). Selve skrentene er delvis skogkledd på flatere hyller og platåer.



Figur 20: Registreringskart med observasjoner gjort under befarings og kartanalyse.



Figur 21: Oversikt over skogforholdene innenfor påvirkningsområdet. Rød omkrets markerer kartleggingsområdet. Ortofoto fra 2019: www.norgebilder.no.



Foto 10: Oversikt over vestre del av påvirkningsområde. Foto mot nord.



Foto 11: Oversikt over østre del av påvirkningsområde. Foto mot NØ.



Foto 12: Avløste bergflak mellom Amalie Skrams vei og Fjellveien. Blokk er delvis sikret med gjennomgående fjellbolter og sperrebolter. Fall på sprekkesett er noe slakere enn skråningshelning. Foto mot nord.



Foto 13: Avsetninger fra steinsprang mellom Fjellveien og Amalie Skrams vei. Foto mot nord.



Foto 14: Bratt skrent ovenfor Fjellveien. Tegn på eksfoliasjon av bergflak. Foto mot NØ.



Foto 15: Vannførende bekk gjennom skredavsetninger. Foto mot NØ.

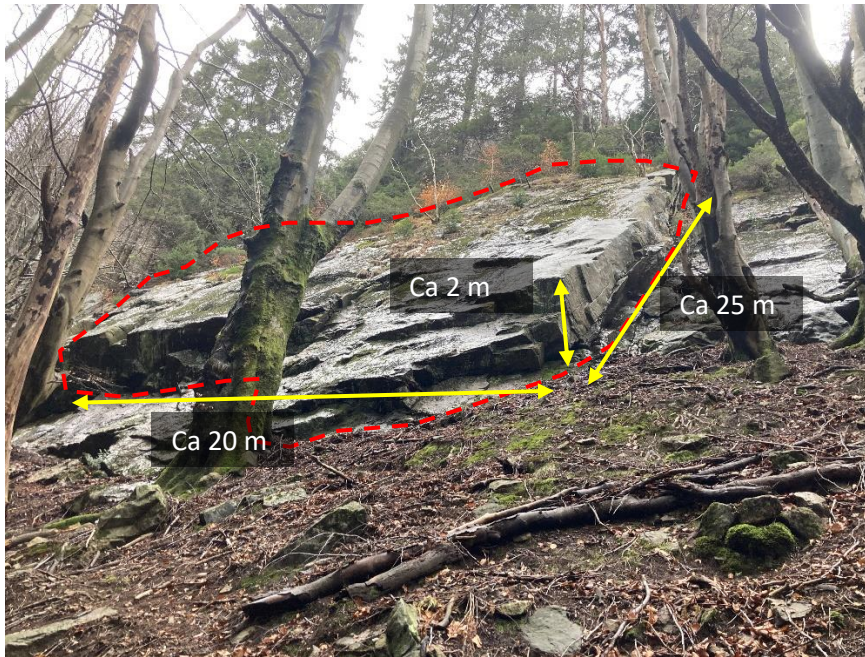


Foto 16: Blokk/flak på rundt 1000 m³ som er delvis avløst i bakkant og underkant. Foto mot NØ.



Foto 17: Fangnett for steinsprang ved tursti. Foto mot NV.

4 Skredfarevurdering

4.1 Skredfarevurdering Eidsvåg

4.1.1 Steinsprang og steinskred

Steinsprang defineres som hurtig bevegelse av små enkeltblokker som vanligvis ikke splittes opp langs skredbanen. Volum på skredmassene varierer mellom noen få til noen hundre kubikkmeter, og utløses vanligvis i bratt terreng med helning over 40°.

Steinskred består av skredmasser som er større enn steinsprang, fra noen hundre til flere hundre tusen kubikkmeter. Som med steinsprang løsner stort sett steinskred i bratt terreng med helning over 40°.

Er steinsprang/skred en aktuell prosess i området?

Store deler av påvirkningsområdet består av steile skrenter og skredavsetninger fra eldre steinsprang, samt at det er observert enkelte ferske blokker i øvre del av ur. Steinsprang og steinskred er en aktuell prosess i området.

Vurdering av løsneområde og sannsynlighet

Potensielle løsneområder er markert på Figur 18. Det er tydelige tegn på aktivitet i stort sett alle skrentene som er kartlagt, og det er også kartlagt mektige skredavsetninger i underkant av skrentene. I vestlig del av påvirkningsområdet er det flere skrenter med betydelig overheng der det er potensiale for nedfall av skredmasser på flere hundre m³ (steinskred) (Foto 6). Årlig nominell løsningsansynlighet vurderes som høyere enn 1/1000 og høyere enn 1/100.

Vurdering av skredbane og utløpslengde

I tillegg til at synlige skredavsetninger er kartlagt, er det utført modellering av steinsprang langs profilene markert på Figur 18. Det er modellert 2 steinsprang fra øvre del av det vestlige påvirkningsområde, ett skred fra skjæringen langs Jordalsveien (Foto 8) og ett skred fra øvre del av østlig påvirkningsområde. Resultatene fra disse modelleringene er vist i vedlegg 2, og det er også utarbeidet faresonekart med faresoner for steinsprang med 100-års og 1000-års gjentakintervall (Figur 22).

Det vurderes at det er kun steinsprang fra skjæring langs Jordalsveien som har potensiale til å påvirke tiltaket. Steinskred har lengre rekkevidde enn steinsprang, men vi vurderer at steinskred fra vestlig påvirkningsområde ikke kan nå kartleggingsområdet da energien i skredmassene raskt vil avta i møte med flatt terreng på nedsiden av ur i vestlig påvirkningsområde. Skjæringen langs Jordalsveien har ikke potensiale for utløsning av steinskred. Steinskred fra østlig påvirkningsområde vil også gradvis miste energi langs skredbanen og har ikke potensiale for å påvirke kartleggingsområdet.

Flogstein er flyvende fragmenter etter stein som i stor fart treffer en slakere bergflate og knuses opp i mindre biter, og kan tenkes å være en aktuell prosess i vestlig påvirkningsområde. Terrenget på nedsiden av de vertikale skrentene består av skogkledd ur, noe som er med på å dempe nedslaget samt hindre flogstein i å spre seg ut over et større område.

I henhold til NVEs veileder (6) kan vi anta at front av kartlagte steinsprangavsetninger (ur) definerer utløpslengde for steinsprang med 100-års gjentaksintervall. Somt nevnt tidligere så er det nok sannsynlig at front av ur i vestlig påvirkningsområde er fjernet ifm. utbygging, og reell 100-års faresone ligger noe lengre mot nord.

Kan steinsprang/skred påvirke kartleggingsområdet?

Årlig nominell sannsynlighet for at steinsprang/skred kan påvirke kartleggingsområdet vurderes som høyere enn 1/1000, og tiltaket tilfredsstillende derfor ikke krav til sikkerhet for veier med ÅDT >8000 i henhold til SVV N200 (2). Akseptabelt risikonivå kan oppnås ved gjennomføring av sikringstiltak som reduserer årlig nominell sannsynlighet til lavere enn 1/1000 og reduserer omfanget av faresoner markert i Figur 22.

4.1.2 Snøskred

Snøskred deles vanligvis inn i to undergrupper; løssnøskred og flakskred, som igjen kan deles opp i tørrsnøskred og våtsnøskred. Snøskred løsner vanligvis i helninger mellom 30° og 55°. Det er sjeldent med snøskred fra brattere helninger enn dette da snøen oftest vil løsne ut før det samler seg store mengder. Langs vestlandskysten av Norge kommer det meste av snøen fra SV-NV vindretninger, noe som betyr at østvendte fjellsider har størst potensiale for skredaktivitet. Forsenkninger som skålformasjoner, gjel og skar er vanlige terrengformasjoner der det kan løsne skred. Store flate områder/platåer over løsneområdene vil ofte bidra til økt akkumulering av snø inn i løsneområdene, noe som kan gi økt snøskredfare. Tett skog i fjellsiden vil ofte hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned, og at kronedekningen er stor nok (4).

Er snøskred en aktuell prosess i området?

Skrentene innenfor påvirkningsområdet er for bratte til oppsamling av store snømengder, og mesteparten av snøen vil løse ut før det er potensiale for skredhendelser. Det er flere slakere områder i gjelet mellom skrentene som kunne vært potensielle løsneområder, men her er skogdekket tilstrekkelig tett og kraftig til å forhindre utløsning av snøskred. Snøskred vurderes ikke som en aktuell prosess.

Merk at denne vurderingen er basert på dagens skogforhold. Det anbefales å sette av skogen innenfor påvirkningsområdet som verneskog for å unngå tiltak som kan endre forutsetningene for denne vurderingen. Dersom det gjøres inngrep i skogen ovenfor kartleggingsområdet, kan det være nødvendig med ny vurdering av skredfare.

4.1.3 Sørpeskred

Sørpeskred oppstår under perioder med intens nedbør eller snøsmelting, når snømassene blir vannmettede. Som et flomskred så beveger sørpeskred seg langs forsenkninger i terrenget, og de er blant de mest langtrekkende skredtypene. Utløsning av sørpeskred kan skje ved helning ned mot 5°.

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Det må normalt ligge mer enn 50 cm med snø i terrenget og

snødekket må gjerne bestå av kantkornkrystaller (grove krystaller) som kan samle vann. Typiske løснеområder for sørpeskred er elve- og bekkeløp og andre større forsenkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø. Erfaringer fra tidligere hendelser viser at snøskred som demmer opp en trang elvedal eller ved elveutløp er en vanlig årsak til å få utløst sørpeskred. Sørpeskred blir sjeldent utløst i skogkledd terreng (6). Det er per i dag lite kunnskap på hvilken morfologisk og sedimentologisk signatur som kan knyttes til sørpeskred. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og kan ligne flomskred i avsetningsområdene (9).

Er sørpeskred en aktuell prosess i området?

Det er ikke observert forsenkninger eller vannveier i terrenget som kan muliggjøre akkumulasjon av tilstrekkelige mengder vannmettet snø. Store deler av området består av bratte skrenter der snøen raskt vil gli ut, mens de resterende områdene er dekket av voksen skog som vil hindre utløsning av snø og sørpeskred. Sørpeskred vurderes ikke som en aktuell prosess.

4.1.4 Flomskred

Flomskred defineres som hurtige, flomlignende skred som opptrer langs elve- og bekkeløp. Skredmassene består av en flytende blanding av vann, løsmasser og organisk materiale. Flomskred forekommer under perioder med intens nedbør eller snøsmelting, og utløses som regel i helninger mellom 25 og 45°. Jordskred kan utvikle seg til flomskred i kontakt med elver/bekker.

Er flomskred en aktuell prosess i området?

Det er observert en vannførende bekk med spor etter erosjon i skredavsetninger. Flomskred er en aktuell prosess i området.

Vurdering av løснеområde og sannsynlighet

Vannførende bekk er markert på Figur 18 og Foto 4. Bekken renner fra toppen av påvirkningsområdet og ned mot kartleggingsområdet via det bratte gjelet som deler området i to. Det er observert noe erosjon langs nedre del av bekken der den renner gjennom eldre skredavsetninger. Helningen i området varierer mellom 30° og 40°, men terrenget flater ut på nedsiden av steinsprangavsetningene.

Nedslagsfeltet til bekken er relativt begrenset, da det er stort sett nedbør som faller innenfor midtre del av gjelet som samles opp. Nedbør ut mot kantene av gjelet vil raskt renne utfor skrentene på grunn av det bratte terrenget.

Vi vurderer at årlig nominell løsnestannsynlighet for flomskred langs markert løснеområde er høyere enn 1/1000.

Vurdering av skredbane og utløpslengde

Et eventuelt flomskred vil følge bekkeløpet gjennom ura og raskt spre seg ut i bredden ved overgangen til flatere terreng. Det er mulig at skredet vil bevege seg et stykke langs Jordalsveien før det følger terrenget videre ned mot flaten ved kote 20.

Det er begrensede mengder løsmasser for skredet å erodere langs bekkeløpet, og skredavsetningene består stort sett av blokker med varierende størrelse. De grovere skredmassene vil raskt avsettes der terrenget flater ut, mens finere masser og vann vil følge terrenget videre nedover.

Kan flomskred påvirke kartleggingsområdet?

Flomskred vil kunne bevege seg inn i den sørvestlige delen av kartleggingsområdet, og finere skredmasser kan transporteres videre mot flaten ved kote 20. Vi vurderer likevel at årlig nominell sannsynlighet for at flomskred skal kunne påvirke kartleggingsområdet til å være lavere enn 1/1000.

4.1.5 Jordskred

Jordskred forekommer stort sett i skråninger med helning over 25-30°, i perioder med stor nedbør. Løsmassene blir vannmettede, og det økte poretrykket svekker den interne bindestyrken. Jordskred skiller fra flomskred ved at de ofte har en glidende eller rullende bevegelse, mens flomskred oppfører seg mer som en flytende masse og følger forsenkninger i terrenget.

Røtter vil bidra til at løsmassedekket får økt styrke, samtidig som det vil kunne øke permeabiliteten i jorden. Løsmasstype og tykkelse spiller også en viktig rolle, samt menneskelige inngrep som kan endre naturlige dreneringsveier for vann. Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for jordskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør (6). De viktigste utløsningsfaktorene er oppbygging av vanntrykk som følge av langvarig nedbør, intense regnskylt og/eller sterk snøsmelting.

Er jordskred en aktuell prosess i området?

Vestlig del av påvirkningsområdet består av steile skrenter og skredavsetninger med tynne lag av organisk materiale. Østlig del av påvirkningsområde består av en skogkledd fjellside med varierende fordeling av bart fjell, skredavsetninger og organisk materiale. Det er ikke observert løsmasselag mektigere enn 20-30 cm. Skogen i området binder løsmassedekket og demper vannføring ved intens nedbør. Jordskred vurderes ikke som en aktuell prosess.

Merk at denne vurderingen er basert på dagens skogforhold. Det anbefales å sette av skogen innenfor påvirkningsområdet som verneskog for å unngå tiltak som kan endre forutsetningene for denne vurderingen. Dersom det gjøres inngrep i skogen ovenfor kartleggingsområdet, kan det være nødvendig med ny vurdering av skredfare.

4.1.6 Oppsummering skredfarevurdering Eidsvåg

Det er steinsprang som er dimensjonerende skredtype. Alle kartlagte skreenter innenfor kartleggings- og påvirkningsområde viser tegn på nylig aktivitet, og det er observert til dels mektige skredavsetninger i området. Steinsprang fra skjæring langs Jordalsveien har årlig nominell sannsynlighet høyere enn 1/1000 og 1/100 for å påvirke tiltaksområdet.

Steinskred vurderes som en aktuell prosess i vestlig påvirkningsområde, men skred med 1/1000 gjentakintervall vurderes å ikke kunne påvirke kartleggingsområdet.

Tiltaket oppfyller ikke krav til sikkerhet for sikkerhetsklasse ÅDT >8000 i SVV N200 (2). Akseptabelt risikonivå kan oppnås ved gjennomføring av sikringstiltak som reduserer årlig nominell sannsynlighet til lavere enn 1/1000 og reduserer omfanget av faresoner markert på Figur 23.

Merk at denne vurderingen er basert på dagens skogforhold. Det anbefales å sette av skogen innenfor påvirkningsområdet som verneskog for å unngå tiltak som kan endre forutsetningene for denne vurderingen. Dersom det gjøres inngrep i skogen ovenfor kartleggingsområdet, kan det være nødvendig med ny vurdering av skredfare.

4.1.7 Faresonekart

Faresoner for steinsprang med gjentakintervall 1/100 og 1/1000 ligger innenfor kartleggingsområdet og vises på Figur 22. Selv om steinskred har noe lengre utløpslengde enn steinsprang, er det ikke tegnet egne faresoner for disse da det vurderes at steinskred med gjentakintervall 1/1000 ikke kan påvirke kartleggingsområdet.

Tilsvarende vurdering gjelder for flomskred.

Faresoner utløper fra lokal skjæring langs Jordalsveien.

4.1.8 Potensielle sikringstiltak

Det er sannsynlig at terrenget i underkant av Jordalsveien blir betydelig berørt under arbeidet med tiltaket, noe som kan medføre at forutsetningene for denne skredfarevurderingen endres. Det vil trolig bli behov for sikring av skjæringer ved påhuggsområdene. Sikring av skjæringer utføres normalt ved bruk av sikringsbolter i kombinasjon med steinsprangnett for å fange opp mindre fragmenter. Alternativt kan portal forlenges for å unngå faresonene, og heller sikre lokalt ustabil fjell i overkant av portal.

Sikringstiltak må prosjekteres i en egen RIG-rapport før utførelse av arbeidet.



Figur 22: Faresoner 1/100 og 1/1000 for steinsprang.

4.2 Skredfarevurdering Sandviken

4.2.1 Steinsprang og steinskred

Er steinsprang/skred en aktuell prosess i området?

Store deler av påvirkningsområdet består av steile skrenter og skredavsetninger fra eldre steinsprang. Det er ikke observert større blokker med potensiale for utløsning av steinskred i skrentene ovenfor kartleggingsområdet, men det er flere mindre blokker/flak med delvis overheng. Steinsprang er en aktuell prosess i området.

Vurdering av løснеområde og sannsynlighet

Potensielle løснеområder er markert på Figur 20. Det er tydelige tegn på aktivitet i stort sett alle skrentene som er kartlagt, og det er også kartlagt mektige skredavsetninger i underkant av skrentene. Årlig nominell løsnesannsynlighet vurderes som høyere enn 1/1000 og høyere enn 1/100.

Vurdering av skredbane og utløpslengde

I tillegg til at synlige skredavsetninger er kartlagt, er det utført modellering av steinsprang langs profilene markert på Figur 20. Resultatene fra disse modelleringene er vist i vedlegg 2, og det er også utarbeidet faresonekart med faresoner for steinsprang med 100-års og 1000-års gjentaksintervall (Figur 23). På grunn av utbygging av bygg og vei er det ikke mulig å observere blokker som kan representere gjentaksintervall 1/1000 i felt. Simuleringene er derfor nødvendig for å anslå en omtrentlig utløpslengde for dette intervallet.

Kartlagt skredavsetning strekker seg ned mot Amalie Skrams vei langs hele kartleggingsområdet. I henhold til NVEs veileder (7) kan vi anta at front av kartlagte steinsprangavsetninger (ur) definerer utløpslengde for steinsprang med 100-års gjentaksintervall. Somt nevnt tidligere så er det nok sannsynlig at front av ur er fjernet ifm. utbygging av vei, og reell 100-års faresone ligger noe lengre mot sør.

Kan steinsprang/skred påvirke kartleggingsområdet?

Årlig nominell sannsynlighet for at steinsprang/skred kan påvirke kartleggingsområdet vurderes som høyere enn 1/1000, og tiltaket tilfredsstillende derfor ikke krav til sikkerhet for veier med ÅDT >8000 i henhold til SVV N200 (2). Akseptabelt risikonivå kan oppnås ved gjennomføring av sikringstiltak som reduserer årlig nominell sannsynlighet til lavere enn 1/1000 og reduserer omfanget av faresoner markert på Figur 23.

4.2.2 Snøskred

Er snøskred en aktuell prosess i området?

Skrentene innenfor påvirkningsområdet er for bratte til oppsamling av store snømengder, og mesteparten av snøen vil skli ut før det oppstår potensiale for skredhendelser. Snøskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

4.2.3 *Sørpeskred*

Er sørpeskred en aktuell prosess i området?

Det er ikke observert forsenkninger i terrenget som kan muliggjøre akkumulasjon av tilstrekkelige mengder vannmettet snø. Store deler av området består av bratte skrenter der snøen raskt vil gli ut, mens de resterende områdene er dekket av voksen skog som vil hindre utløsning av snø og sørpeskred. Sørpeskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

4.2.4 *Flomskred*

Er flomskred en aktuell prosess i området?

Det er observert flere vannførende bekker øst for kartleggingsområdet, samt noen få tørrlagte bekker i påvirkningsområdet nord for kartleggingsområdet. Disse områdene består i hovedsak av steinsprangavsetninger, og det er ikke observert betydelige mengder finere løsmasser. Det er heller ikke observert tegn på erosjon langs bekkeløpene. Nedfallsområdet for bekkene nord for kartleggingsområdet begrenser seg i hovedsak til de nærmeste skrentene og platået ved kanonbatteriet, da nedbør ovenfor skrentene vil samles i kanaler til siden for kartleggingsområdet. Flomskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

4.2.5 *Jordskred*

Skråning mellom kartleggingsområdet og nærliggende skrenter består i hovedsak av bart fjell og steinsprangavsetninger. Det er tynne lag med organisk materiale innimellom partier med bart fjell og blokker, men disse er av lav mektighet og bindes også opp av skogen i området. Jordskred vurderes ikke som en aktuell prosess i området.

4.2.6 *Oppsummering skredfarevurdering Sandviken*

Det er steinsprang som er dimensjonerende skredtype. Alle kartlagte skrenter innenfor påvirkningsområdet viser tegn på nylig aktivitet, og det er observert til dels mektige skredavsetninger i området. Steinsprang fra skrenter nord for kartleggingsområdet har årlig nominell sannsynlighet høyere enn 1/1000 og, delvis 1/100 for å påvirke tiltaksområdet.

Steinskred vurderes ikke som en aktuell prosess i påvirkningsområdet da det ikke er observert blokker med tilstrekkelig størrelse for utløsning av denne typen hendelser. Større blokker/flak med potensiale for utløsning av steinskred er observert øst for påvirkningsområdet.

Tiltaket oppfyller ikke krav til sikkerhet for sikkerhetsklasse S2 i TEK17 §7-3 (1) eller sikkerhetsklasse ÅDT >8000 i SVV N200 (2). Akseptabelt risikonivå kan oppnås ved gjennomføring av sikringstiltak som reduserer årlig nominell sannsynlighet til lavere enn 1/1000 og reduserer omfanget av faresoner markert på Figur 23.

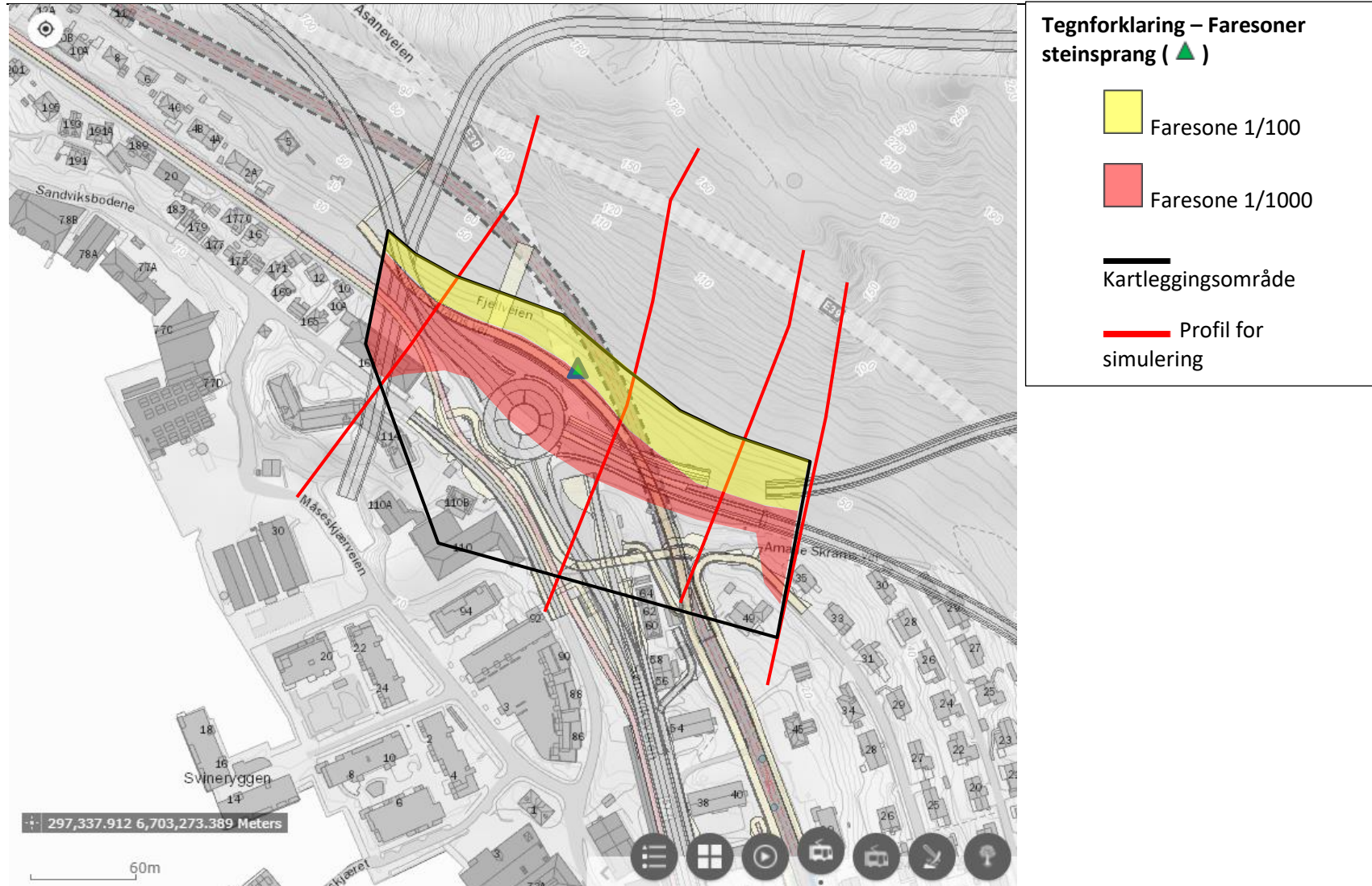
4.2.7 Faresonekart

Faresoner for steinsprang med gjentakintervall 1/100 og 1/1000 ligger innenfor kartleggingsområdet og vises på Figur 23.

4.2.8 Potensielle sikringstiltak

Det er lite realistisk å gjennomføre sikring av kartleggingsområdet ved å sikre selve skrentene. Mulige løsninger for sikring av kartleggingsområdet vil være konstruksjon av fangvoll eller oppføring av fanggjerde på oversiden av tiltaksområdet.

Sikringstiltak må prosjekteres i en egen RIG-rapport før utførelse av arbeidet.



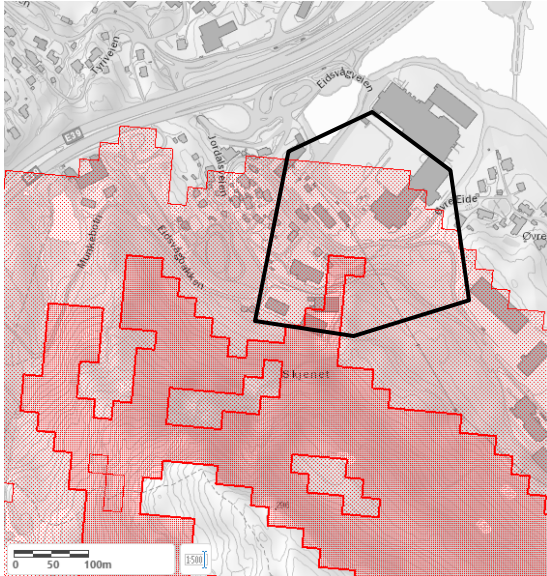
5 Referanser

1. **Di.b.k.** Byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3. [Internett] <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>. 1.
2. **Statens vegvesen.** *Vegbygging - håndbok N200*. s.l. : Statens vegvesen, 2018.
3. **NVE.** *Flaum og skredfare i arealplanar*. s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014. 2.
4. —. *NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak*. Oslo : Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014b. 3.
5. **Asplan Viak AS & Norconsult AS.** *Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk rapport - Fløyfjelltunellen (DSF). dok.nr RA-DSF-004_01B (2020)*. 2021.
6. **NVE.** Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak. [Internett] 2020. <https://www.nve.no/skredfarekartlegging>. 4.
7. **NGU.** Kart på nett: Berggrunn, løsmasser og marin grense. [Internett] 2020. <https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett..> 5.
8. **Kronholm, Kalle og Sandersen, Frode.** *Arnadalen, Bergen kommune. Kartlegging av faresoner for skred*. Oslo : NGI, 2011.
9. **NGU.** *Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21*. Trondheim : Norges geologiske undersøkelse (NGU), 2020.
10. **Rocscience Inc.** RocFall - User`s Guide. www.rocscience.com. [Internett] 2018. [Sisert: 15 04 2021.] <https://www.rocscience.com/downloads/rocfall/RocFall%20Tutorial.pdf>.

6 Vedlegg

6.1 Vedlegg 1: Aktsomhetskart

6.1.1 Aktsomhetskart Eidsvåg

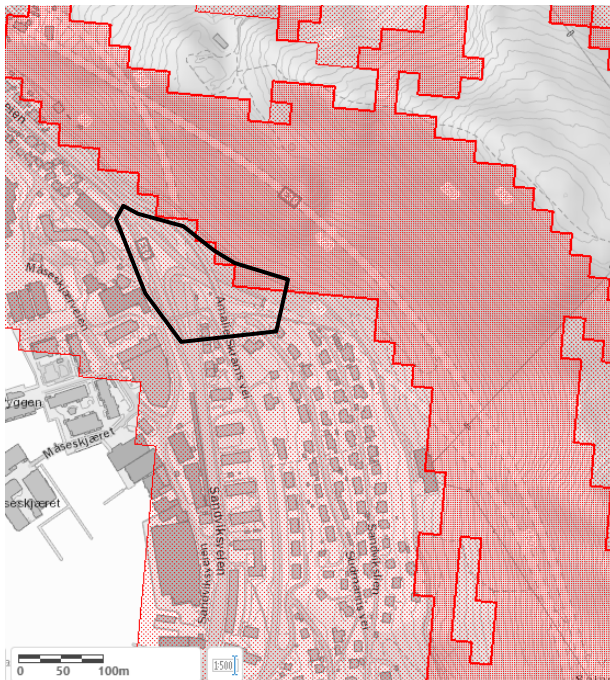


Figur 24: Aktsomhetskart for snøskred (NVE). Mørkerød skravur markerer løsneområde, lys skravur markerer utløpsområde. Svart omkrets markerer kartleggingsområdet.



Figur 25: Aktsomhetskart for steinsprang (NVE). Mørk skravur markerer løsneområde, lys skravur markerer utløpsområde. Svart omkrets markerer kartleggingsområdet.

6.1.2 Aktsomhetskart Sandviken



Figur 26: Aktsomhetskart for snøskred (NVE). Mørkerød skravur markerer løснеområde, lys skravur markerer utløpsområde. Svart omkrets markerer kartleggingsområdet.



Figur 27: Aktsomhetskart for steinsprang (NVE). Mørk skravur markerer løснеområde, lys skravur markerer utløpsområde. Svart omkrets markerer kartleggingsområdet.

6.2 Vedlegg 2: Skredsimuleringer i Rocfall

Rocfall er et 2D simuleringsprogram som kjører statistiske analyser av steinsprang langs et profil (3). Programmet er ment som et hjelpemiddel i vurderinger av steinsprangfare. Blokkers energi, hastighet, spretthøyde og utløpslengde beregnes langs et terrengprofil. Programmet fører også statistikk på utløpslengden til de ulike blokkene. I Rocfall kan man velge mellom «Lump mass» og «Rigid body» som to ulike analyser. I «Lump mass» er hver blokk modellert som en liten rund partikkel uten en definert størrelse. I «Rigid body» kan blokkers form og størrelse defineres. I denne analysen kan også restitusjonskoeffisient defineres. Restitusjonskoeffisienten sier noe om energitapet nedover langs profilet. R_N er normal restitusjon, og R_T er tangentiell restitusjon.

Da blokkform og størrelse er observert under feltarbeid, ble «Rigid body» brukt som analysemetode. Det er definert ett løснеområde per profil med utgangspunkt i 1000 blokker per løснеområde. Blokkform er etterlignet observasjoner i felt; kantet blokker med størrelse mellom 0,3 og 1 m³. Restitusjonskoeffisientverdiene er hentet fra Rocsciences standardverdier for underlag som passer terrenget i området. 95% persentil er lagt til grunn ved vurdering av utløpslengde for skred med gjentaksintervall på 1/1000.

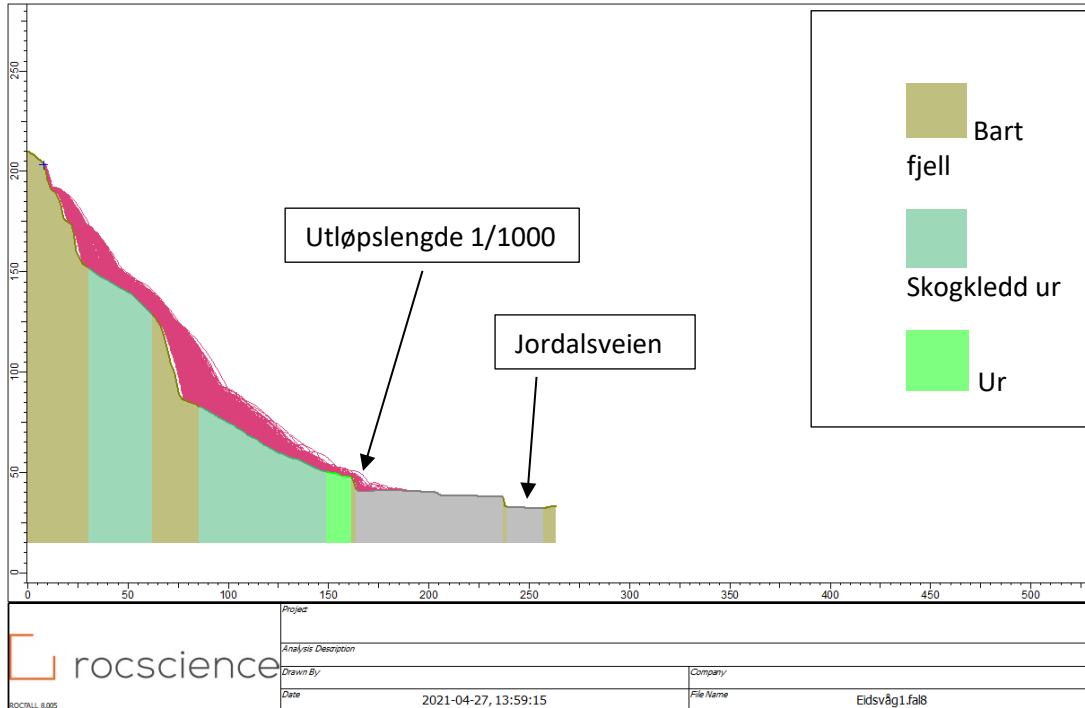
Tabell 5: Parameterverdier for underlag brukt i simulering av steinsprang

Skråningsmateriale	R_N (Rocfall)	R_T (Rocfall)	Farge
Bart fjell og blokker	0,35	0,85	
Ur (steinsprang-avsetninger)	0,32	0,80	
Skogkledd ur	0,32	0,80	
Asfalt	0,40	0,90	
Tynn vegetasjon	0,32	0,80	

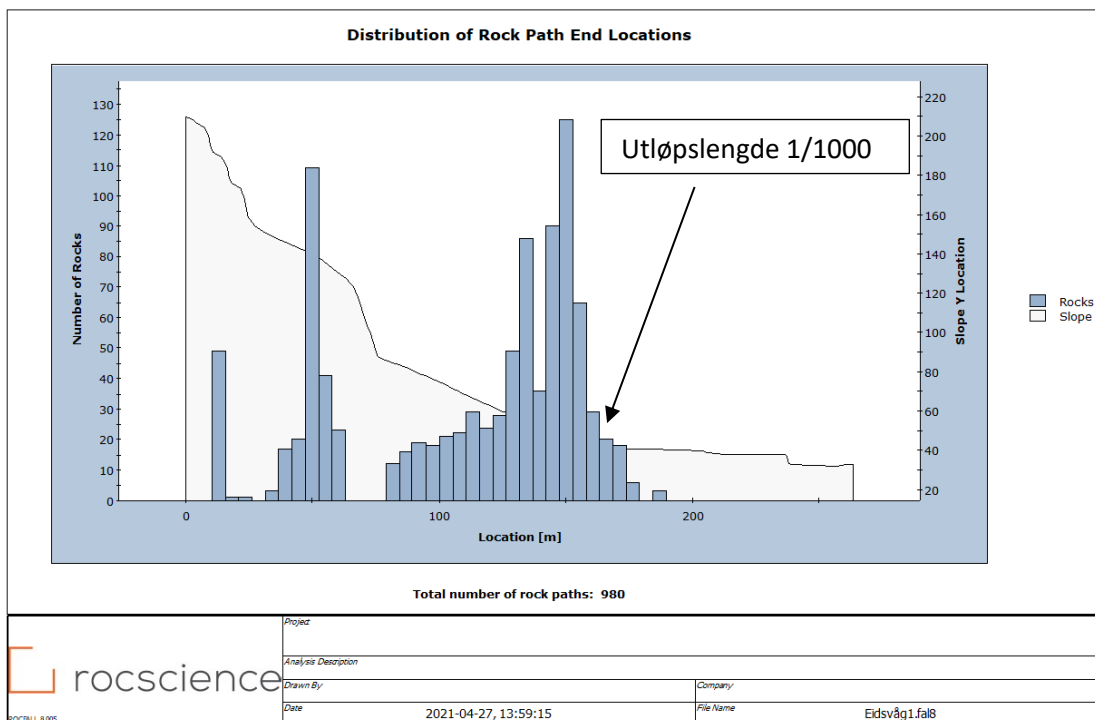
Der skogkledd ur er brukt som skråningsmateriale er det også tillagt en oppbremsingseffekt som følge av skogdekket. Motstandskoeffisienten er satt til 500 (kg/s) over en effektiv høyde (på treet) på 5 m.

Følgende vedlegg viser resultatet av simuleringer av steinsprang langs totalt 8 profiler (Figur 18 og 20). på grunn av nærliggende utbygging har det ikke vært mulig å observere avsetninger som kan angi utløpslengder for steinsprang med gjentaksintervall 1/1000, verken ved kartleggingsområdet i Eidsvåg eller Sandviken. Simuleringene er gir derfor et viktig grunnlag for å anslå faresoner markert i figur 22 og 23.

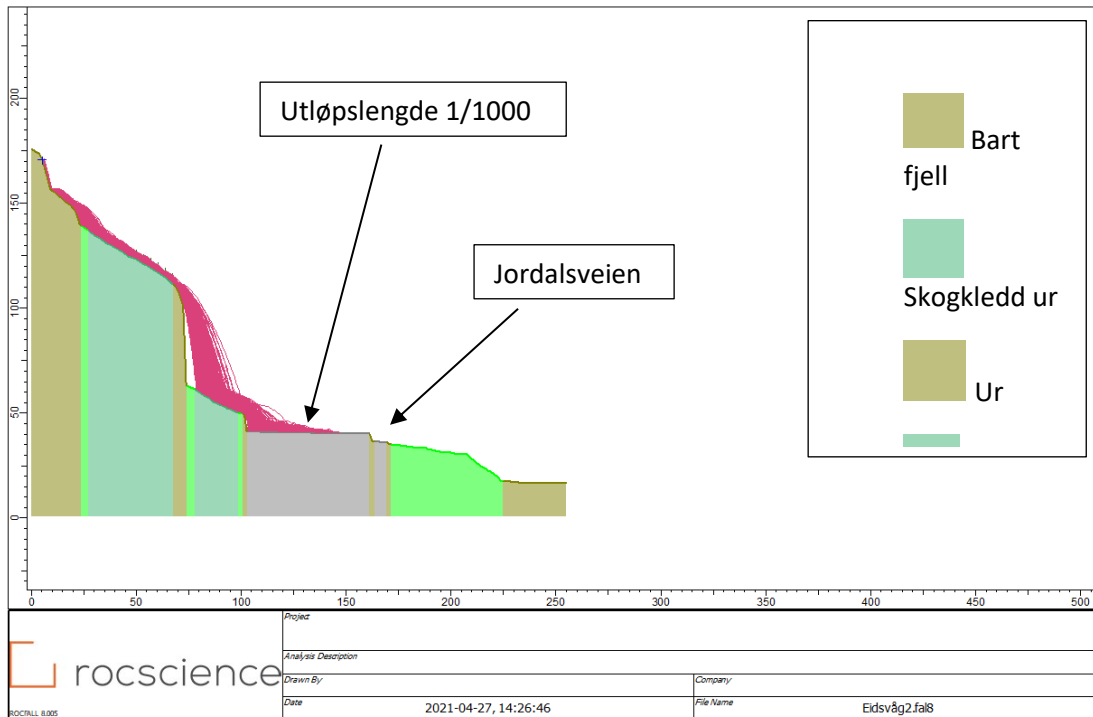
6.2.1 Resultat Eidsvåg



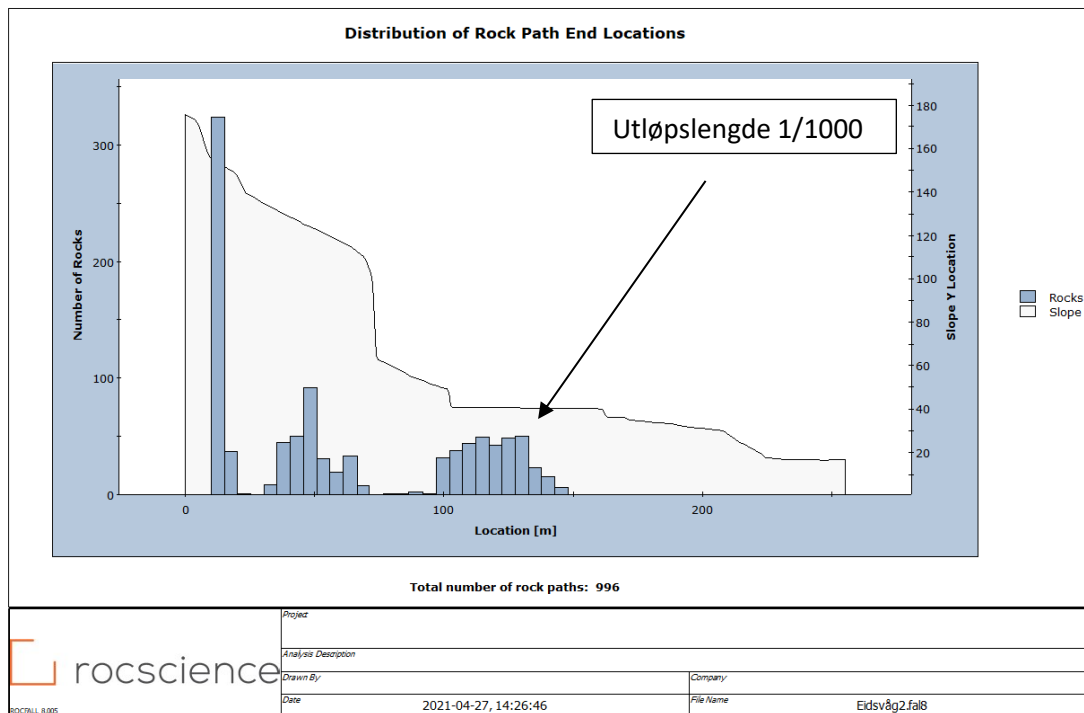
Figur 28: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 1.



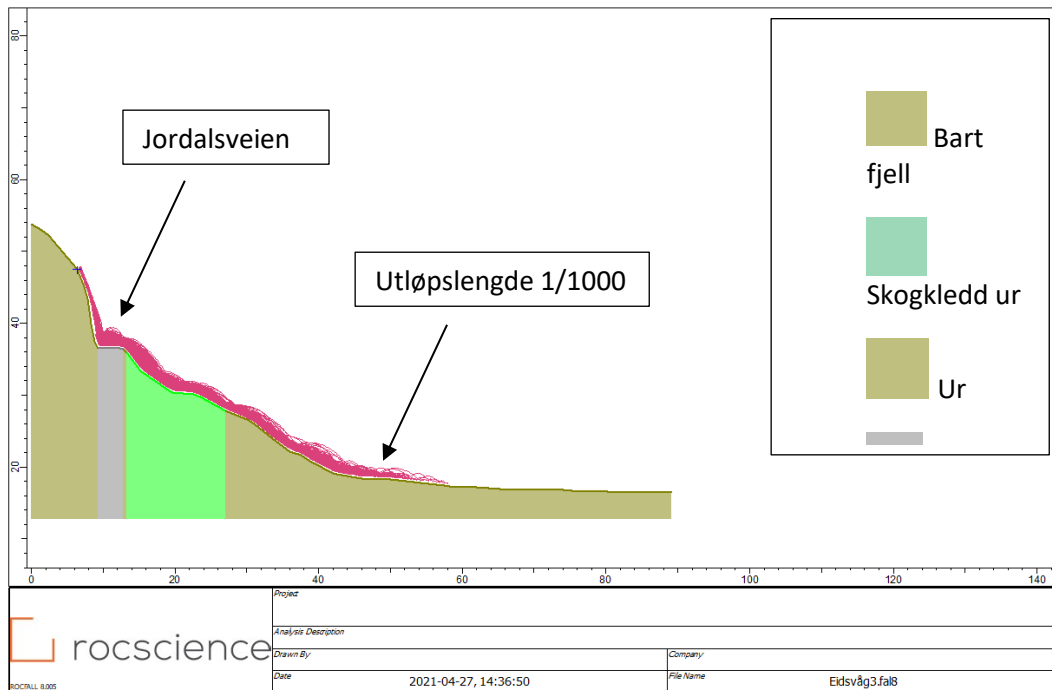
Figur 29: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 1.



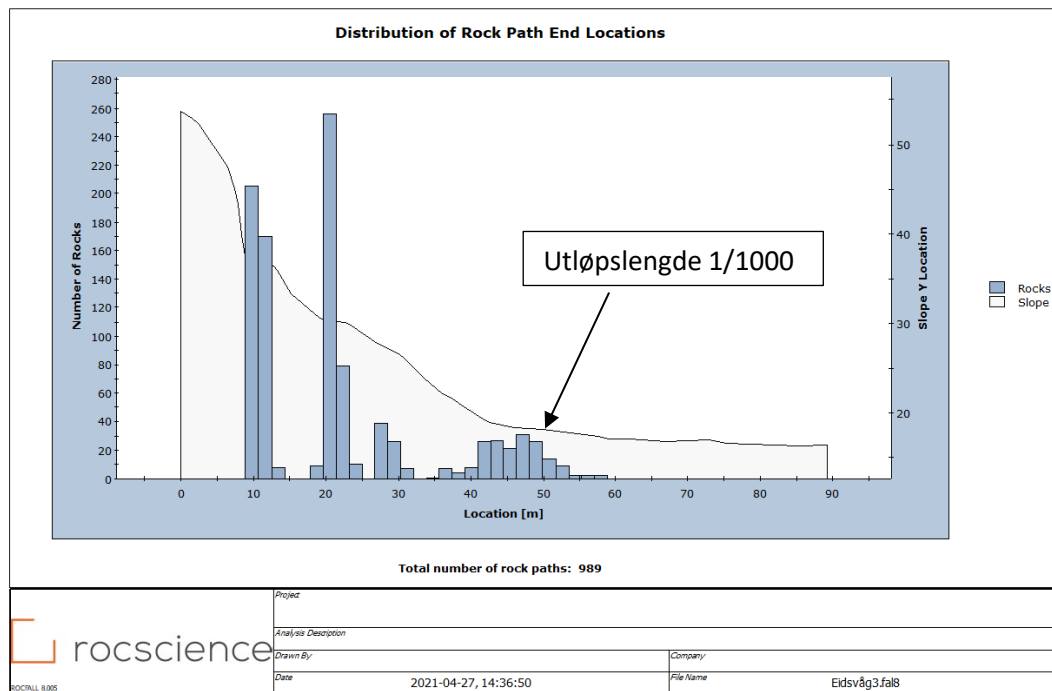
Figur 30: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 2.



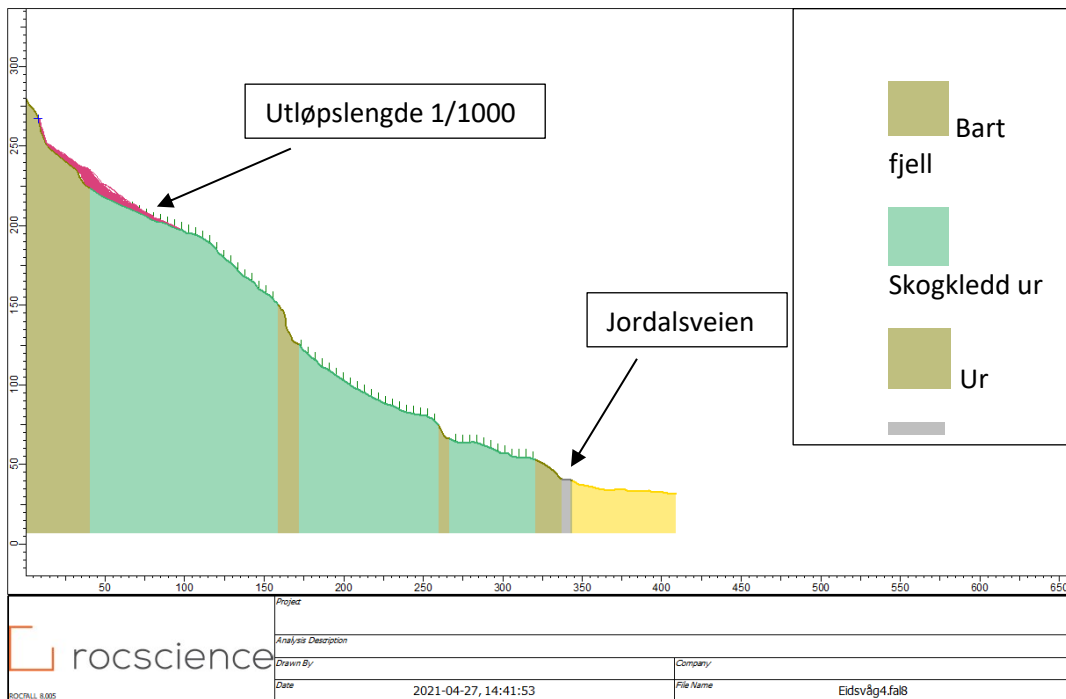
Figur 31: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 2.



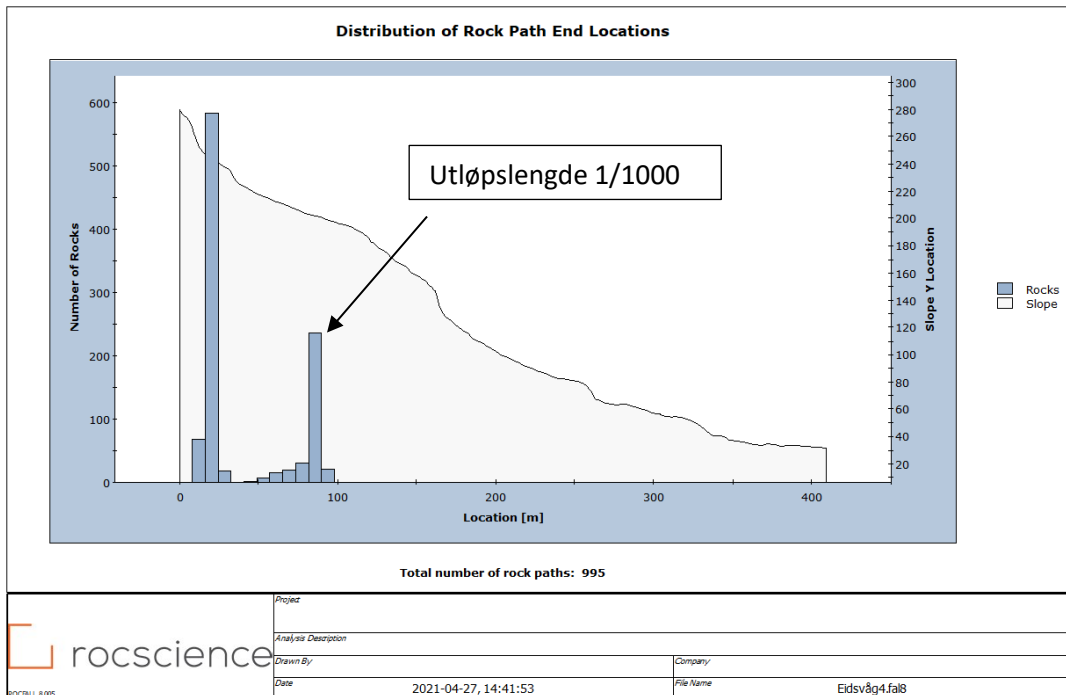
Figur 32: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 3.



Figur 33: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 3.

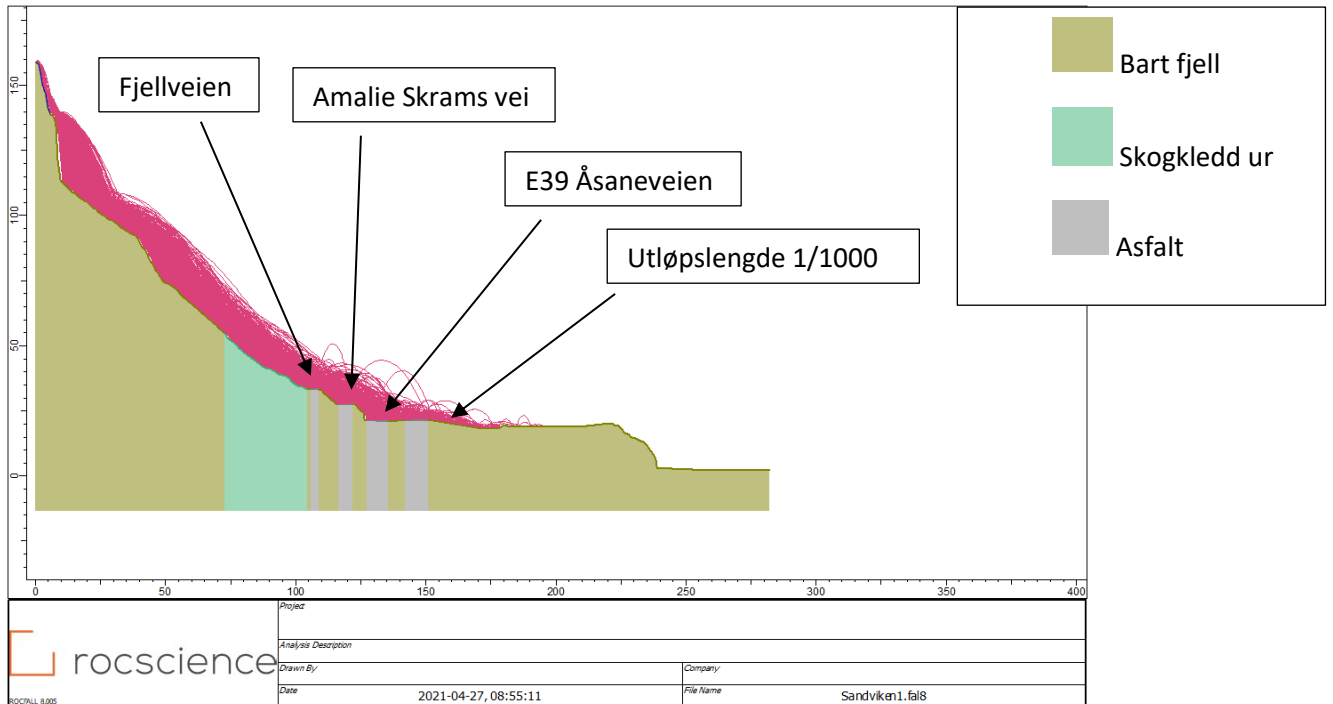


Figur 34: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 4.

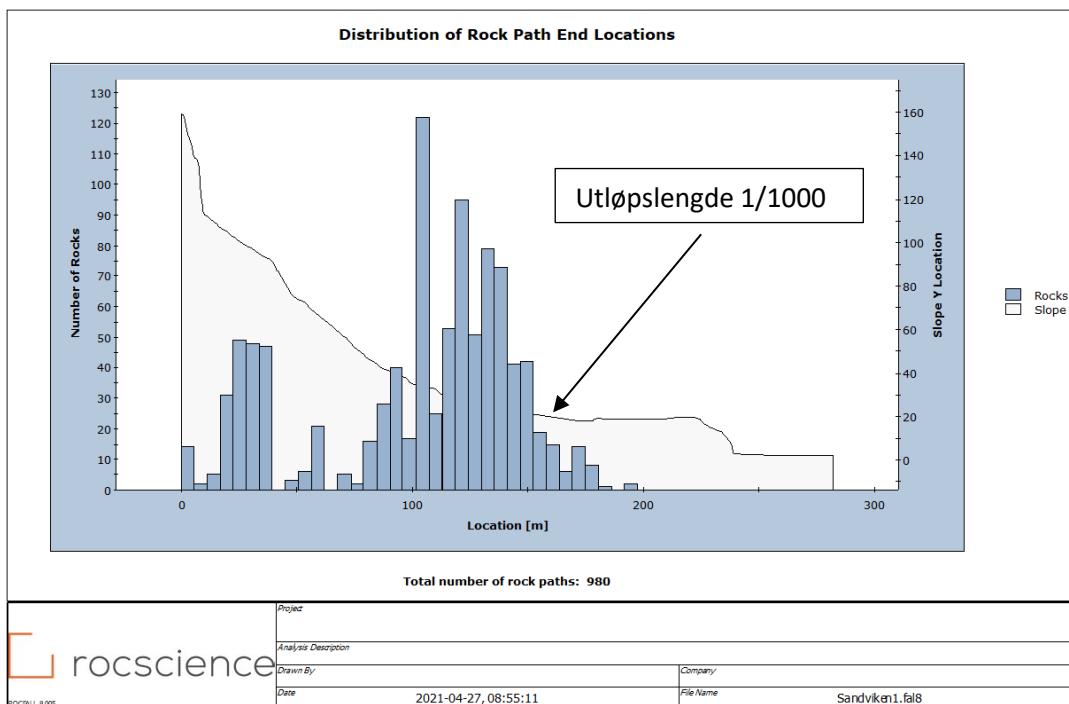


Figur 35: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 4.

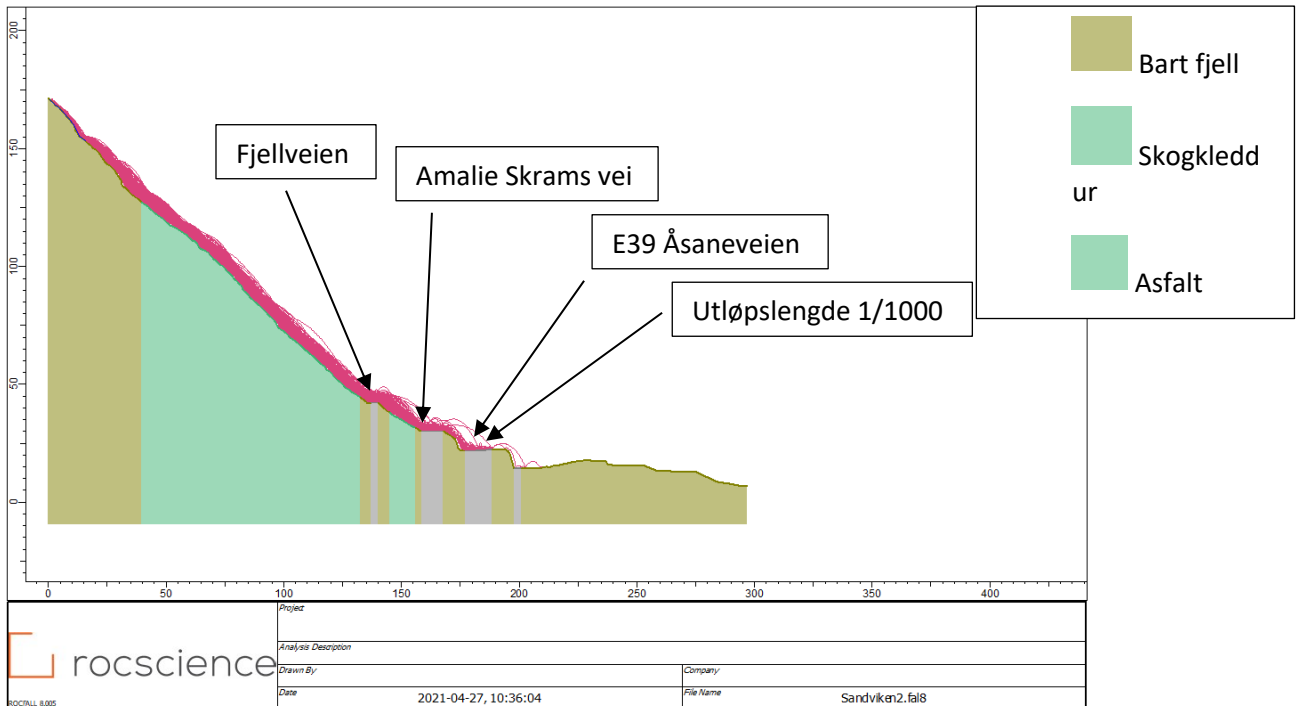
6.2.2 Resultat Sandviken



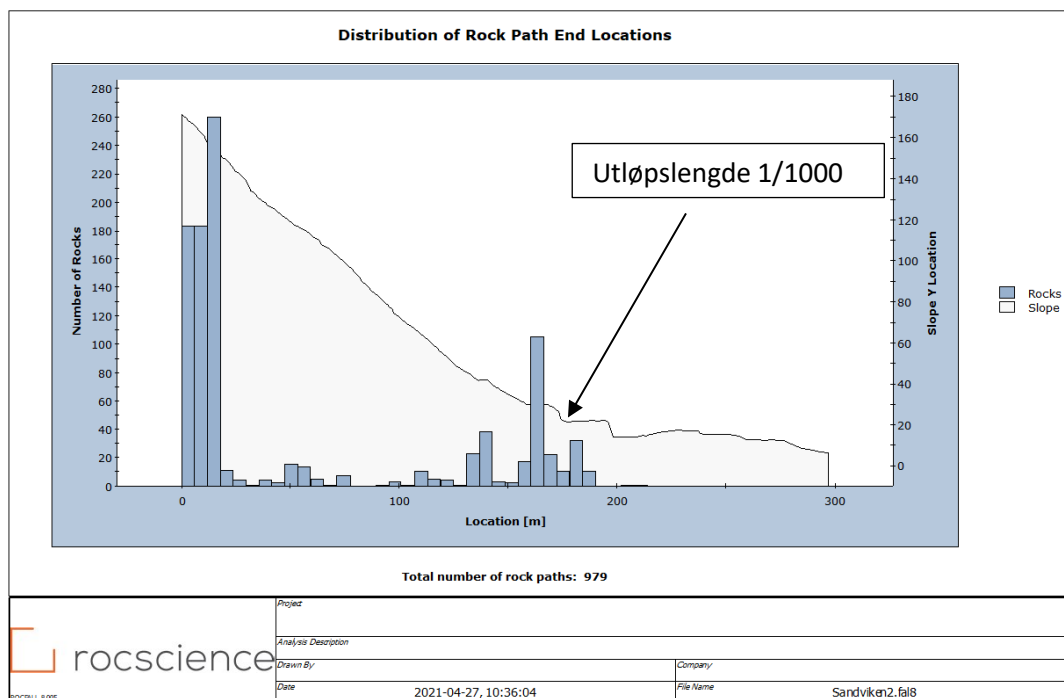
Figur 36: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 1.



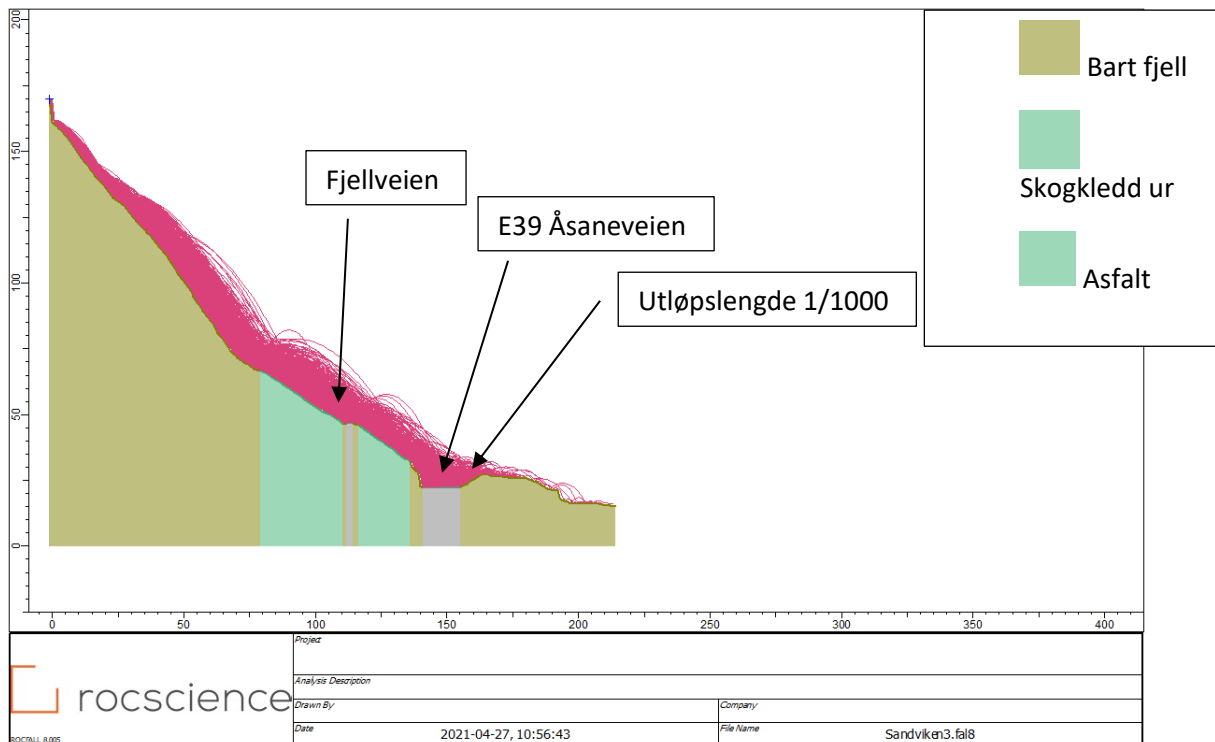
Figur 37: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 1.



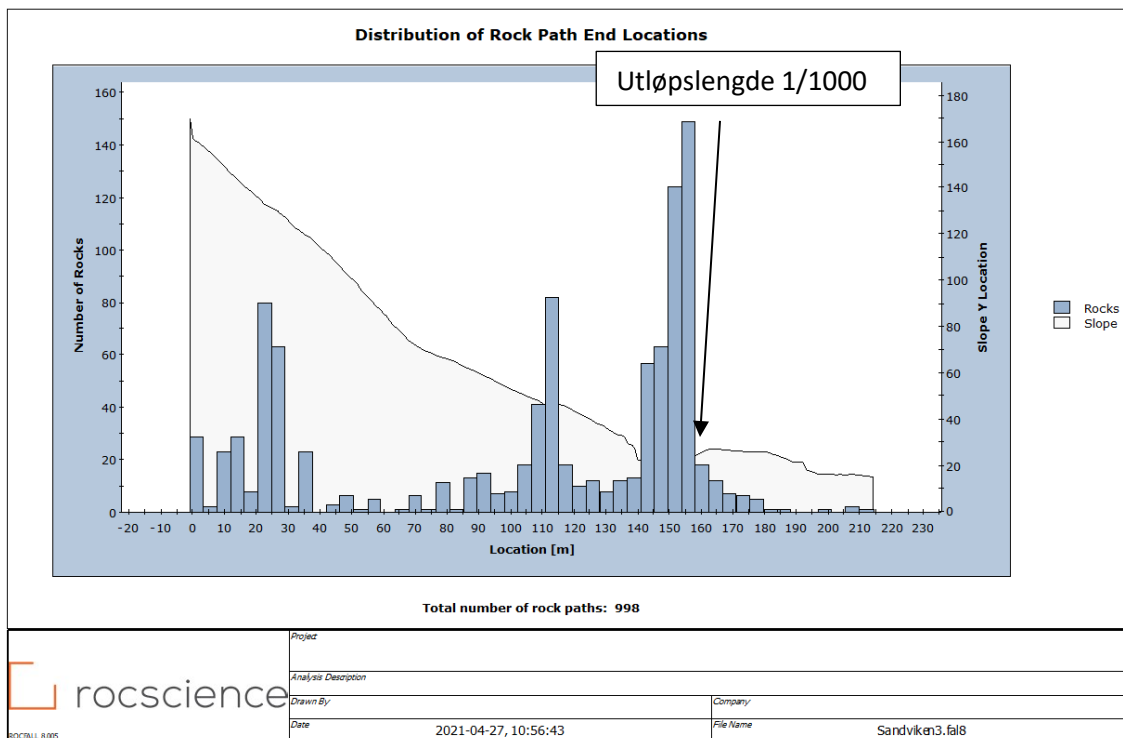
Figur 38: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 2.



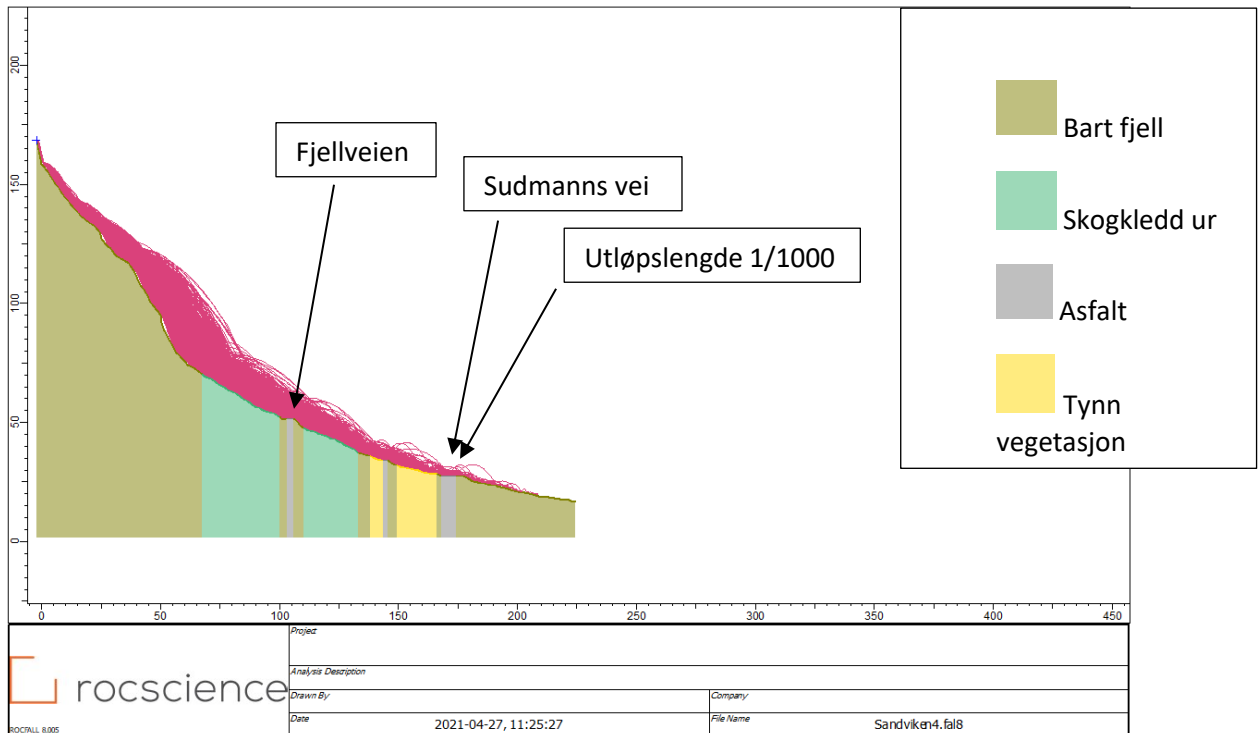
Figur 39: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 2.



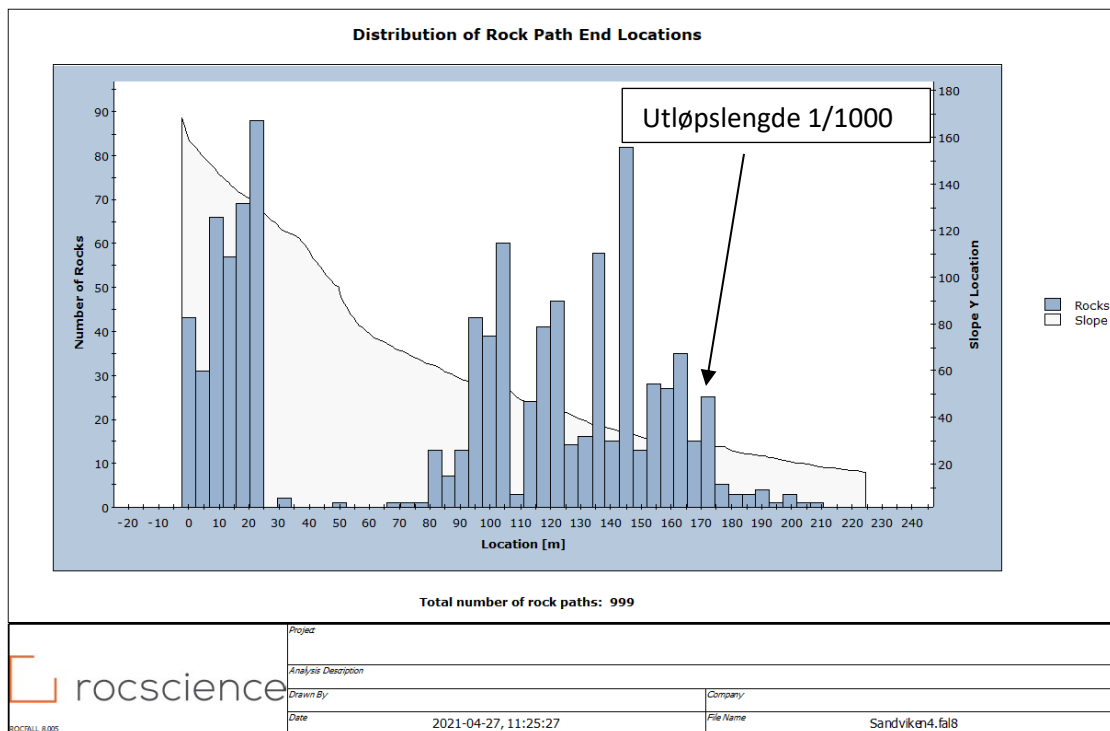
Figur 40: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 3.



Figur 41: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 3.



Figur 42: Simulering av bane og utløpslengde for 1000 enkeltblokker ved profil 4.



Figur 43: Distribusjon av utløpslengder for 1000 enkeltblokker ved profil 4.