

INGGEO03

Skredfareutredning påhugg Hammeren

Reguleringsplan



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Asplan Viak AS
Tittel på rapport: INGCEO03 Skredfareutredning påhugg Hammeren
Oppdragsnavn: A110102 FP Inntak og Hammeren
Oppdragsnummer: 631447-08
Dokumentnummer: INGCEO03
Utarbeidet av: Gunhild Viljugrein Stølen
Oppdragsleder: Gjermund Vingerhagen
Tilgjengelighet: Åpen

Kort sammendrag

Det er utført en skredfarevurdering for mulig plassering av et tunnelpåhugg for en reservekraftsløsning ved NRVA sin pumpestasjon ved Hammeren i Lillestrøm kommune. Det vurderte området ligger innenfor NVE sitt aktsomhetskart snøskred og steinsprang.

Plan- og bygningsloven og TEK17 stiller krav til sikkerhet mot skred for nybygg, tilbygg på eksisterende bygg og tilhørende uteareal. Asplan Viak har vurdert området opp mot kravene i sikkerhetsklasse S1, der en årlig sannsynlighet for skred eller sekundæreffekter av skred ikke skal overskride 1/100. Begrunnelse for hvorfor tiltaket skal plasseres i S1 er gitt i rapporten.

Fare for steinsprang, steinskred og snøskred er vurdert. Det har blitt konkludert med at området tilfredsstiller lovverket sitt krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S1.

01	5. jul. 2024	Nytt dokument	GVS	GVi
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Forord

Plan- og bygningsloven (PBL) og Byggteknisk forskrift (TEK17) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot skredfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene.

Denne utredningen følger NVE sin veileder *Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak*.

Skredtypene snø-, steinskred og steinsprang er vurdert.

Sandvika, 04.07.2024

Natalia Rodriguez

Oppdragsleder

Gunhild Viljugrein Stølen

Rapportansvarlig

Gjermund Vingerhagen

Kvalitetssikrer

Om oppdraget

Oppdragsgiver	Asplan Viak AS
Oppdragstaker	Asplan Viak AS
Skredfareutredning for	Gårdsnummer/bruksnummer
Følgende tiltak og sikkerhetsklasse(r) er planlagt på eiendommen/planområdet	Mulig tunnelpåhugg for reservekraftsløsning til pumpestasjon.
Befaring gjennomført	Ja
Befaring gjennomført av og når	Gunhild Viljugrein Stølen (Asplan Viak) 20.06.2024

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	6
1.1. Grunnlag for utredning	6
1.2. Forbehold og begrensninger	7
2. Krav til sikkerhet mot skredfare	8
3. Områdebeskrivelse	10
3.1. Befaring	12
3.2. Topografi	12
3.3. Geologi	13
3.4. Drenering og vegetasjon	15
3.5. Klima	16
3.6. Tidligere skredhendelser	19
3.7. Aktsomhetskart	19
3.8. Tidligere kartlegginger	21
3.9. Observasjoner i felt	22
3.10. Eksisterende sikringstiltak	31
4. Modellering / Simulering	32
4.1. Modellering av steinsprang	32
5. Utredning av skredfare	34
5.1. Steinsprang	34
5.2. Steinskred	36
5.3. Jordskred	36
5.4. Flomskred	37
5.5. Snøskred	37
5.6. Sørpeskred	39
6. Konklusjon samlet skredfare	41

Kilder	42
Vedlegg	44
Vedlegg A - Helningskart	44
Vedlegg B - Registreringskart	44
Vedlegg C - Modelleringsresultat	44

1. Innledning

Asplan Viak har vært engasjert av Nedre Romerike Vann- og Avløpsselskap IKS (NRVA) for å gjennomføre et forprosjekt, inkludert reguleringsplan, for utvidelse av pumpestasjon ved Hamneren i Lillestrøm kommune (gbn 248/9 mfl). I den forbindelse har det blitt behov for skredfareutredning for mulig påhuggsområde for en reservekraftsløsning til NRVA sin pumpestasjon ved Hamneren i Lillestrøm kommune (gbn 248/9 mfl). Deler av det vurderte området ligger innenfor NVE sitt aktsomhetskart for snøskred og steinsprang. På bakgrunn av dette er faren for skred i bratt terreng med hensyn til kravene gitt i TEK17 §7-3, sikkerhet mot skred i bratt terreng [1] utredet. Steinsprang, steinskred, jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred har blitt vurdert.

Fare for alle typer skred i bratt terreng er vurdert på bakgrunn av følgende arbeid:

- Terrenganalyse
- Befaring i felt
- Klimaanalyse
- Historiske opplysninger og skredhendelser

1.1. Grunnlag for utredning

Tabell 1 oppsummerer benyttet bakgrunnsmateriale i skredfareutredningen, hvor det også går frem hvem som eier materialet og hvor materialet er hentet fra.

Tabell 1: Oversikt over benyttet bakgrunnsmateriale, eier og referanse.

Bakgrunnsmateriale	Eier	Kilde
Digital terrengmodell	Statens kartverk	[2]
Historiske skredhendelser	NVE og SVV	[3] [4]
Aktsomhetskart	NVE	[3]
Berggrunnskart	NGU	[5]
Løsmassekart	NGU	[6]
Flyfoto	Statens kartverk, Geovekst og kommunene	[7]
Klimadata	Meteorologisk institutt, Norges vassdrag- og energidirektorat, Statens vegvesen og Statens kartverk	[8]

Klimaprofil	Meteorologisk institutt, NVE, NORCE, Kartverket og Bjerknessenteret	[9]
Skogressurskart og Markfuktighetskart	NIBIO	[10]

1.1.1. Kartgrunnlag

Det er lastet ned høydedata fra www.hoydedata.no [2]. Nasjonal høydedatamodell med punkttetthet 1 punkt pr. meter, samt lidardata fra prosjektet Fet 2013 er benyttet. Terrengdata er studert i GIS programvare og det er laget terrengraster, skyggerelieffkart, samt kart for avrenningsanalyse og terrenghelning basert på høydedata fra lidardata.. I tillegg er det benyttet WMS-tjenester topografisk kart, flyfoto, grunnforholdskart, aktsomhetskart og lignende.

1.2. Forbehold og begrensninger

Vurderingene er basert på terreng og vegetasjon som observert under befaringen og gjelder sikkerhet mot skred i bratt naturlig terreng. Ved store endringer i terreng og vegetasjon bør vurderingene utføres på nytt.

Det er ikke registrert informasjon eller opplyst om tidligere skredhendelser nær eksisterende tunnelpåhugg som ble etablert rundt 1976. Dersom det kommer frem opplysninger om tidligere skredhendelser, bør vurderingene utføres på nytt.

Vurderingen gjelder sikkerhet mot skred i bratt naturlig terreng, og inkluderer ikke vurdering av kvikkleireskred. Geotekniske problemstillinger er ivaretatt i andre deler av prosjektet.

2. Krav til sikkerhet mot skredfare

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg:

Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.

Byggeteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). I veiledningen til TEK17 gis det retningsgivende eksempel på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred.

Tabell 1. Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Valgt klasse er markert med oransje

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

Sikkerhetsklasse S1 omfatter byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er garasje, uthus og båtnaust.

Påhuggsområdet utenfor et mulig bergrom for reservekraft vil ha minimalt med opphold av personer, og teknisk utstyr vil bli plassert trygt inne i bergrommet. Det er ikke planlagt bruk av uteområdet som lagerplass, eller regulert inn mulighet for plassering av bygninger i området. Økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser ved plassering av et tunnelpåhugg innenfor området vil være små ved et eventuelt steinsprang eller snøskred og begrense seg til å rydde opp i nedraste masser. De samfunnsøkonomiske konsekvensene vil først være merkbare dersom det går et ras som hindrer tilgang til bergrommet for en lengre periode, samtidig som det er kritisk behov for reservekraft. I og med at det verken har gått ras, eller vært behov for reservekraft i perioden som Hammeren har vært i drift, anses dette som svært lite sannsynlig. Etablering av en kort tunnelportal som angitt i INGGE02 vil i seg selv også være et skredsikringstiltak. Sikkerhetsklasse for skred settes derfor til S1.

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Følgende skredtyper må vurderes:

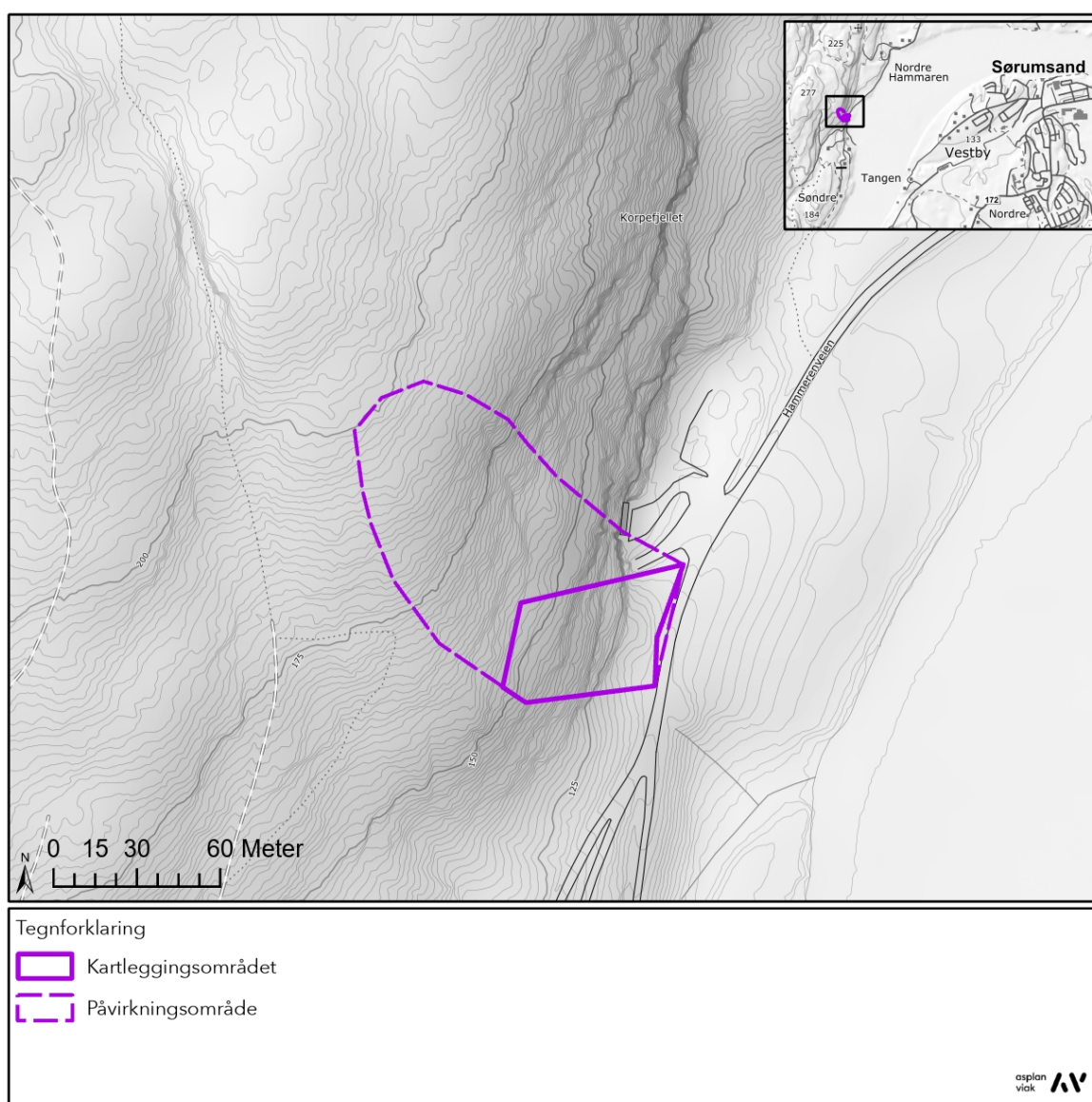
- Skred i fast fjell
- Skred i løsmasser
- Snøskred, inkludert sørpeskred

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i Tabell 1. Skredfareutredningen er gjennomført uten å ta hensyn til skog.

3. Områdebeskrivelse

Planområdene ligger langs Glomma ved Hammeren, se oversiktskart i Figur 1.

Påvirkningsområdene, som er det området som kan generere skred mot planleggingsområdet, strekker seg vestover mot Korpefjellet. Påvirkningsområdet er i hovedsak bart berg, med noe tynt løsmassedekke med lyng og spredt furutrær, se flyfoto i Figur 2 og dronefoto i Figur 3. Øst for kartleggingsområdet renner Glomma sørover, og mellom Glomma og påvirkningsområdet er det et flatere område med skog og jorder.



Figur 1: Oversiktskart over planområdet ved Hammeren, Sørumsand.



Figur 2: Flyfoto over kartleggings- og påvirkningsområdet ved Hammeren.



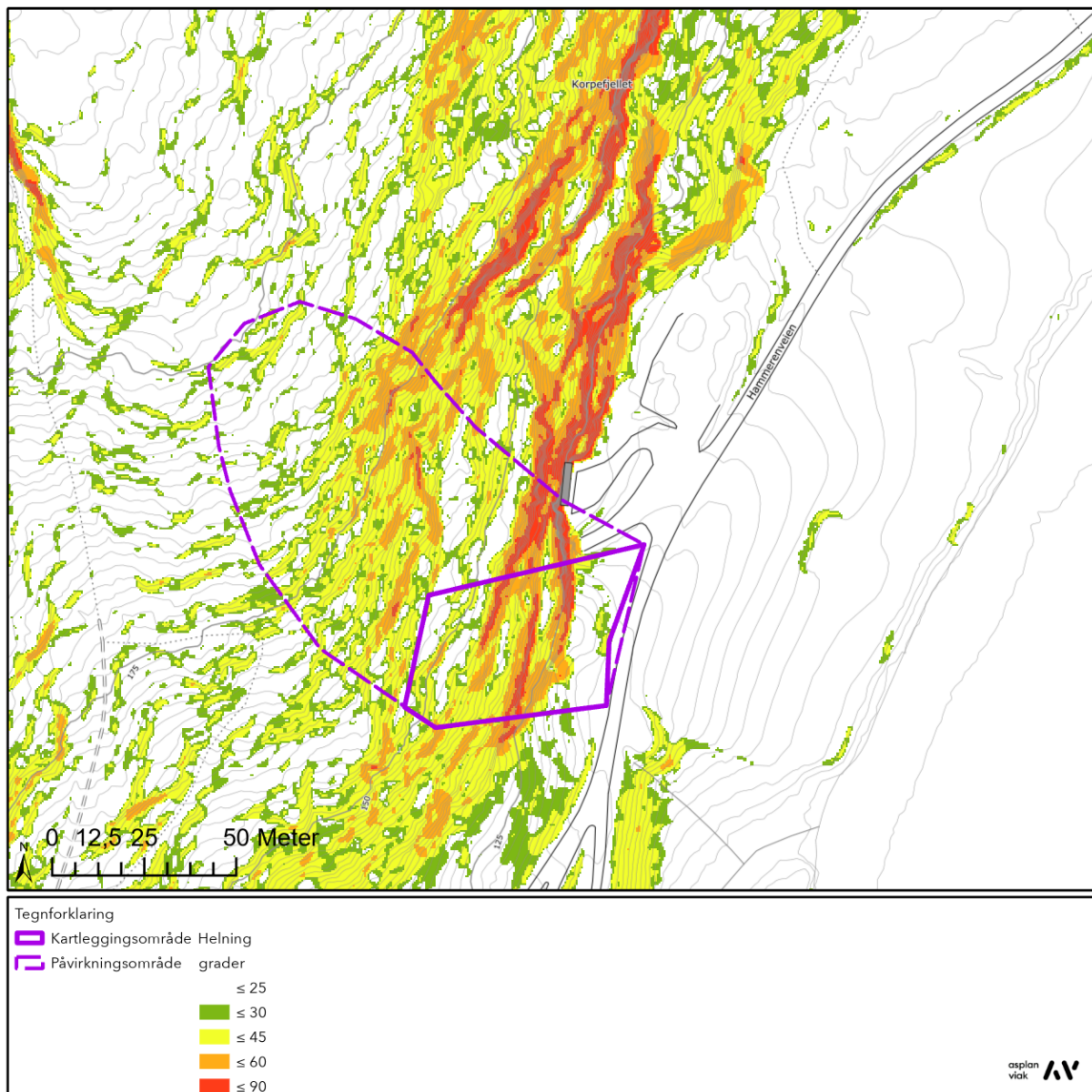
Figur 3: Dronefoto av terrenget på oversiden av mulig tunnelpåhugg. Bilde viser skurt bart berg i de bratteste partiene, og vegetasjon med busker, lyng og furutrær på mindre bratte terrasser.

3.1. Befaring

Ingeniørgeolog Gunhild Viljugrein Stølen fra Asplan Viak var på befaring den 20.06.2024. Det var barmark, oppholdsvær og rundt 20°C på befaringsdagen. Observasjoner fra befaring er beskrevet i kapittel 3.9.

3.2. Topografi

Terrenget vest for mulig plassering av tunnelportal stiger fra kote 112 langs Hammerenveien, og stiger oppover mot Korpefjellet til over 200 meter. Det bratteste terrenget befinner seg i de nederste partiene fra kote 112 til 148 meter. Terrenget er terrassepreget, med enkelte svært steile skråninger, og deretter partier som er flatere. Det ble ikke observert noen større søkk i terrenget i området.



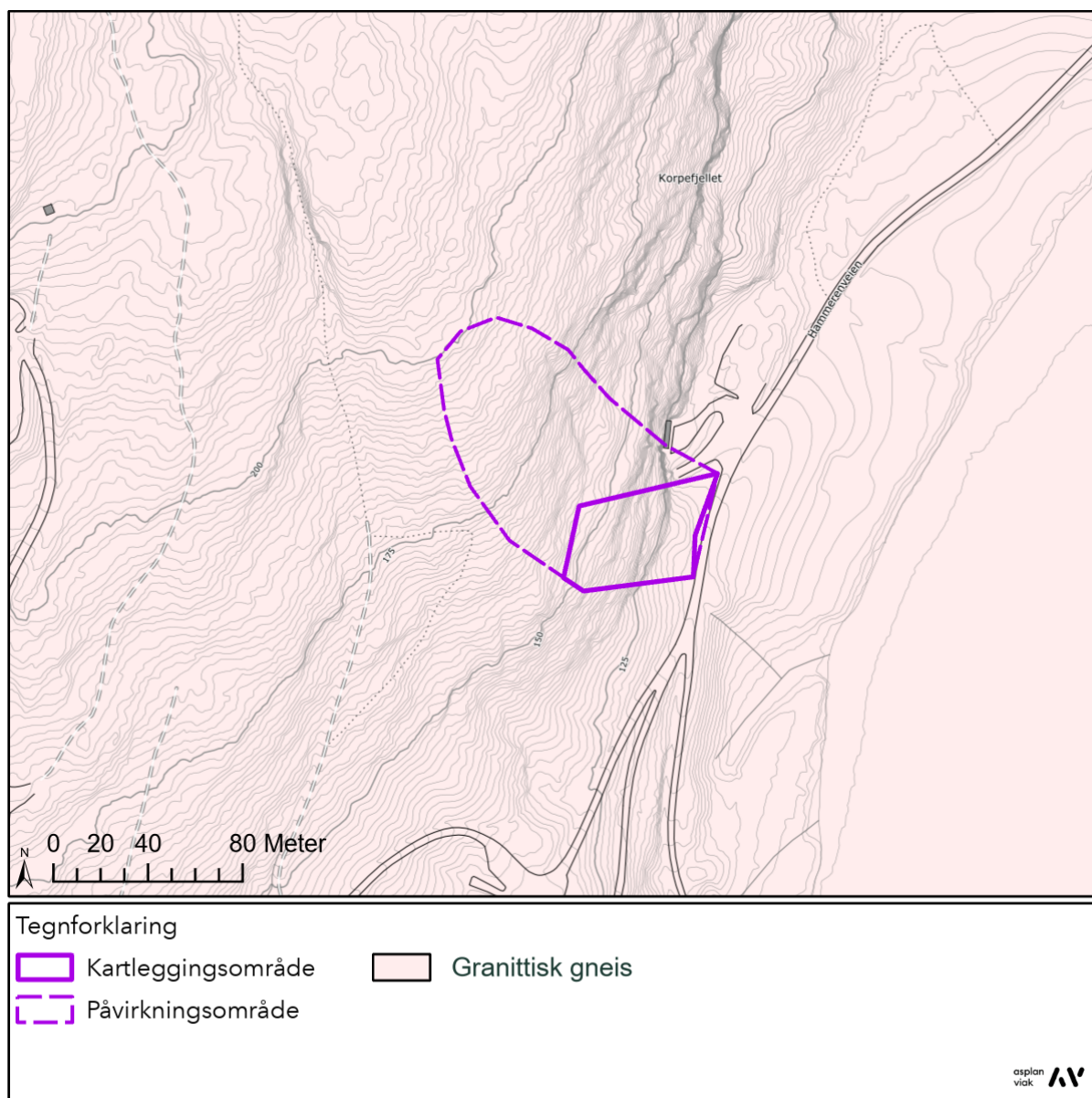
Figur 4: Terrenghelningskart ved Hammeren.

3.3. Geologi

3.3.1. Berggrunn

Berggrunnskartet til NGU (1:250 000) viser at berggrunnen rundt kartleggingsområdet består av granittisk gneis. I forbindelse med forprosjekt for utvidelse av pumpestasjonen har det blitt gjennomført geologisk kartlegging i eksisterende tunneler. Der har bergmassen blitt karakterisert som grovkornet og kompetent, mange steder sterkt

migmatisert. Bergarten inneholder enkelte biotittrike lag med bredde 5-30 cm og stedvis opphopninger med kvarts. Det har blitt observert noen pyrittkrystaller i enkelte lag, men i lite omfang. Generelt er bergmassen lite til moderat oppsprukket, med varierende grad av gjennomsettende sprekesett. På overflaten framstår bergmassen som massiv, i liten grad forvitret og oppsprukket. Dette gjelder spesielt i de nederste partiene mot mulig plassering av tunnelpåhugg.



Figur 5: Berggrunnskartet til NGU (1:250 000).

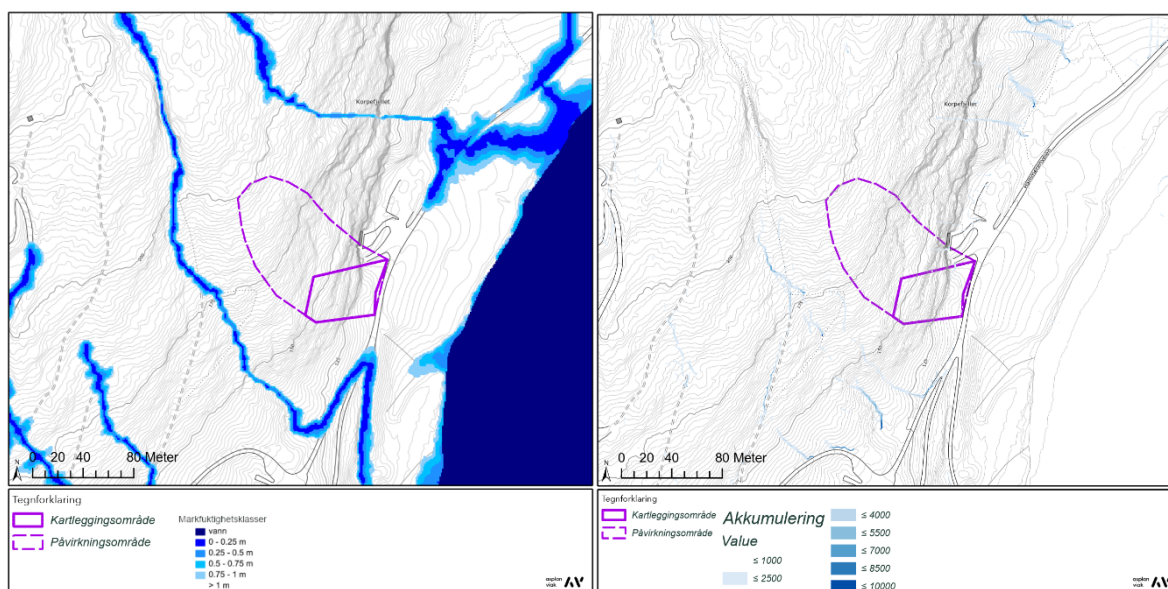
3.3.2. Løsmasser

Løsmassekart viser at påvirkningsområdet til kartleggingsområdet i sin helhet ligger i et område som er markert som bart berg. På befaring ble det i hele det bratte skrånende terrenget ovenfor kartleggingsområdet registrert bart berg med et stedvis tynt løsmassedekke, hvilket stemmer overens med løsmassekartet. I det flatere partiet i bunnen av skråningen ble det registrert finere massere og organisk materiell/jord. Det er ikke observert skredmasser eller ur i bunn av skråningen.

For ytterligere informasjon om løsmassene nedenfor bergskråningen henvises det til utarbeidet geoteknisk notat for prosjektet.

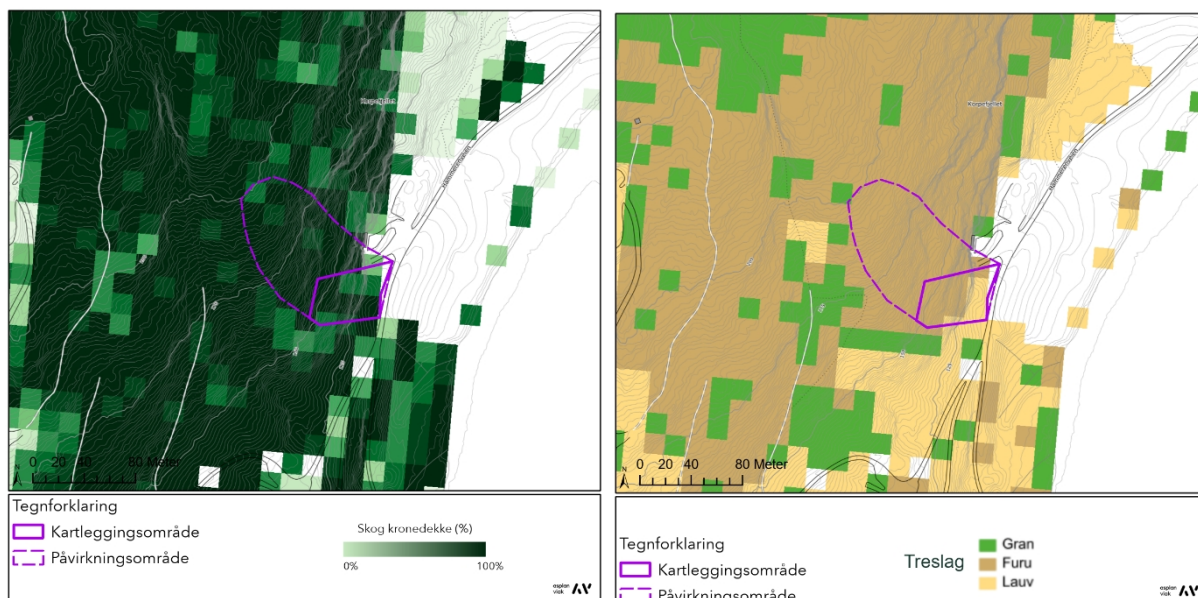
3.4. Drenering og vegetasjon

Det er gjort en flomveisanalyse i ArcGIS Pro basert på terrengmodellen, se høyre figur i Figur 6. Flomsveisanalysen viser at det er svært lite vann som har potensiale for å akkumulere i forsenkninger i terrenget i påvirkningsområdet. NIBIOs markfuktighetskart i figuren til venstre viser de samme tendensene. Dette stemmer godt med observasjoner fra befaring, der det ikke ble observert bekker eller vannforekomster innenfor påvirkningsområdet. Som markfuktighetskartet viser vil vann i hovedsak drenere i dalsøkket vest for påvirkningsområdet. For eksisterende tunnelpåhugg er det ikke vært oppgitt å være problemer med is og vann i området.



Figur 6: Markfuktighetskartet til NGU.

Både påvirkningsområdet og kartleggingsområdet består av spredt furutrær som vokser i et tynt løsmassedekke, ellers mose og blåbærlyng. Kronedekningen varierer, men er generelt høyt og opp mot 100% i påvirkningsområdet (se Figur 7).



Figur 7: Venstre: Treetyper. Høyre: Kronedekning [10].

3.5. Klima

Nedbørsdata er hentet fra NVE sitt «Grid times series» API [8]. Datasettet er SeNorge2 som er basert på observerte og interpolerte data fra 1990 fram til 2020 [11]. Vindroser er basert på data fra *januar 2013 til desember 2023*. Interpolerte data er justert for høyde.

Klimadata er henta fra det nærliggende høydedrag Røysa som ligger bak kartleggingsområdet mot vest. Toppen ligger på 277moh, men modelleringshøyde er på 246 moh. som avviker noe fra faktisk terrenghøyde. På høyder blir vinden mindre påvirket av dalstrøk. Koordinatene er vist i [UTM 33](#).

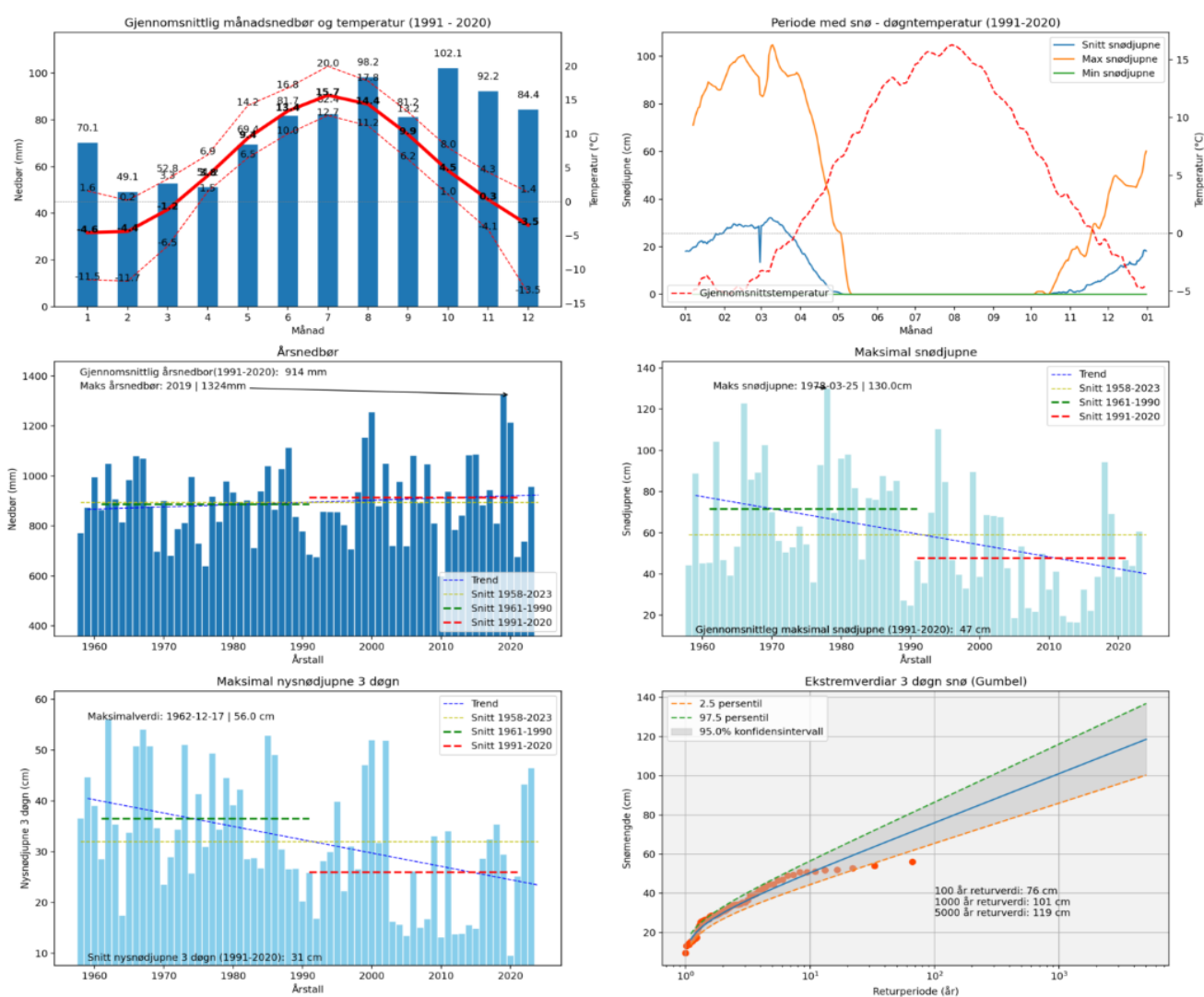
Tabell 2: Koordinater for punktet som klimadata er basert på.

Lokalitet	Koordinater UTM 33	
	N	Ø
Røysa	6655908	287655

3.5.1. Normaler

Gjennomsnittstemperaturen varierer fra $-4,6^{\circ}\text{C}$ i januar, til $15,7^{\circ}\text{C}$ i juli, se Figur 8. i gjennomsnitt er det plussgrader fra april til starten av november. Det er mest nedbør på høsten og tidlig vinteren mellom august og desember, og minst nedbør mellom februar og april. Gjennomsnittlig årsnedbør for området er 914 mm, med en økende trend. Maksimal gjennomsnittlig snødybde på Røysa (246 moh.) er 47 cm, med en minkende trend.

Klimaoversikt for Røysa (246 moh.)

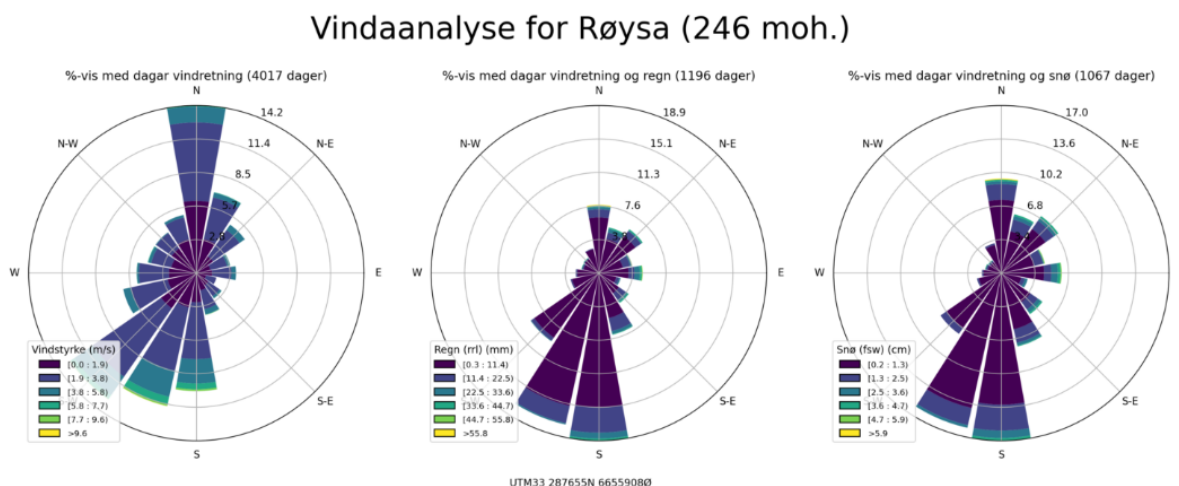


UTM33 287655N 66559080

Figur 8: Sammenstilling av klimadata.

3.5.2. Vind

Vinddata viser at mesteparten av vinden kommer enten fra sør eller fra nord, der den sterkeste vinden kommer fra sør-sørvest. Dominerende vindretning ved nedbør, både i form av snø og regn, kommer fra sør. Den sterkeste vinden med nedbør er i hovedsak fra sør eller fra nord-nordøst. Vindroser er vist i Figur 9.



Figur 9: Vindroser. Venstre: vindretning. Midtre: vindretning ved nedbør. Høyre: Vindretning ved nedbør som snø.

3.5.3. Ekstremverdier

Ekstremverdier for 3 døgn med snø er beregnet til følgende verdier for ulike returperioder:

- Returperiode 100 år: 76 cm
- Returperiode 1000 år: 101 cm
- Returperiode 5000 år: 119 cm.

3.5.4. Framtidig klima

Klimaprofilen for Oslo og Akershus viser at klimaendringene vil føre til flere episoder med kraftig nedbør i intensitet og hyppighet. Det er forventet økt flomvannføring og økt jordflom- og sørpeskredfare som følger av den økte nedbørsmengden. Regn vil oftere falle på snødekket underlag, noe som kan øke faren for våte snøskred i skredutsatte områder og minke faren for tørre snøskred i lavereliggende områder. Det er ventet en vesentlig reduksjon i snømengde og antall dager med snø i lavereliggende områder. Hyppigere

episoder med kraftig nedbør vil kunne øke frekvensen av steinsprang og steinskredhendelser, men vil trolig ha mest innvirkning på mindre steinspranghendelser.



Figur 10: Sammendrag av forventede endringer for Akershus fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerhet.

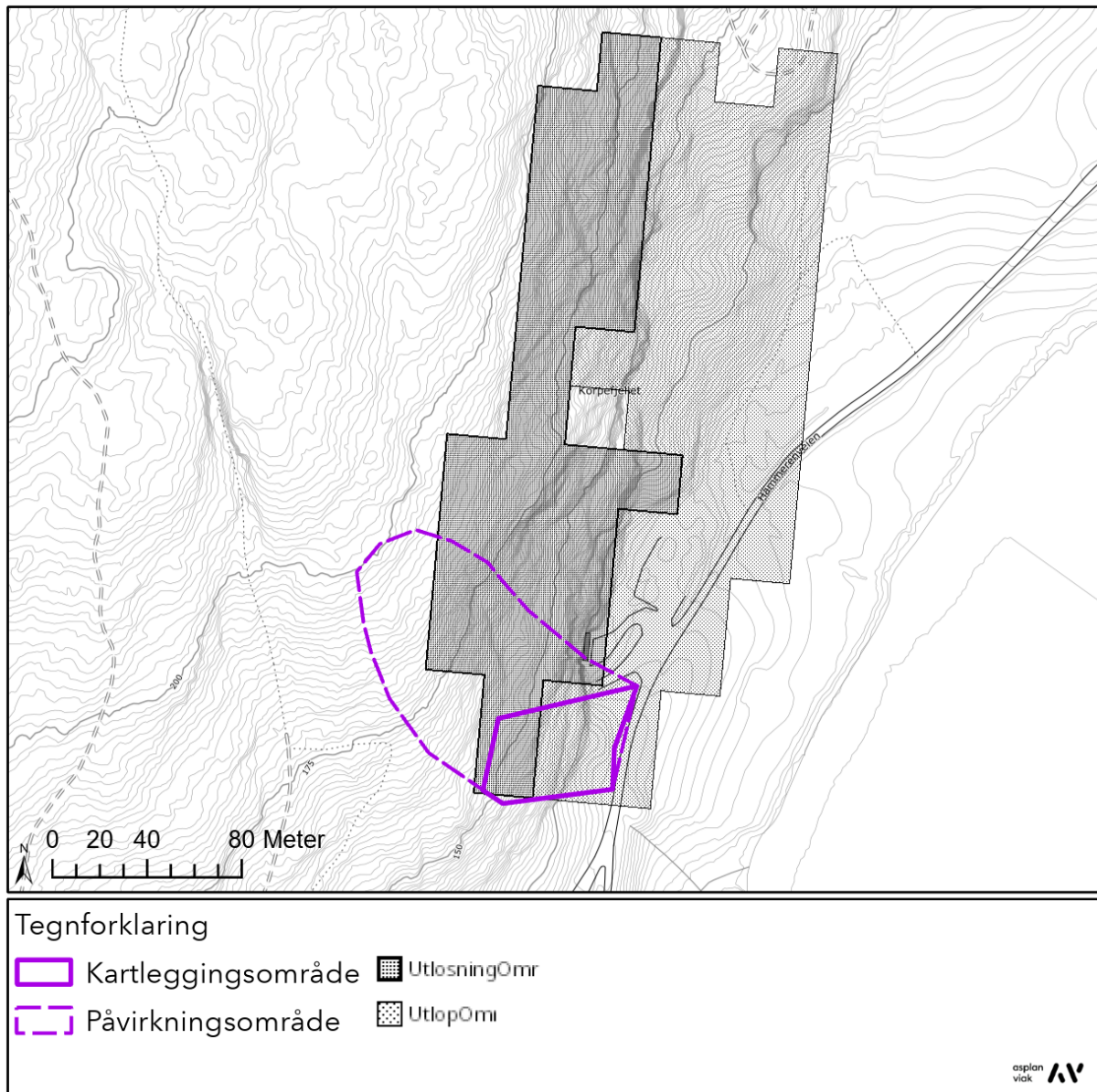
3.6. Tidligere skredhendelser

Det er ikke registrert skredhendelser i eller nær kartleggingsområdet i nasjonal skreddatabase [3] eller Statens vegvesen vegkart [4]. NRVA kjenner heller ikke til tidligere skredhendelser i tilknytning til eksisterende anlegg.

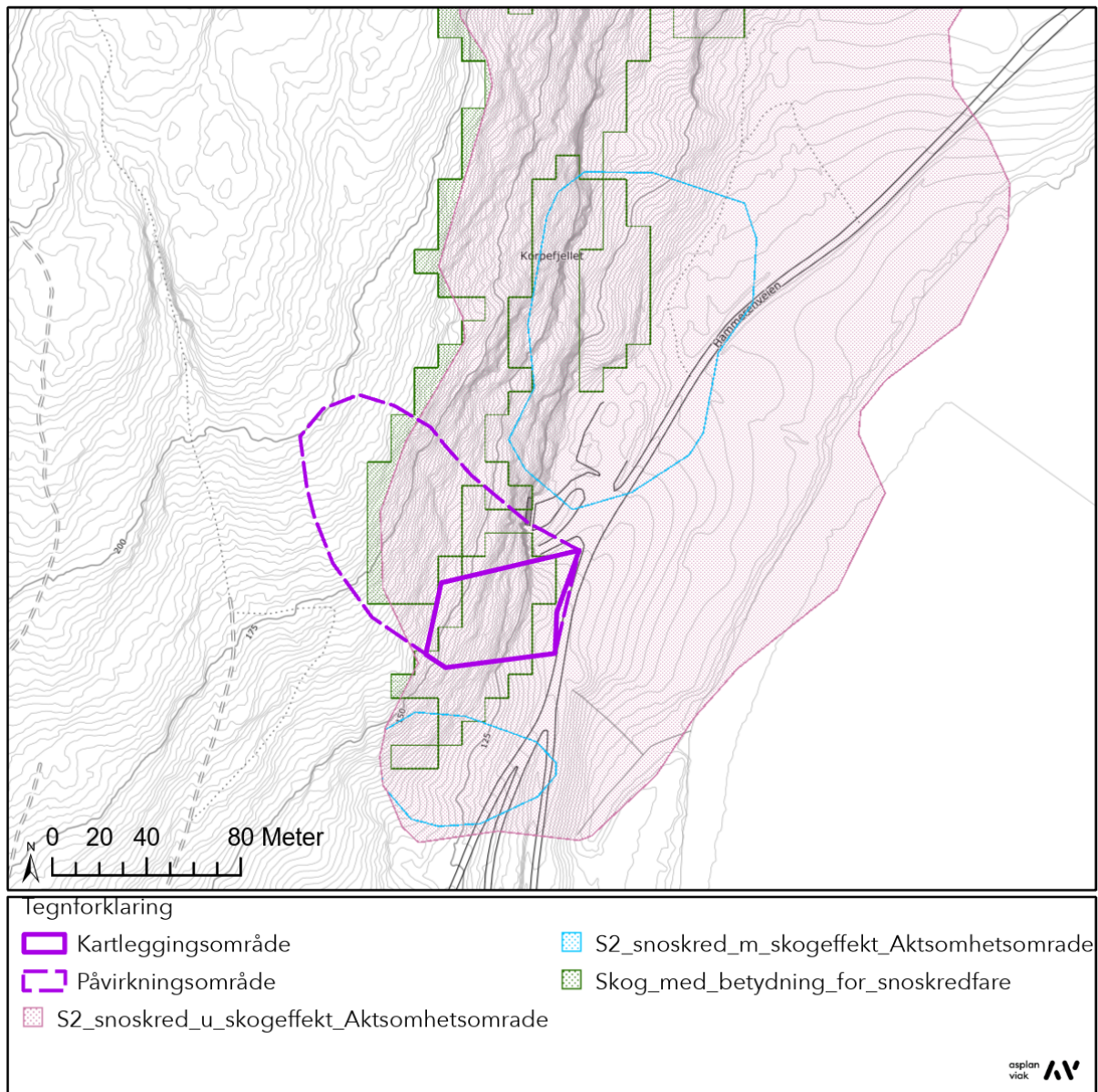
Historiske flyfoto går tilbake til 1950. Det er ikke observert tegn til at det har gått skred på disse fotoene. Skyggerelieffkart, vist i Vedlegg B, viser at det er flere hyller og plataer i terrenget, men få til ingen forsenkninger som indikerer bekkeløp. Fra skyggerelieffkartet ble det ikke observert tegn til avsetninger fra større skred.

3.7. Aktsomhetskart

Kartleggingsområdet ligger innenfor NVE sine aktsomhetskart for steinsprang se Figur 11. Kartleggingsområdet ligger delvis innenfor aktsomhetsområdet for snøskred (NAKSIN 2023 for S2 tiltak) uten skogeffekt, men ligger ikke innenfor området med skogeffekt, se Figur 12.



Figur 11: Aktsomhetsområde for steinsprang ved kartleggingsområde.

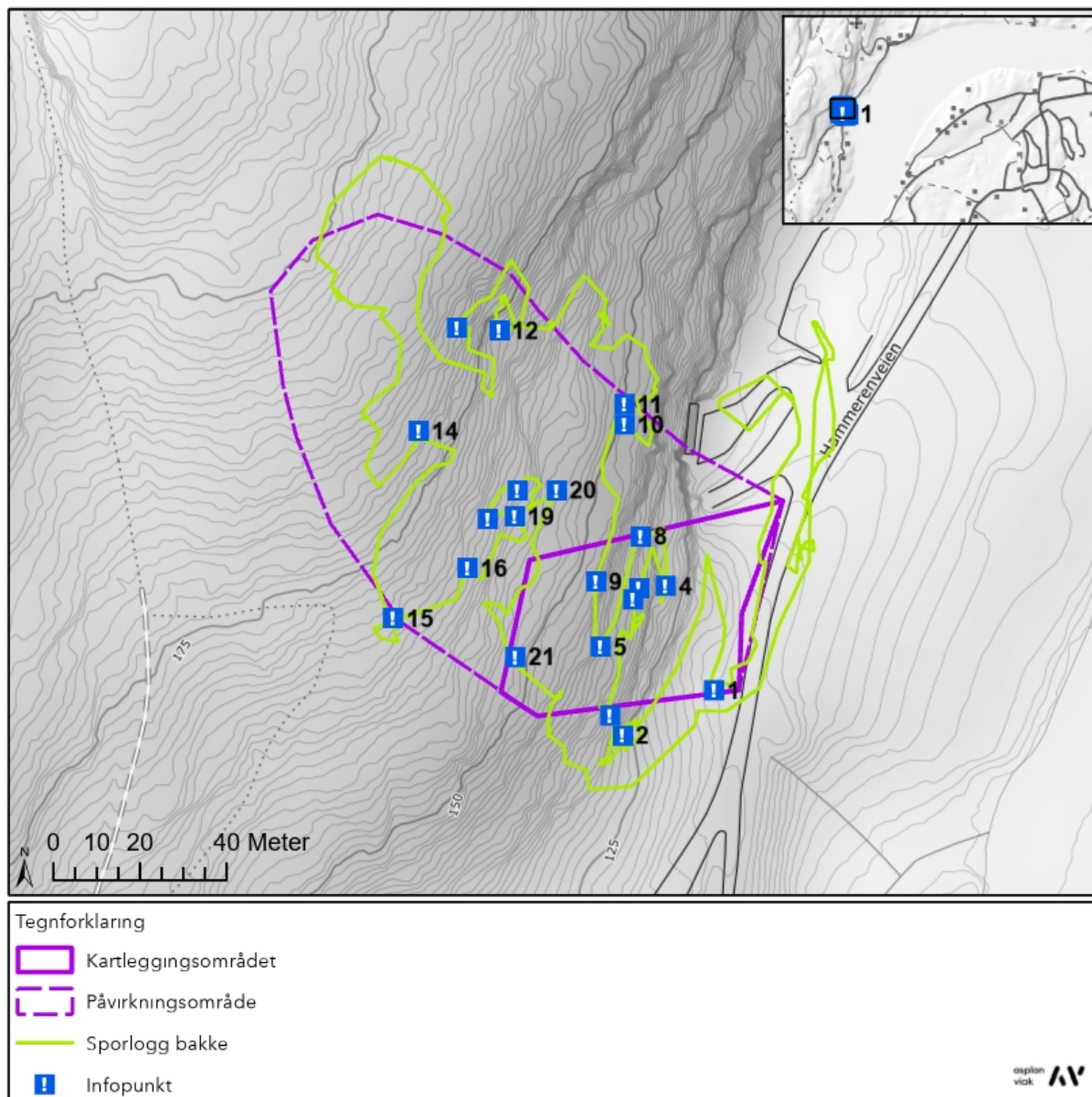


Figur 12: Aktsomhetsområde for snøskred S2 med og uten skogeffekt.

3.8. Tidligere kartlegginger



Det er ingen registrerte skredfarekartlegginger i NVE Atlas. Asplan Viak er ikke kjent med at det tidligere har blitt utført skredfarekartlegging i dette området.



3.9. Observasjoner i felt








Figur 13: GPS-spor fra befaringen med infopunkter.


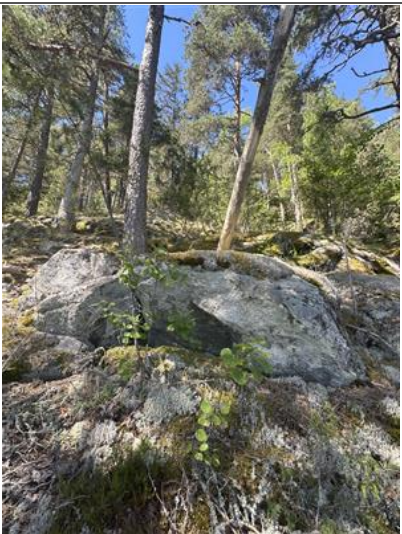

Tabell 3: Beskrivelse av observasjoner gjort under befaringen ved kartleggingsområdet, med henvisning til GPS-punkt (#) vist på kartet i Figur 13.


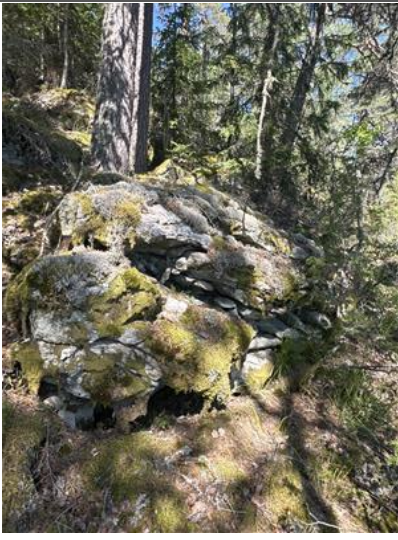

#	Beskrivelse	Foto
1	Mosegrodd blokk nedenfor skråning. Mulig eldre nedfall, ellers ble det ikke gjort observasjoner av blokker i nedkant av bergskjæring som indikerer steinsprang.	
2	Overhengende skrent med blankskurt berg. Enkelte avløste steiner.	



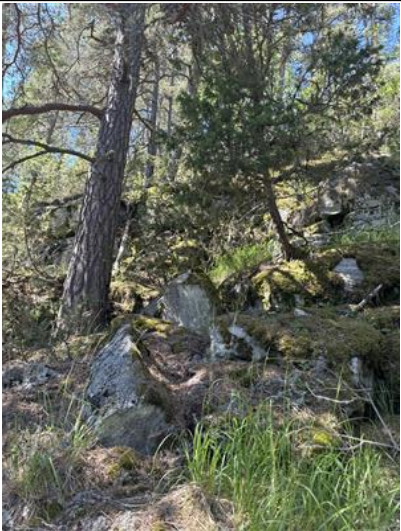
3	<p>Større avløst blokk med åpne sprekker. Vurderes å ligge stabilt, men kan vurderes boltesikret dersom det det skal gjøres tiltak nedenfor blokken.</p>	
4	<p>Noe løse blokker i ellers blankskurt berg med mose på berget rundt. Hylle nedenfor. Størrelse på blokkene er 1x1x1,5 m³. Lite til ingen løsmasser i skråning og 10-15 cm løsmasser på hylle.</p>	

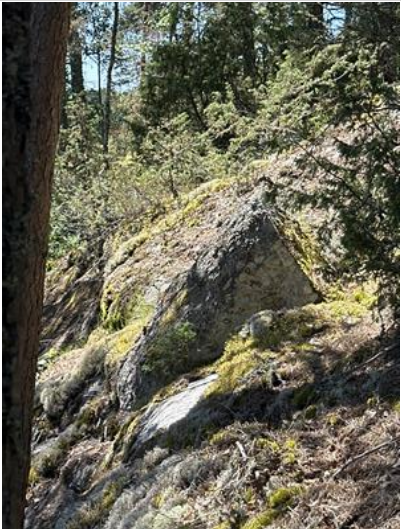


5	<p>Enkelte blokker. En løs 1x1x1,5 m³ stor blokk, men muligens en større løs blokk ved siden (ca. 20 m³) av mot sør. Mer massivt mot nord.</p>	
6	<p>Flere større trær langs kanten av hylle</p>	

7	<p>I hovedsak blankskurt berg, kun mindre løse stein som ligger stabilt. Tynt løsmassedekke/mose og enkelte busker og trær</p>	
8	<p>Avløste blokker og med mindre trær som vokser rundt i den bratteste delen av skråningen. Det er ikke observert nedfall på hyllen nedenfor, så vurderes å være liten aktivitet.</p> <p>Blokkene i dette partiet anbefales boltes eller renskes ned før anleggsarbeid innenfor kartleggingsområdet starter.</p>	
9	<p>Blokk på hylle ved større tre. Vurdert å ligge stabilt, men kan ved vedvarende frost/rotsprengning bevege seg mot kanten. Like ved lå det noen mosekledd blokker på stabil hylle under tre.</p>	

10	Større blokk (1x2x1,5m ³) som ligger innenfor kant av hylle. Dekket med mose. Noen blokker ligger også ovenfor. Større tre ved siden av.	
11	Avløst blokk med trær ovenfor. Vurdert å ligge stabilt i terreng som ikke er spesielt bratt hvor blokken ligger (<45 grader.)	
12	Større trær i brattere del av skråning. Noe løse større blokker/steiner som kan utløses ved rotvelt.	

13	Noe avløste blokker på kant av hylle, men vurderes å ligge stabilt.	
14	Noen mindre blokker under stort tre på hylle. Vurderes å ligge stabilt.	
15	Stor stein som ligger tett innpå et tre. Terreng er i utgangspunktet flatt til steinsprang, og ser ikke løsneområde. Mulig stein er flyttet dit av isbre eller elv.	

16	Litt mere blokkig område	
17	Større blokker på kanten av hylle som tilsynelatende ligger stabilt. Større trær over. Størrelse: 2-3x1x2m ³ .	
18	Flere større blokker som ligger i foten av skråning. Sannsynligvis forvitret opp langs sprekker i bergmassen og ikke flyttet seg langt.	

19	Løs blokk, 1,5x1x1 m	
20	Eldre nedfall på stabil hylle. Mosegrodd og høye trær rundt. Kommer trolig fra hyllen ovenfor.	
21	Større blokker. Ligger tilsynelatende stabilt mot kant, men den største blokken er løs og er 2x4x2 m stor	

3.10. Eksisterende sikringstiltak

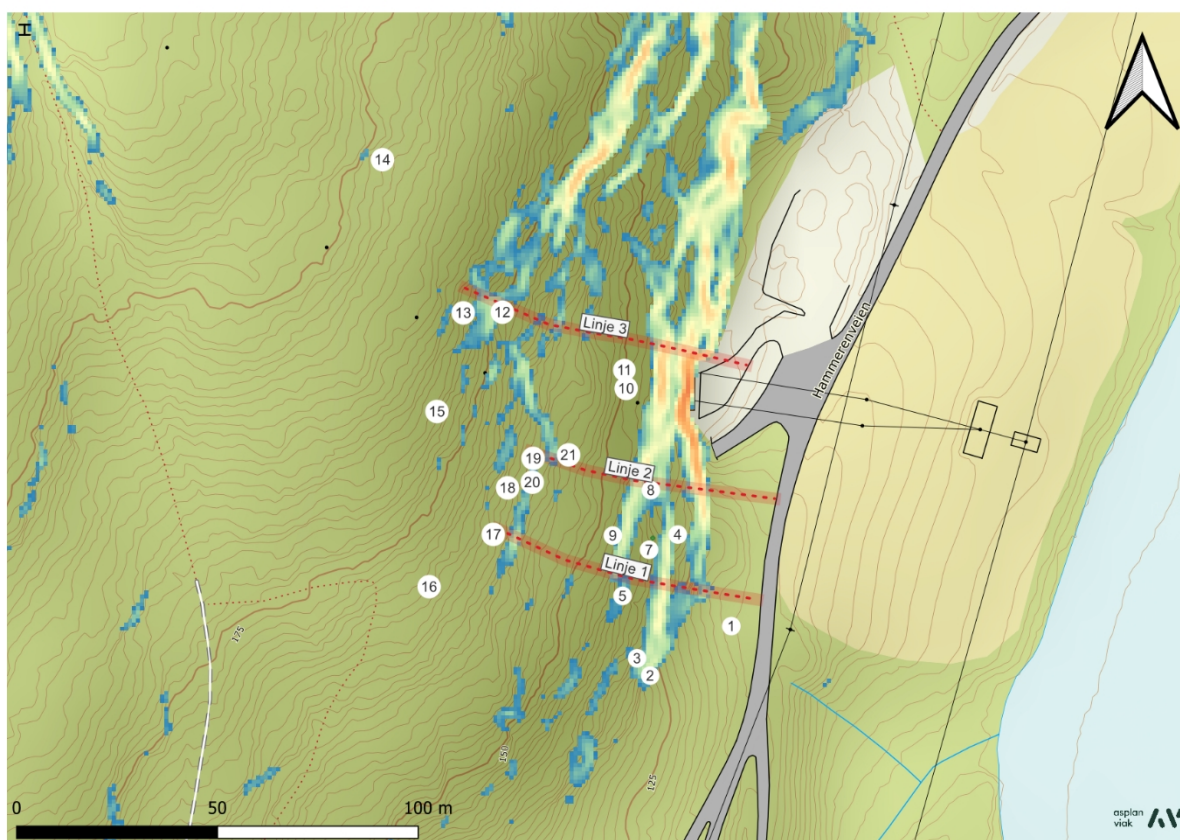
Inngang til pumpestasjon er sikret med kort tunnelportal. Det er også etablert et betongdekke over inntak for høyspentkabler som vil sikre mot mindre nedfall. Det er ikke observert andre sikringstiltak i skråningen ved befaring.

4. Modellering / Simulering

4.1. Modellering av steinsprang

For steinsprang er det utført analyser i RocFall v8.010. Terrengmodell er hentet fra Nasjonal høydemodell DTM1, og sammenlignet med lidardata med høyere oppløsning (Fet 2013) for å se om det var større forskjeller i terrengnivå. Det ble ikke avdekket forskjeller i høydedata som ble vurdert å ha større avvik enn usikkerheten i inngangsparametere til selve beregningsmodellen.

Det har blitt utført analyser for terrengprofil der det på befaring ble avdekket blokker i terrenget som potensielt kan mobiliseres, disse er vist i



Figur 14: Profiler for steinsprang hvor det er gjort RocFall simulering.

Det er benyttet beregningsmetoden «Lumped Mass» ved beregning av utløpsdistanse. Som inngangsparametere for demping er det benyttet standard verdier angitt i RocFall for

«Bedrock Outcrops» i de flatere områdene, der friksjonsvinkelen er justert noe lavere enn det som kommer opp som standard. For de bratteste områdene er det benyttet Standard verdier for «Clean Bedrock»,

Parameter - Bedrock Outcrops	Fordeling	Gj.snitt	Standard avvik
Normal Restitution	Normal	0.35	0.04
Tangential Restitution	Normal	0.85	0.04
Friction Angle	Normal	25	2

Parameter - Bedrock	Fordeling	Gj.snitt	Standard avvik
Normal Restitution	Normal	0.53	0.00
Tangential Restitution	Normal	0.99	0.00
Friction Angle	Normal	1	0

Resultater med parametere er vist i vedlegg, og resultatene er vurdert i kapittel 5. Vedlegg inneholder inngangsparametere, samt beregnet stoppested for de tre terrengprofilene som er vist i Figur 14.

5. Utredning av skredfare

Vurdering av skredfare er basert på befaring, historikk fra eksisterende inngang til pumpestasjon, NVE sine aktsomhetskart, studering av kart og ortofoto, klimatiske data og modellering.

Vurderingene er gjort uten hensyn til skog, og legger dermed ikke bånd på skogområder.

5.1. Steinsprang

Steinsprang kan løsne i terreng brattere enn 45°. Steinsprang kan forekomme hele året, det er likevel størst hyppighet om våren og høsten som følger av fryse- og tinesykluser eller kraftig nedbør som fører til økt vanntrykk i sprekker i berget.

5.1.1. Er steinsprang aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Hele kartleggingsområdet ligger innenfor NVE aktsomhetskart for steinsprang. Det er flere områder i påvirkningsområdet som er brattere enn 45° med berg eller blokker.

Steinsprang er derfor en aktuell prosess i påvirkningsområdet.

Vurderingsgrunnlag	Prosjektspesifikke forhold	Er steinskred en aktuell prosess i området?
Aktsomhetsområde	NVE sitt aktsomhetskart for steinsprang	Ja
Terreng	Terreng brattere enn 45°	Ja
Løsmassedekke	Bart fjell i områder med terreng brattere enn 45°	Ja

5.1.2. Vurdering av løsneområde og løsnesannsynlighet

Det er ved befaring ikke avdekket utpregede løsneområder. Bergoverflaten framstår i stor grad som glattskurt, med skrenter og stup bestående bergmasse med lite sprekker. Bergmassen i området har lite overflateforvitring. De bratteste områdene ligger i den nederste delen av skråningen. Terrengformasjonene danner noe hyller mellom skrentene. Med unntak av en mulig blokk (ukjent opphav), ble det ikke observert rasmasser i bunn av skråningene eller på hyllene mellom skrentene. Heller ikke på eksisterende overbygg til høyspent linjer eller portal er det observert nedfall. Dette tyder på at det i liten grad er

pågående steinsprangaktivitet i området, og at løsnessannsynligheten vurderes som følge av dette som lav, godt under 1/100.

Ved befaring ble det allikevel observert enkeltblokker som kan mobiliseres over tid, for eksempel ved rotvelt eller frostsprengning. Å utelukke nedfall av steinblokker kan naturligvis ikke gjøres selv om sannsynligheten vurderes å være lavere enn nødvendig sikkerhetskrav. Det har derfor blitt modellert hvor langt enkeltblokker kan nå i bunn av skråningen for ulike profiler med tanke på dimensjonering av for eksempel portal inn til bergrom.

5.1.3. Vurdering av steinsprangfare inn i kartleggingsområdet

Basert på simuleringer i programmet Rocscience RocFall vil stein som potensielt løsner i skrentene i de øverste partiene (markert som 12 – 20 i Figur 14) stoppe før det nederste bratte partiet. Det er kun for linje 3 at simuleringen viser at ca. 5 prosent av blokkene som løsner vil falle over kanten. Det er naturligvis en del usikkerhet knyttet til denne type beregninger. Form på stein vil blant annet ha stor betydning. Dersom en stein begynner å rulle vil benyttet friksjonskoeffisient være for høy. Det vurderes allikevel at benyttede parametere gir et sannsynlig scenario utifra de observasjonene som er gjort i terrenget, da det ikke er rasmasser i bunn. Det er også utført beregninger med andre parametere, som tilsvarende viser at eventuelt nedfall fra høyere del av skråningen vil stoppe før det når kartleggingsområdet, eller at steinene vil ha svært lav fart og lav energi når de kommer til det siste bratte partiet.

For det nederste bratte partiet med høydeforskjell på ca. 30 meter (punkt 5 – 9 i Figur 14) må det utføres en ingeniørgeologisk vurdering tilsvarende som for ved normal prosjektering av tunnelpåhugg. Dette må utføres basert på mer detaljert informasjon om krav til bergrom for reservekraftsløsning. Dette er foreløpig ikke avklart, se INGGE02 – Bergrom reservekraft for status. Det er observert enkelte blokker, for eksempel punkt 8, som det vurderes at bør renskes ned. Komplexitet og vanskelighetsgrad for dette vurderes å være lavere enn for et tilsvarende tunnelpåhugg som er sprengt ut, og vurderes å ligge utenfor det som normalt skal vurderes i en skredfareutredning.

Som angitt i konklusjonen anbefales det at tunnelportal trekkes noen meter ut fra påhugg, for å kunne beskytte mot nedfall av is, snø, vegetasjon og eventuelt blokker, og at det på generelt grunnlag for høye bergskjæringer settes av en sone mellom fot av bergskjæring og eventuelt uteområde.

5.2. Steinskred

Steinskred har volum fra noen hundre m³ til 100 000 m³ og starter gjerne ved at fremste del av en skrent i en fjellside faller ut.

5.2.1. Er steinskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Det er ikke registrert ustabile fjellparti i NGU sin database [12] eller bevegelser i InSAR Norge [13]. Det er ikke gjort observasjoner i terrenget som tilsier at oppsprekking og volum av steinmasser har potensiale for å gi steinskred. Steinskred er derfor ikke en aktuell skredprosess og må ikke utredes videre.

Vurderingsgrunnlag	Prosjektspesifikke forhold	Er steinskred en aktuell prosess i området?
Terreng	Terreng brattere enn 45°	Ja
Løsmassedekke	Bart fjell i områder brattere enn 45°	Ja
Volum	Tilstrekkelig volum i løsneområder	Nei

5.3. Jordskred

Jordskred er plutselig utgliding av vannmettede løsmasser og utløses som regel i terreng brattere enn 20°.

5.3.1. Er jordskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Verken kartleggingsområdet eller påvirkningsområdet ligger innenfor aktsomhetssonen for jord- og flomskred fra NVE. Det er terreng brattere enn 20 grader i påvirkningsområdet. Ved befaring ble det observert bart fjell i tilnærmet hele påvirkningsområdet, med unntak av slakere hyller dekket av mose og lyng med et skrint løsmassedekke. Områder med løsmasser er for små til at eventuelle utglidninger av massene vil kunne påføre skade i kartleggingsområdet. Jordskred vurderes derfor ikke som en aktuell prosess i påvirkningsområdet, og må ikke utredes videre.

Vurderingsgrunnlag	Prosjektspesifikke forhold	Er jordskred en aktuell prosess i området?
Aktsomhetskart	Aktsomhetskart jord- og flomskred.	Nei
Terreng	Skråninger brattere enn 20 grader.	Ja

Løsmassedekke	Løsmasser i skråninger brattere enn 20 grader. Mektighet.	Nei
---------------	---	-----

5.4. Flomskred

Flomskred blir gjerne utløst i forbindelse med flomvannføringer fra bekker eller forsenkninger i terreng brattere enn 15°.

5.4.1. Er flomskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Kartleggingsområdet ligger ikke innenfor NVE sitt aktsomhetskart for jord- og flomskred. Det er terreng brattere enn 15 grader i påvirkningsområdet. Det er ingen markante forsenkninger eller bekkeløp der vann konsentreres. Ved befaring er det observert bart fjell eller et skrint løsmassedekke i tilnærmet hele påvirkningsområdet. Området med løsmasser er for små til at eventuelle utglidninger av massene vil kunne påføre skade i kartleggingsområdet. Flomskred vurderes derfor ikke som aktuell prosess i påvirkningsområdet, og må ikke utredes videre.

Vurderingsgrunnlag	Prosjektspesifikke forhold	Er flomskred en aktuell prosess i området?
Aktsomhetskart	Kartleggingsområdet ligger innenfor NVE sitt aktsomhetskart for jord- og flomskred.	Nei
Terreng	Det er forsenkninger eller bratte bekkeløp brattere enn 15° i påvirkningsområdet.	Nei
Løsmassedekke	Løsmassekart og befaring viser at det er/ikke er løsmasser av betydning for flomskredfaren.	Nei

5.5. Snøskred

NVE [14] regner alle fjellsider og skrenter brattere enn 25° for å gi fare for snøskred, så fremt snømengden i året overstiger 0,2 meter, og det ikke er tilstrekkelig skogdekning i

området. I områder som er brattere enn 55° vil snøen som oftest skli ut jevnt i mindre flak/biter slik at det ikke akkumuleres store snømengder som kan utløse større snøskred. I terreng med helning 30-50 grader vil større mengder snø kunne akkumuleres. Terrengets evne til å samle snø er avgjørende for snøskredfaren i et område.

5.5.1. Er snøskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Deler av kartleggingsområdet ligger innenfor NVE sitt aktsomhetskart for snøskred uten skog (NAKSIN for S2 tiltak). Det er to mindre aktsomhetsområder nær kartleggingsområdet som viser snøskredfare også med skog. Innenfor påvirkningsområdet er det skråninger brattere enn 25 grader, og årlig snøhøyde over 0,2 meter. Snøskred er derfor en aktuell prosess i påvirkningsområdet når området blir vurdert uten skog.

Vurderingsgrunnlag	Prosjektspesifikke forhold	Er snøskred en aktuell prosess i området?
Aktsomhetskart	NVE sitt aktsomhetskart for snøskred (NAKSIN for S2 tiltak uten skog)	Ja
Terreng	Terreng brattere enn 25 grader	Ja
Skog	Tilstrekkelig krondekning	Vurderingen blir gjort uten skog
Årlig snøhøyde	Årlig snødybde over 0,2 m	Ja

5.5.2. Vurdering av løsneområde og løsnesannsynlighet

Det er ingen kjente snøskredhendelser i området. Det er ikke observert tegn til tidligere snøskred i påvirkningsområdet, verken fra skyggerelieffkart, historiske foto eller fra befaring. Dominerende vindretning med snø er fra sør, hvilket ikke fører til ekstra pålagring av snø i påvirkningsområdet.

I påvirkningsområdet er det vekslende terrenghelning mellom 25-90 grader. Terrengene har terrasser som veksler mellom brattere og slakere partier. Det er ingen større søkk eller forsenkninger i terrengene. Øvre del av påvirkningsområdet mot nord er slakt med en helning under 25 grader, mens midtre del er noe brattere og mellom 25 og 90 grader. Partiene med brattere helning enn 50 grader er særlig lokalisert i nedre/midtre del av kartleggingsområdet og i bånd i sør-nord-retning midt i påvirkningsområdet. I områdene som er brattere enn 55° vil det normalt ikke akkumuleres nok med snømasser til at det blir

skredfarlig, og i områdene som er slakere enn 25° utløses det normal ikke snøskred. Det er derfor begrenset med sammenhengende områder hvor nok snø kan legge seg for at det skal bli skredfarlig.

I områdene ovenfor de nederste bratte partiene er terrenget dekket av mindre busker, enkelte steinblokker, i tillegg til trær med en tett kronedekning. (Trærne er ikke tatt med i denne vurderingen). Terrengets ruhet i løseområdet kan forhindre utløsning av snøskred når ruheten er så stor at den når gjennom hele eller mesteparten av snødekket. Tabell 2 i NVE Veileder [15] angir at ved snødybder under 0,6 m vil det ved en gjennomsnittlig ruhet i terrenget (f.eks områder med ur, mindre trær og mindre ujevnheter) i liten grad være sannsynlig med skred. Fra klimadata over området er forventet maksimal gjennomsnittlig snødybde 47 cm hvilket tilsier at snødybden normalt ikke vil være stor nok til å utløse skred. Med en samlet vurdering av ingen tegn til tidligere snøskredaktivitet, begrenset størrelse på områdene som har ugunstig terrenghelning, og terrengets ruhet vurderes løsesannsynlighet for snøskred som lavere enn 1/100 uten å se på skogeffekten. Mindre utrasinger av snø kan naturligvis forekomme, spesielt fra de nederste delene av skjæringen, men snømengdene og høydeforskjell vil her være såpass liten at det ikke vil ha større konsekvens for planlagte tiltak.

5.6. Sørpeskred

Sørpeskred er vannmettede skred som oftest løsner under intens snøsmelting eller kraftig regnvær. De kan løsne i avrenningsområder og bekkedaler, men også i områder med liten gradient som snødemte sjøer, myrområder eller dyrket mark. Sørpeskred oppstår som oftest når det er dårlig drenering pga. tele og is.

5.6.1. Er sørpeskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Det finnes ingen aktsomhetskart for sørpeskred. Terrenget har ingen markante forsenkninger, bekkeløp eller andre terrengformasjoner der det forventes oppdemming av vann i snødekket. Det er ingen kjente sørpeskredhendelser i området. Sørpeskred vurderes derfor ikke som en aktuell skredtype i påvirkningsområdet og må ikke utredes videre.

Vurderingsgrunnlag	Prosjektspesifikke forhold	Er sørpeskred en aktuell prosess i området?
Tidligere hendelser	Ingen kjente sørpeskredhendelser i området	Nei
Terreng	Ingen terrengformasjoner der det forventes at vann vil demme opp i snødekket	Nei

6. Konklusjon samlet skredfare

Samlet sannsynlighet for snøskred og steinsprang inn i kartleggingsområdet er vurdert å være langt lavere enn nominell årlig skredsannsynlighet på 1/100 som gjelder for områder i sikkerhetsklasse S1. Øvrige skredtyper vurderes å ikke være aktuelle for kartleggingsområdet.

Sikkerhetsklasse S1 er valgt med bakgrunn i at det vil være lite alvorlige samfunnsøkonomiske konsekvenser dersom skred når kartleggingsområdet, og det vil være minimalt med personopphold i området. Kartleggingsområdet tilfredsstiller dermed TEK17 sitt krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklassene S1.

Selv om sannsynligheten for skred er akseptabel i forhold til kravet på 1/100 anbefales det å vurdere enkle tiltak i forbindelse med detaljprosjektering. Dette kan være å lage en sone ved foten av bergskjæring som gjør at området er lite egnet til opphold, lagerplass eller lignende slik at området også i framtiden oppfyller kravene til sikkerhetsklasse S1.

Ved detaljprosjektering av mulig bergrom for reservekraft må det også prosjekteres nødvendige sikkerhetstiltak i forbindelse med sprengning / anleggsarbeid, tunnelportal dimensjoneres slik at den beskytter mot nedfall av is, ansamlinger av snø, fallende trær, mindre steinblokker og liknende, samt hindrer at vann renner over påhugget og inn i bergrommet. Dette anses som normal ingeniørgeologisk prosjektering, og vil være nødvendig uavhengig av sikkerhetsklasse.

Kilder

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,» 15 09 2017. [Internett]. Available: <https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>.
- [2] Statens kartverk, «Høydedata,» [Internett]. Available: www.hoydedata.no.
- [3] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/>.
- [4] Statens vegvesen, «Vegkart,» [Internett]. Available: <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>.
- [5] NGU, «Nasjonal berggrunnsdatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [6] NGU, «Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [7] Statens kartverk, Geovekst og kommunene, «Norge i bilder,» [Internett]. Available: <https://www.norgeibilder.no>.
- [8] NVE, Meteorologisk institutt, Statens vegvesen og Statens kartverk, «seNorge.no,» [Internett]. Available: <http://www.senorge.no/>.
- [9] Meteorologisk institutt, NVE, NORCE, Kartverket og Bjerknessenteret, «Norsk klimaservicesenter,» 2021. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/>. [Funnet 01 02 2024].
- [10] NIBIO, «Kilden,» [Internett]. Available: <https://kilden.nibio.no>.
- [11] C. Lussana, T. Saloranta, T. Skaugen, J. Magnusson, O. E. Tveito og J. Andersen, «SeNorge2 daily precipitation, an observational gridded dataset over Norway from 1957 to the present day.»,» *Earth System Science Data, Volume 10*, p. 235-249, 1. februar 2018.
- [12] NGU, «Nasjonal database for ustabile fjellparti,» 2024. [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/ustabilefjellparti_mobil/. [Funnet 25 06 2024].

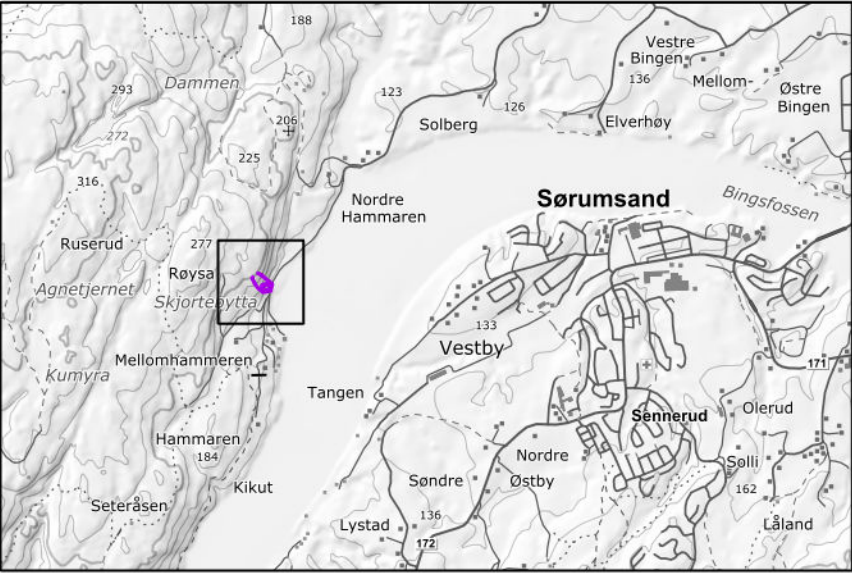
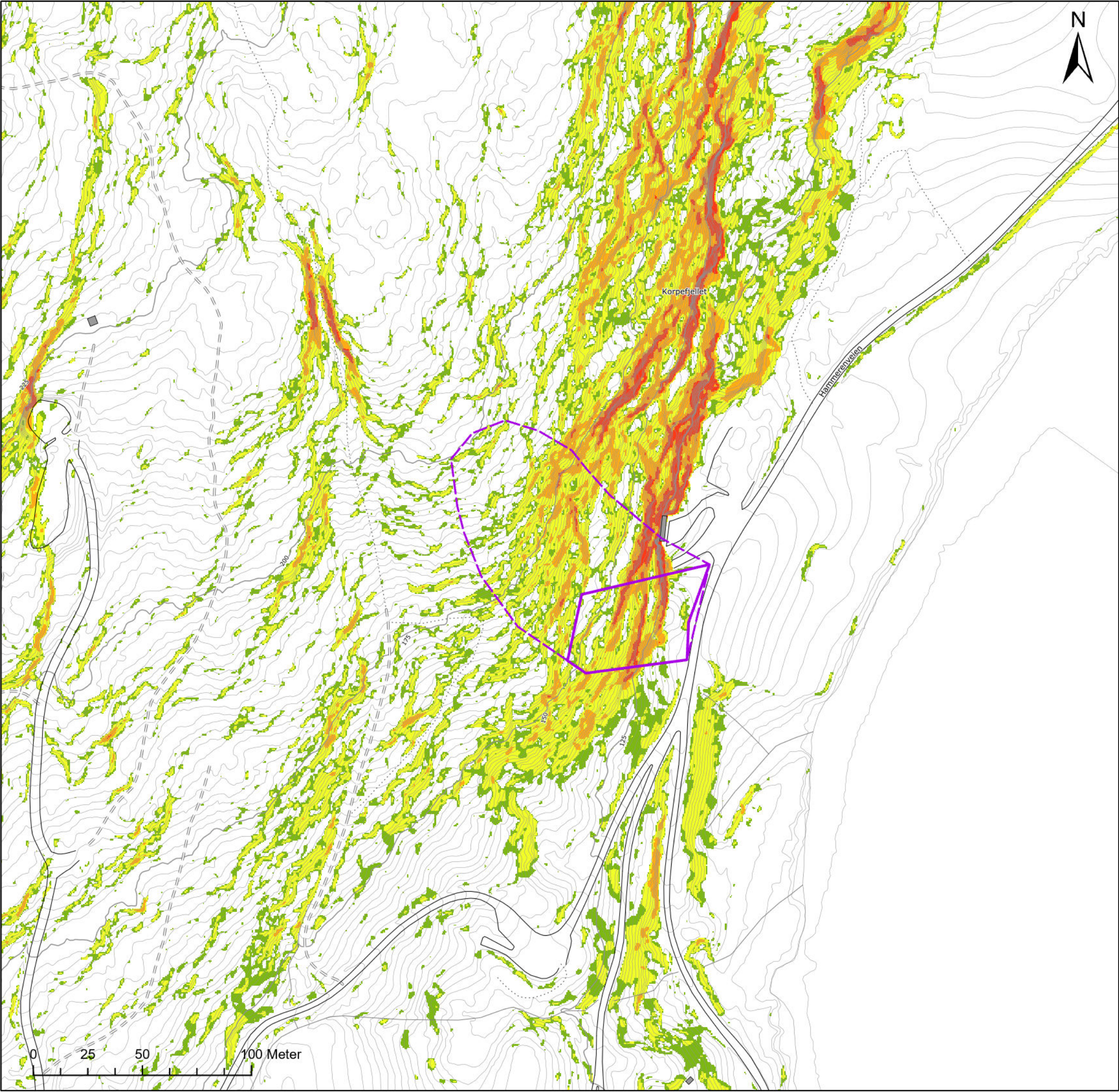
- [13] NGU, «InSAR,» 2024. [Internett]. Available: <https://insar.ngu.no/>. [Funnet 25 06 2024].
- [14] NVE, «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak,» 2020. [Internett]. Available: <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/>.
- [15] NVE, «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak.,» 20 10 2020. [Internett]. Available: <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/>.
- [16] NGI, «Uttesting av eksisterende metodikk for modellering av steinsprang,» NVE, Oslo, 2020.
- [17] NGU, «Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [18] NGU, «GRANADA - Nasjonal grunnvannsdatabase,» 2024. [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/.

Vedlegg

Vedlegg A - Helningskart

Vedlegg B - Registreringskart


Vedlegg C - Modelleringsresultat

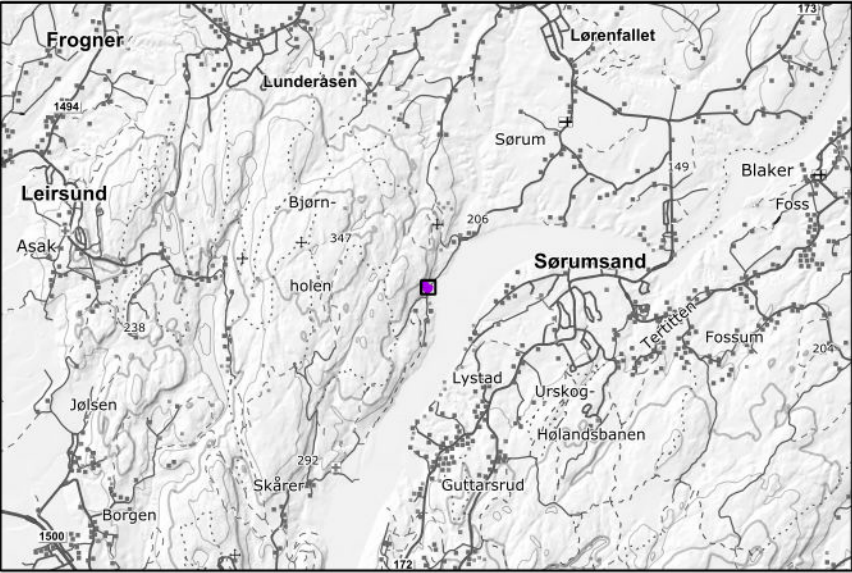
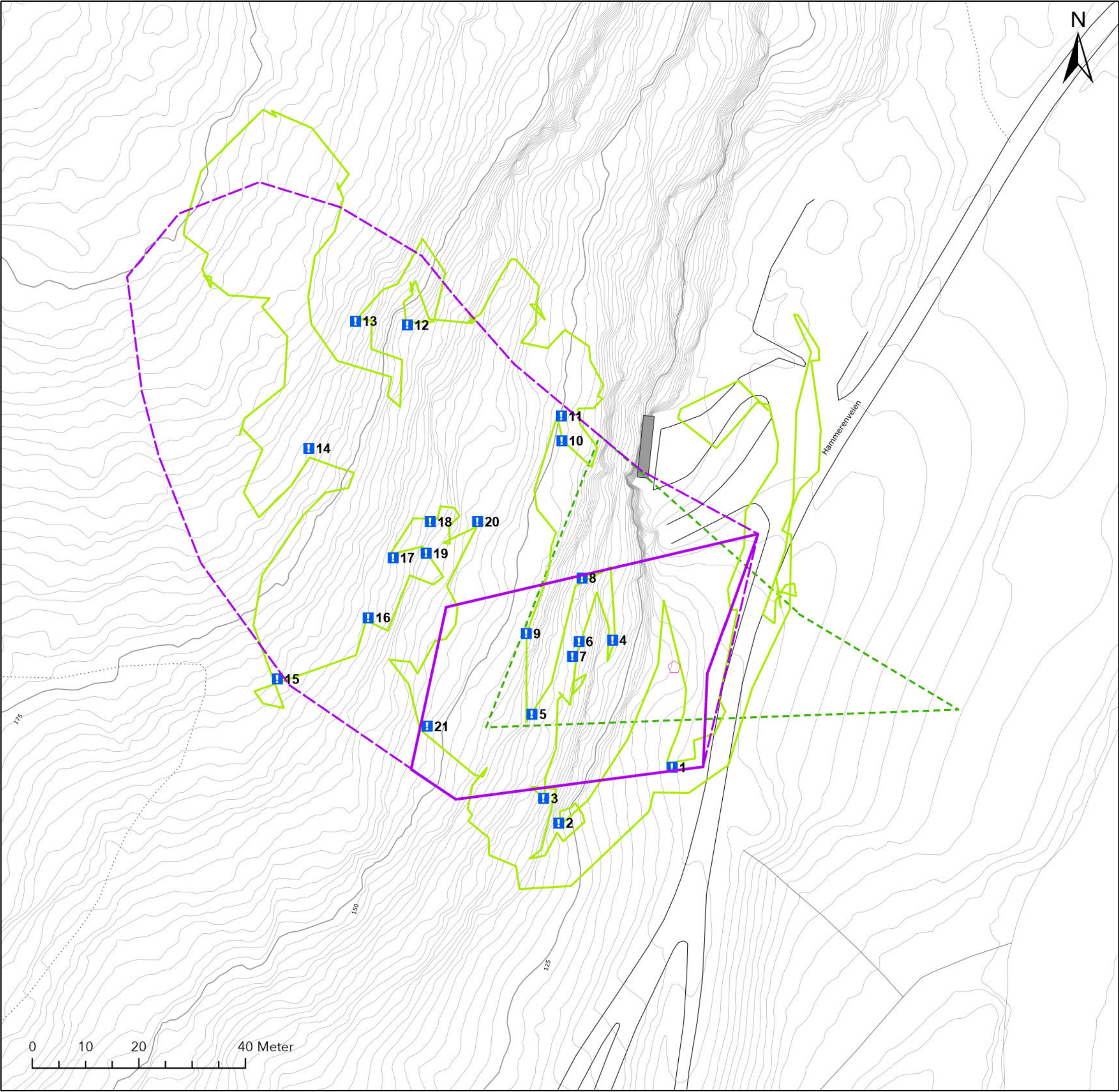


- Tegnforklaring
- OBJTYPE
- Kartleggingsområde
 - Analyseområde
 - Påvirkningsområde

Helning
grader

- ≤ 25
- ≤ 30
- ≤ 45
- ≤ 60
- ≤ 90

Vedlegg A Helningskart			
Oppdrag: 631447-08			
Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM sone 33N			
Dato: 04.07.2024	Utarbeidet av: GVS	Kontrollert av: GjV	asplan viak 
Kartet er utarbeidet av Asplan Viak på oppdrag fra			



- Tegnforklaring
- Antatt steinsprang/steinskredblokk
 - Blokk med usikkert opphav
 - Steinsprang/steinskredavsetning (ur)
 - Infopunkt
 - Sporlogg bakke
 - Sporlogg drone
 - Antatt steinsprang/steinskredblokk
 - Blokk med usikkert opphav

Vedlegg B Registreringskart			
Oppdrag: 631447			
Koordinatsystem: ETRS 1989 UTM sone 33N			
Dato: 25.06.2024	Utarbeidet av:	Kontrollert av:	asplan viak 
Kartet er utarbeidet av Asplan Viak på oppdrag fra			

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name Linje 1.fal8
File Version 8.010
Date Created 04.07.2024, 17:03:17

Project Settings

General Settings:

Engine Lump Mass
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Friction Angle Use friction angle from material editor
Consider Angular Velocity Yes
Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 20000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s
Switch Velocity -1e-09m/s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	164.134		
2	1	163.686		
3	2	163.182		
4	3	162.456		
5	4	161.313		
6	5	159.684		
7	6	157.931		
8	7	156.949		
9	8	156.646		
10	9	156.24		
11	10	155.585		
12	11	154.835		
13	12	154.134		
14	13	153.703		
15	14	153.404		
16	15	153.123		
17	16	152.881		

18	17	152.589
19	18	152.185
20	19	151.763
21	20	151.388
22	21	150.796
23	22	150.138
24	23	149.523
25	24	149.015
26	25	148.611
27	26	148.349
28	27	148.09
29	28	147.598
30	29	146.952
31	30	146.139
32	31	144.811
33	32	143.287
34	33	142.164
35	34	141.24
36	35	140.198
37	36	139.425
38	37	139.017
39	38	138.563
40	39	138.065
41	40	137.393
42	41	136.432
43	42	135.276
44	43	133.914
45	44	131.695
46	45	129.26
47	46	128.34
48	47	127.421
49	48	126.313
50	49	125.238
51	50	124.392
52	51	123.844
53	52	123.309
54	53	122.334
55	54	120.853
56	55	119.364
57	56	118.034
58	57	117.385
59	58	117.045
60	59	116.871
61	60	116.74
62	61	116.5
63	62	116.329
64	63	116.068
65	64	115.814
66	65	115.551
67	66	115.316

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Bedrock Outcrops	1	3
Bedrock	3	7
Bedrock Outcrops	7	29
Bedrock	29	35
Bedrock Outcrops	35	40
Bedrock	40	46
Bedrock Outcrops	46	67

Material Properties

Bedrock Outcrops

"Bedrock Outcrops" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Friction Angle (°)	25	None			
Slope Roughness (°)		None			

Bedrock

"Bedrock" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.53	None			
Tangential Restitution	0.99	None			
Friction Angle (°)	5	None			
Slope Roughness (°)		None			

Seeders

Seeder 1

Seeder Properties

Name	Seeder 1
Location	(3, 162.456), (4, 161.313), (5, 159.684), (6, 157.931)

Rocks to Throw

Number of Rocks	100 Overall
Rock Types	Group 1

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	0	None			
Vertical Velocity (m/s)	0	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

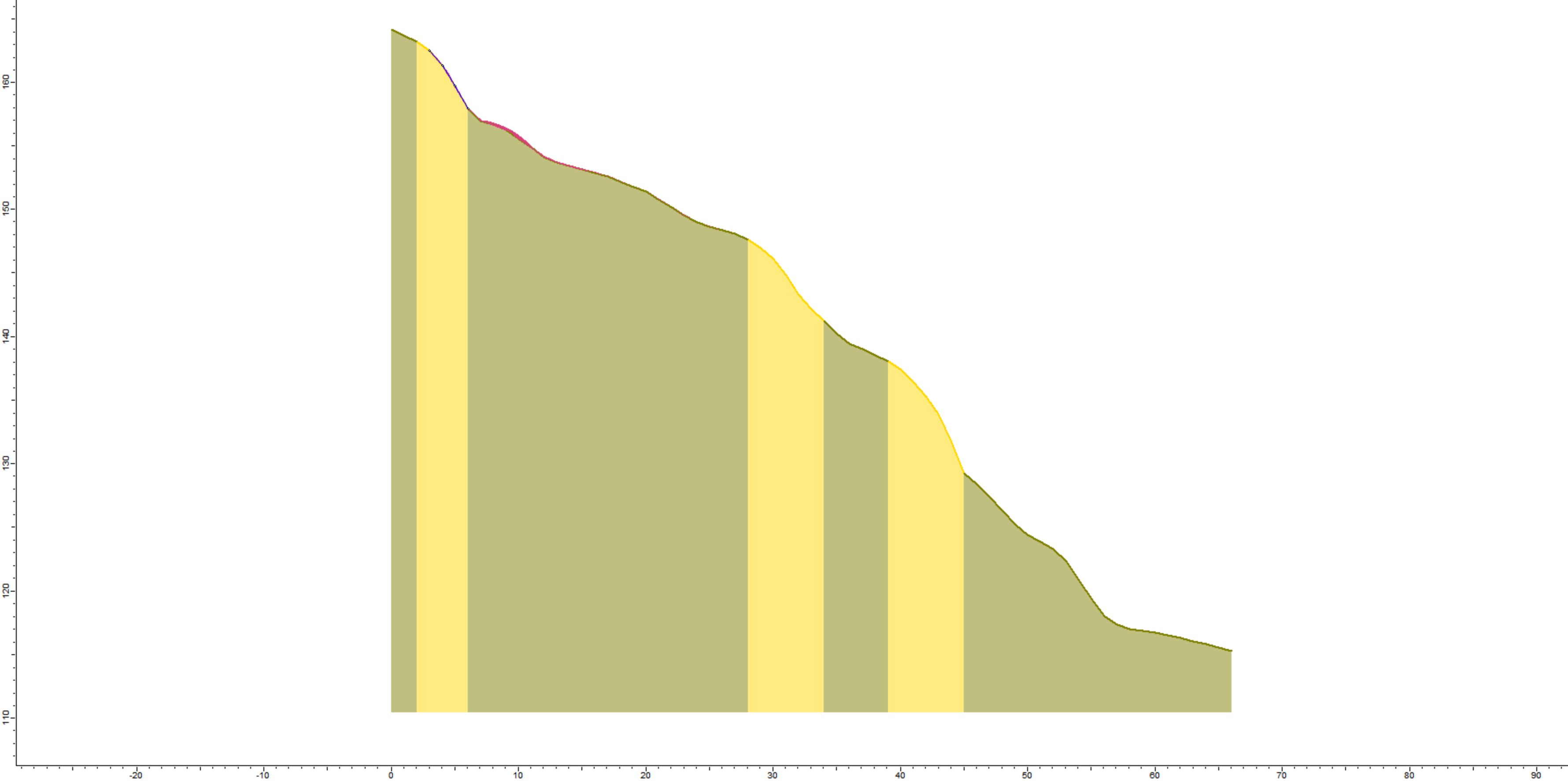
Rock Types

Group 1

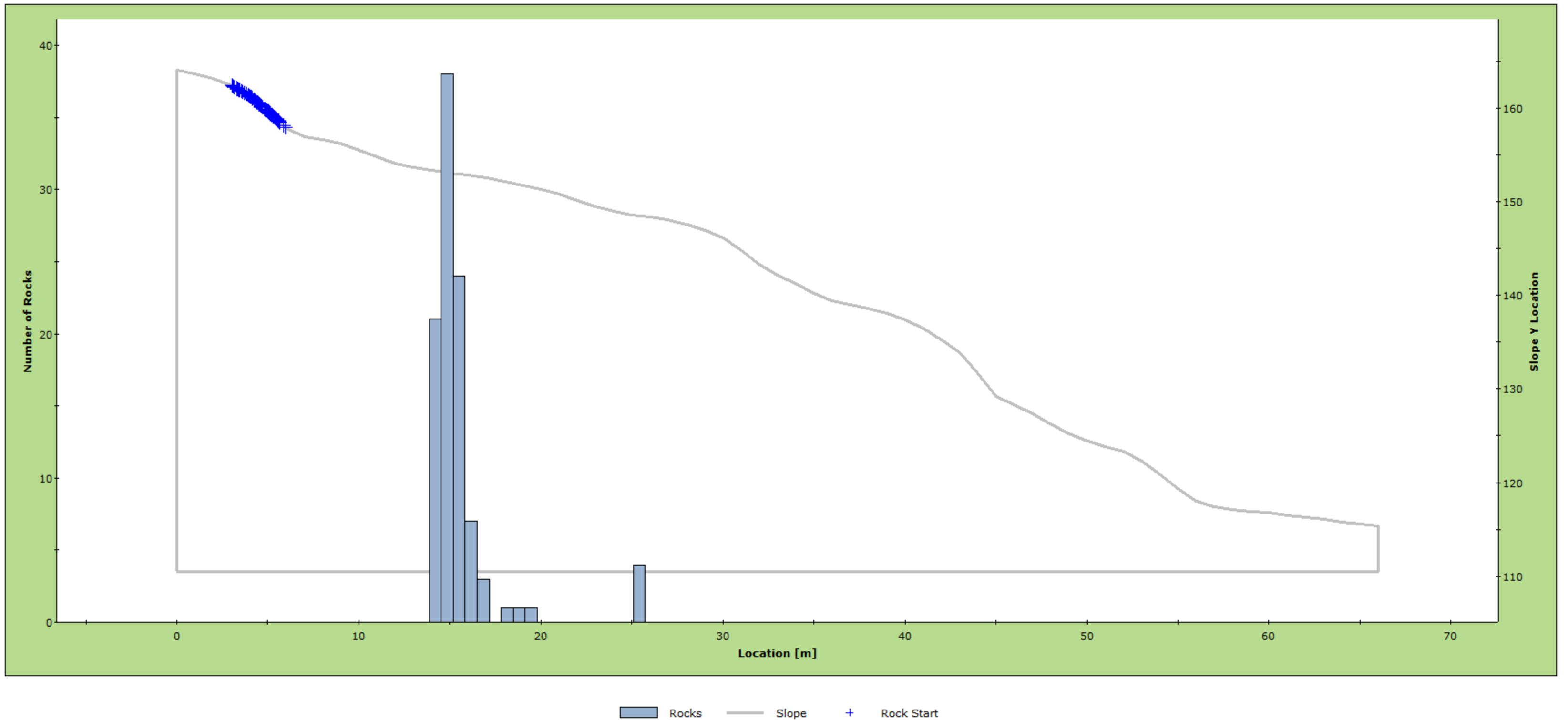
Properties

Name Group 1
Color 

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	1000	None			
Density (kg/m ³)	2700	None			



Utløpslengde



Total number of rock paths: 100

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name Linje 2.fal8

File Version 8.010

Date Created 04.07.2024, 17:03:17

Project Settings

General Settings:

Engine Lump Mass
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Friction Angle Use friction angle from material editor
Consider Angular Velocity Yes
Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 20000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s
Switch Velocity -1e-09m/s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	161.954		
2	1	161.476		
3	2	160.931		
4	3	160.217		
5	4	159.262		
6	5	158.053		
7	6	156.758		
8	7	155.619		
9	8	154.83		
10	9	154.465		
11	10	154.227		
12	11	153.924		
13	12	153.528		
14	13	153.025		
15	14	152.374		
16	15	151.624		
17	16	151.011		

18	17	150.756
19	18	150.586
20	19	150.106
21	20	149.785
22	21	149.699
23	22	149.441
24	23	148.831
25	24	148.078
26	25	147.248
27	26	146.281
28	27	144.712
29	28	142.675
30	29	140.907
31	30	139.495
32	31	138.817
33	32	137.85
34	33	136.324
35	34	134.59
36	35	133.057
37	36	131.98
38	37	131.26
39	38	130.692
40	39	129.968
41	40	129.019
42	41	127.589
43	42	125.525
44	43	122.728
45	44	119.736
46	45	117.387
47	46	116.394
48	47	116.14
49	48	115.944
50	49	115.793
51	50	115.768
52	51	115.697
53	52	115.512
54	53	115.244
55	54	115.018
56	55	114.907
57	56	114.822
58	57	114.784
59	58	114.807
60	59	114.731
61	60	114.547
62	61	114.374

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Bedrock Outcrops	1	3
Bedrock	3	8
Bedrock Outcrops	8	24
Bedrock	24	30
Bedrock Outcrops	30	39
Bedrock	39	43
Bedrock Outcrops	43	62

Material Properties

Bedrock Outcrops

"Bedrock Outcrops" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Friction Angle (°)	25	None			
Slope Roughness (°)		None			

Bedrock

"Bedrock" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.53	None			
Tangential Restitution	0.99	None			
Friction Angle (°)	0.58	None			
Slope Roughness (°)		None			

Seeders

Seeder 1

Seeder Properties

Name	Seeder 1
Location	(3, 160.217), (4, 159.262), (5, 158.053), (6, 156.758), (7, 155.619)

Rocks to Throw

Number of Rocks	100 Overall
Rock Types	Group 1

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	0	None			
Vertical Velocity (m/s)	0	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

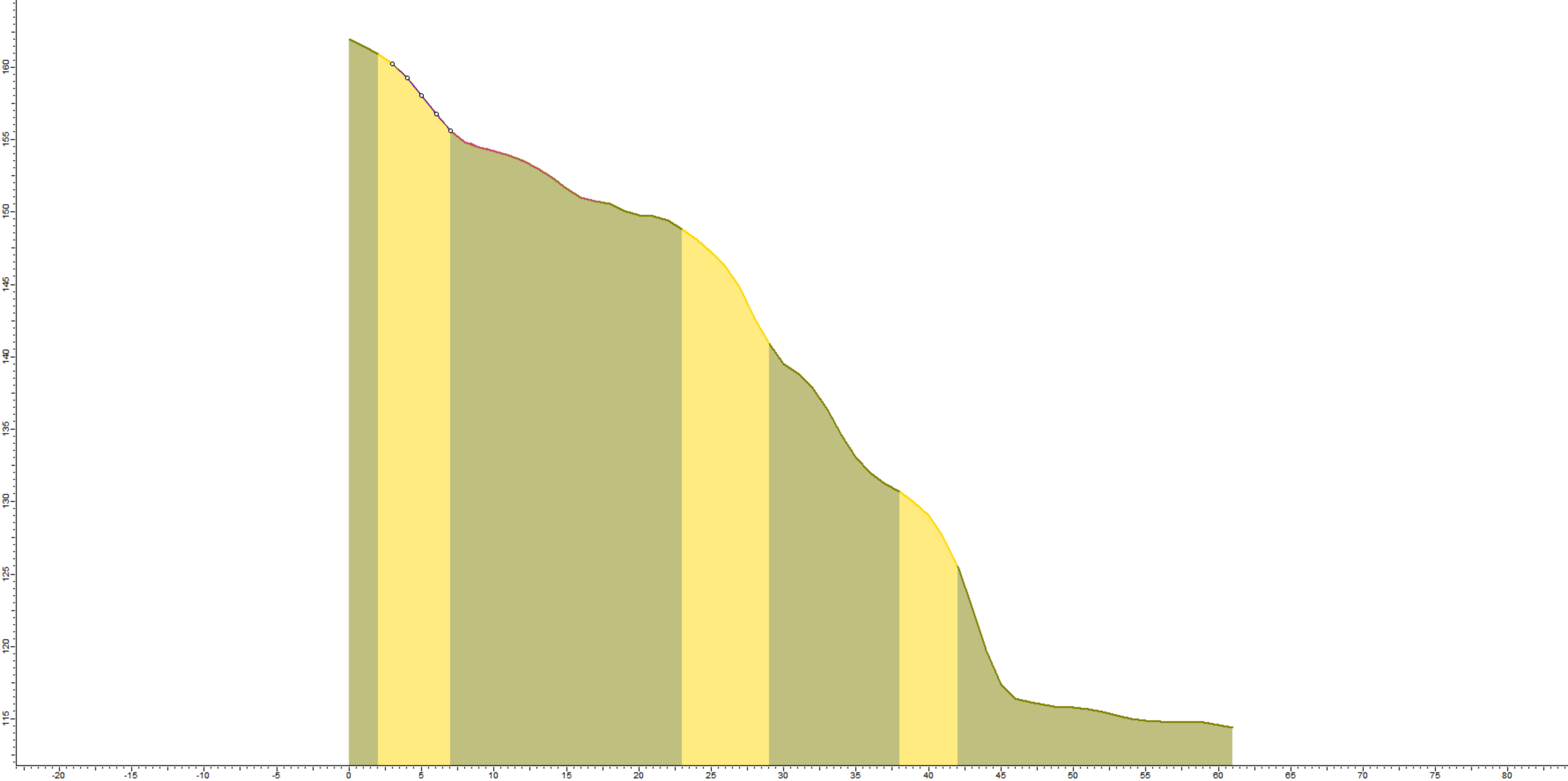
Rock Types

Group 1

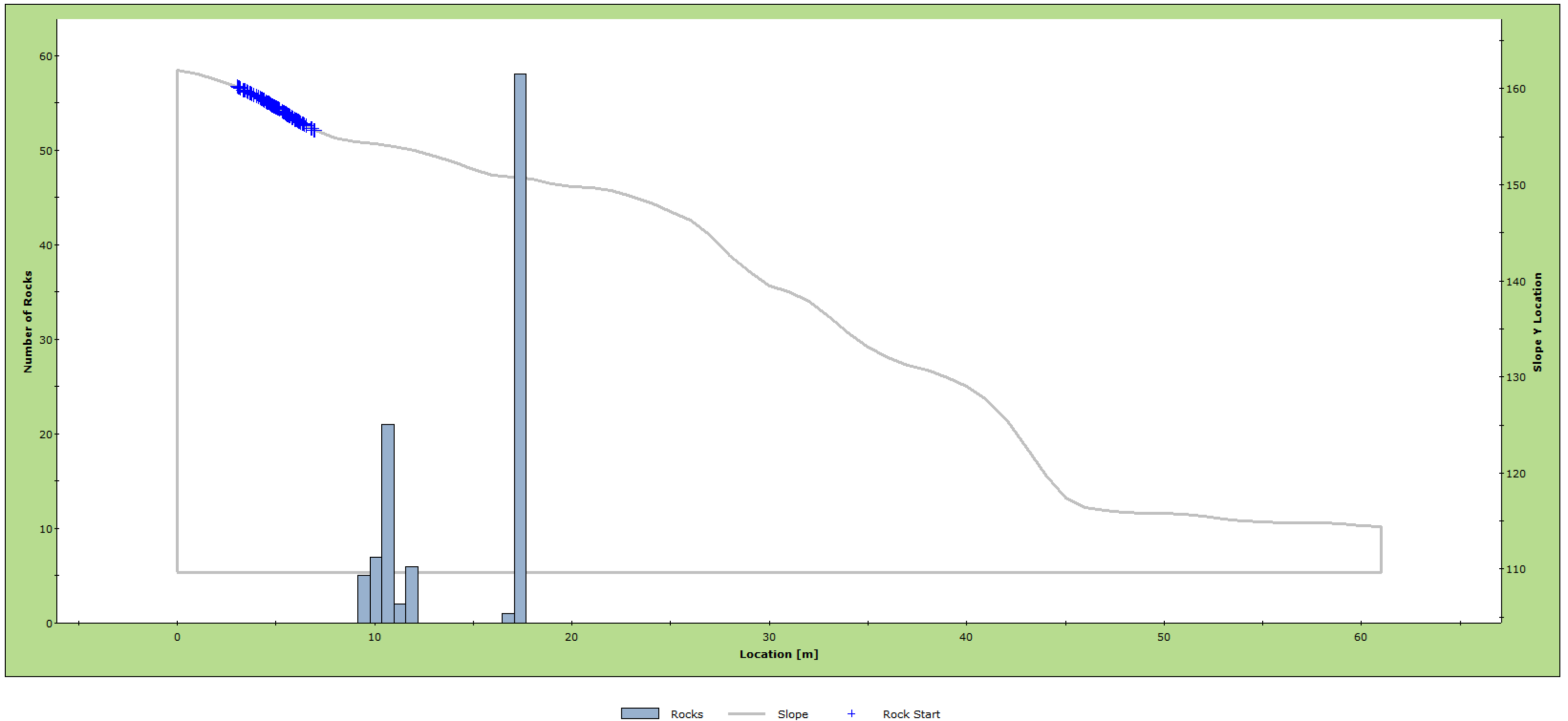
Properties

Name Group 1
Color 

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	1000	None			
Density (kg/m ³)	2700	None			



Utløpslengde



Total number of rock paths: 100

RocFall Analysis Information

Project Summary

File Name Linje 3.fal8
File Version 8.010
Date Created 04.07.2024, 17:03:17

Project Settings

General Settings:

Engine Lump Mass
Units Metric (m, kg, kJ)
Rock Throw Mode Number of rocks controlled by seeder

Engine Conditions:

Friction Angle Use friction angle from material editor
Consider Angular Velocity Yes
Maximum time per rock 5s
Maximum steps per rock 20000
Normal velocity cutoff 0.1m/s
Stopped velocity cutoff 0.1m/s
Maximum timestep 0.01s
Switch Velocity -1e-09m/s

Random Number Generation:

Sampling Method Monte-Carlo
Random Seed Pseudo-random seed: 12345234

Slope Geometry

Vertex	X	Y	X Std.Dev.	Y Std.Dev.
1	0	184.321		
2	1	183.434		
3	2	182.73		
4	3	181.991		
5	4	180.996		
6	5	179.747		
7	6	178.365		
8	7	176.878		
9	8	175.246		
10	9	173.768		
11	10	172.921		
12	11	172.235		
13	12	171.481		
14	13	170.75		
15	14	170.042		
16	15	169.443		
17	16	168.889		

18	17	168.26
19	18	167.613
20	19	166.941
21	20	165.829
22	21	164.767
23	22	163.774
24	23	163.08
25	24	162.108
26	25	160.7
27	26	159.376
28	27	158.557
29	28	158.09
30	29	157.69
31	30	157.222
32	31	156.607
33	32	155.606
34	33	154.335
35	34	153.331
36	35	152.762
37	36	152.448
38	37	152.271
39	38	152.154
40	39	151.915
41	40	151.45
42	41	150.76
43	42	150.058
44	43	149.606
45	44	149.36
46	45	149.083
47	46	148.676
48	47	148.195
49	48	147.691
50	49	146.762
51	50	145.361
52	51	143.774
53	52	141.125
54	53	137.73
55	54	135.207
56	55	133.617
57	56	131.524
58	57	128.519
59	58	125.912
60	59	123.733
61	60	120.798
62	61	119.661
63	62	117.583
64	63	115.336
65	64	113.874
66	65	113.348
67	66	113.162
68	67	113.047
69	68	113.001
70	69	112.958
71	70	112.907
72	71	112.869

Slope Material Assignment

Material	From Vertex	To Vertex
Bedrock Outcrops	1	4
Bedrock	4	10
Bedrock Outcrops	10	23
Bedrock	23	26
Bedrock Outcrops	26	32
Bedrock	32	34
Bedrock Outcrops	34	49
Bedrock	49	62
Bedrock Outcrops	62	72

Material Properties

Bedrock Outcrops

"Bedrock Outcrops" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.35	Normal	0.04	0.12	0.12
Tangential Restitution	0.85	Normal	0.04	0.12	0.12
Friction Angle (°)	25	None			
Slope Roughness (°)		None			

Bedrock

"Bedrock" Properties

Color



	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Normal Restitution	0.53	None			
Tangential Restitution	0.99	None			
Friction Angle (°)	0.58	None			
Slope Roughness (°)		None			

Seeders

Seeder 1

Seeder Properties

Name	Seeder 1
Location	(3, 181.991), (4, 180.996), (5, 179.747), (6, 178.365), (7, 176.878), (8, 175.246)

Rocks to Throw

Number of Rocks	100 Overall
Rock Types	Group 1

Initial Conditions

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Horizontal Velocity (m/s)	0	None			
Vertical Velocity (m/s)	0	None			
Rotational Velocity (°/s)	0	None			
Initial Rotation (°/s)	0	Uniform		0	360

Rock Types

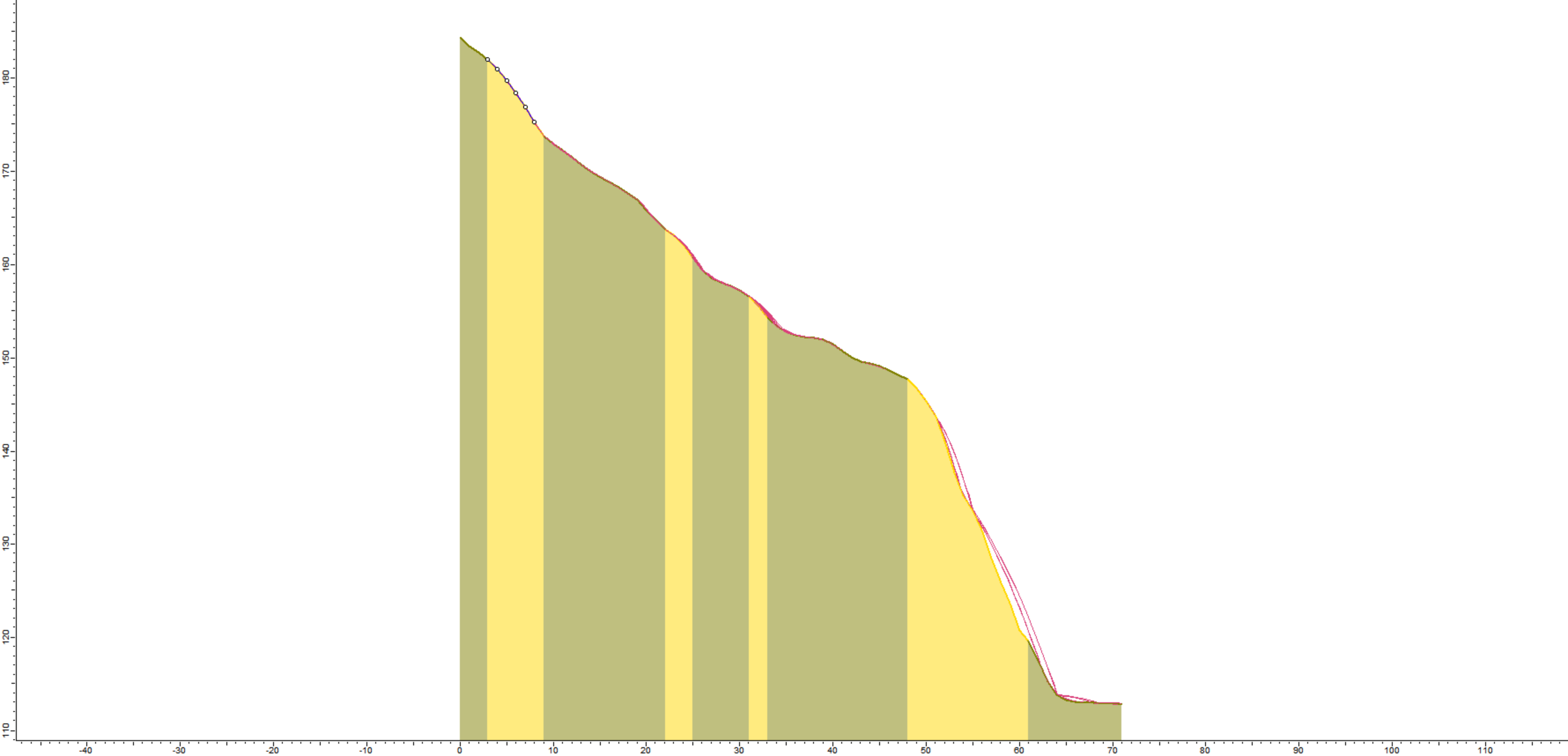
Group 1

Properties

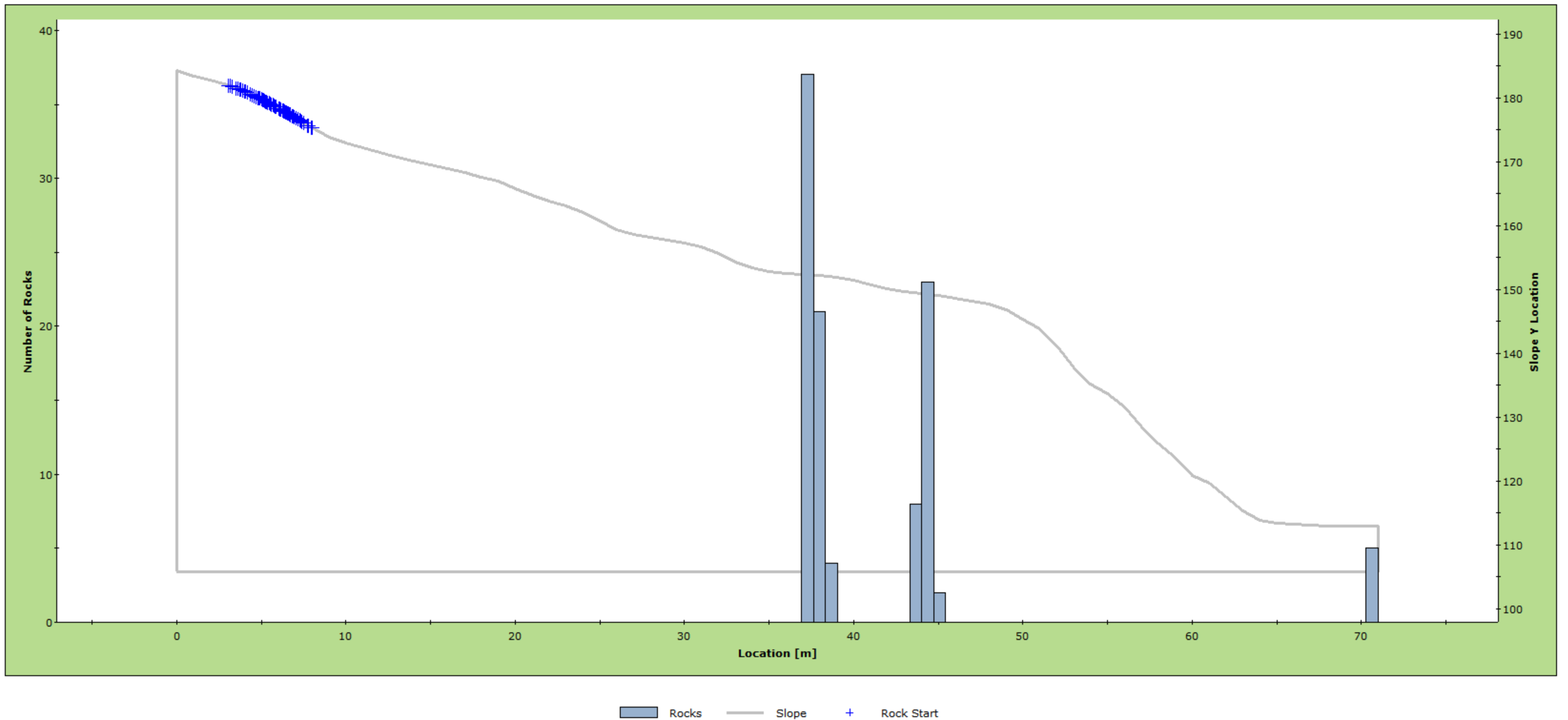
Name Group 1

Color 

	Mean	Distribution	Std.Dev.	Rel. Min	Rel. Max
Mass (kg)	1000	None			
Density (kg/m ³)	2700	None			



Utløpslengde



Total number of rock paths: 100

