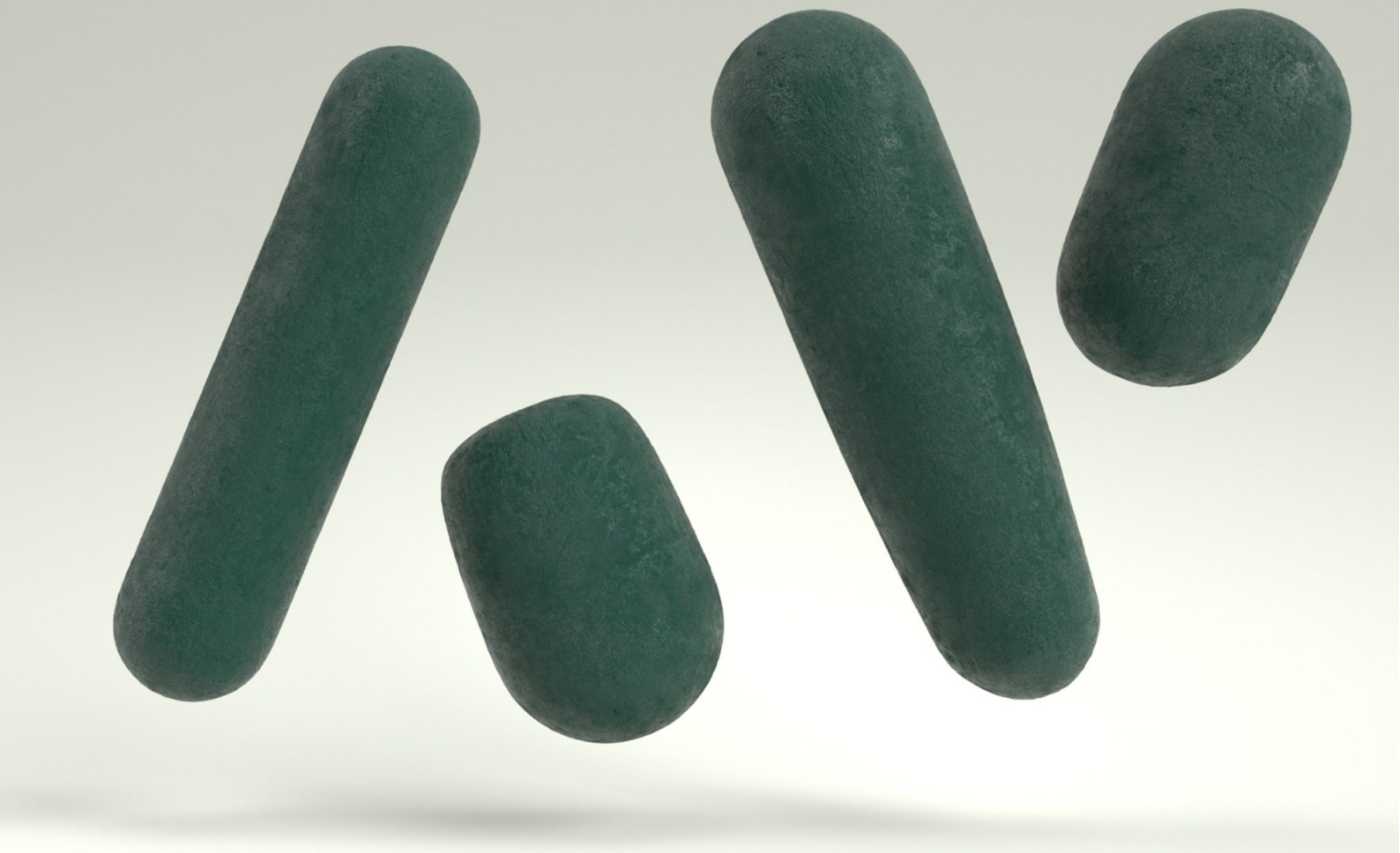
asplan
viak

Skredfarevurdering
Planområde Sula gondol



Dato: 01.12.2021

asplanviak.no

Versjon: **01**

Dokumentinformasjon

Oppdragsgjevar:	Flakk Gruppen AS
Tittel på rapport:	Skredfarevurdering Planområde Sula gondol
Oppdragsnamn:	Sula Gondol
Oppdragsnummer:	634101-01
Utarbeidd av	Tonje Eidset
Oppdragsleiar	Leif Egil Friestad
Tilgjenge:	Open

Kort samandrag

Det er gjennomført ei skredfarevurdering for konstruksjonar og trasear innanfor planområdet for gondol i Sula kommune. NVE sin rettleiar for vurdering av tryggleik mot skred i bratt terreng har blitt nytta som utgangspunkt i vurderinga.

Det er i samråd med oppdragsgjevar avtalt at ulike tryggleiksklasser leggast til grunn for ulike konstruksjonar og bruksområde i skredfarevurderinga. Avhengig av konstruksjon/bruksområde, er kartleggingsområdet vurdert opp mot krav i tryggleiksklasse S1, S2 og S3, der eit årleg nominelt årleg sannsyn for skred eller sekundæreffektar av skred ikkje skal overskride høvesvis 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Vurderingane er basert på terrenganalysar, kartdata, aktsemdkart og historiske data, så vel som observasjonar frå synfaring.

Basert på observasjonar i felt og simulering av snøskred vurderast det at det er reell fare for snøskred i større delar av terrenget. Store areal er på bakgrunn av vurderinga dekka av faresoner med snøskred som dimensjonerande skredtype. Steinsprang vil vere gjeldande i nedkant av identifiserte losneområde, men i hovudsak med kortare utløp enn snøskred. Sørpeskred og jordskred er også vurdert som aktuelle skredtypar innanfor

Ver	Dato	Skildring	Utarb. av	KS
01	3. des. 2021	Skredfarevurdering for Planområde Sula gondol	TME	SN

kartleggingsområdet. Faresoner med dimensjonerande skredtype sørpeskred og jordskred, er skissert høvesvis langs nedre delar av Molværselva og i slakt terreng på nordvest sida av Svanshornet.

Det vurderast at delar av kartleggingsområdet ikkje tilfredsstiller lovverket sitt krav til tryggleik mot skred for tryggleiksklasser S1, S2 og S3. For gondolen tilfredsstiller ikkje mastepunkt 9 og 10 tryggleikskrav for S3. Delar av zipline-traseen under Svanshornet tilfredstiller ikkje tryggleikskrav for S2. Langrennsløype, anleggsveg og friskitrase, nord for Vardane og vest for Rundehornet, tilfredsstiller ikkje tryggleikskrav for S1. To av alpintraseane på vestsida av Rundehornet ligg innanfor losneområder og faresoner for snøskred.

Det vil vere mogleg å redusere faresonene i kartleggingsområdet, avhengig av kvar og for kva tryggleiksnivå ein vil oppnå.

Forord

Plan- og bygningslova (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17) stiller krav til tryggleik mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikkje, må det difor dokumenterast at tilstrekkeleg tryggleik mot skredfare vil bli oppnådd i høve desse tryggleikskrava.

Denne vurderinga er utført av fagkyndig personell og følger NVE sin rettleiar Tryggleik mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak (versjonsdato 12.11.2020) (NVE, 2020) og vil dermed kunne dokumentere om tryggleikskrav er oppfylt.

Skredtypane snø-, jord-, flaum-, sørpe-, steinskred og steinsprang vurderast.

Volda, 03.12.2021

Leif Egil Friestad

Oppdragsleder

Tonje Mek Eidset

Rapportansvarleg

Steinar Nes

Kvalitetssikrar

Om oppdraget

Oppdragsgjevar	Flakk Gruppen AS
Oppdragstakar	Asplan Viak AS
Skredfarevurdering for	Areal spesifisert i kartutsnitt/vedlegg.
Følgande tiltak og tryggleiksklasse(r) er planlagt på eigedomen/planområdet	S1, S2 og S3
Synfaring gjennomført	Ja
Synfaring	25.10.2021 Steinar Nes og Tonje Mek Eidset

Innhald

1. Innleiing 7
1.1. Grunnlag for vurdering 10

2. Krav til tryggleik mot skredfare 13
2.1. Plan- og bygningsloven 13
2.2. Tryggleikskrav særskild for dette prosjektet 14

3. Områdeskildring 20
3.1. Kotegrunnlag og terrengmodell 21
3.2. Topografi 21
3.3. Geologi 25
3.4. Drenering og vegetasjon 27
3.5. Klima 31
3.6. Tidlegare skredhendingar 36
3.7. Aktsemdskart 41
3.8. Tidlegare kartleggingar 42
3.9. Eksisterande sikringstiltak 44

4. Observasjonar 45

5. Modellering 58
5.1. Modellering av steinsprang 58
5.2. Modellering av snøskred 60
5.3. Alfa-beta metoden 64

6. Vurdering av skredfare 65

6.1. Steinsprang 65
6.2. Steinskred 83
6.3. Jord- og flaumskred 84
6.4. Snøskred 93
6.5. Sørpeskred 106

7. Skog med innverknad på skredfare 108

8. Samla skredfare 110
8.1. Faresoner 110
8.2. Vurdering av skredfare ved konstruksjonar/bruksområde 112
8.3. Stadspesifikk usikkerheit 113
8.4. Moglegheit til å redusere faresoner 113

9. Moglege risikoreduserande tiltak 114
9.1. Langrennstrasé og anleggsveg nord for Vardane 114
9.2. Ziplinetrase 115
9.3. Gondolmaster 115

10. Referanser 116

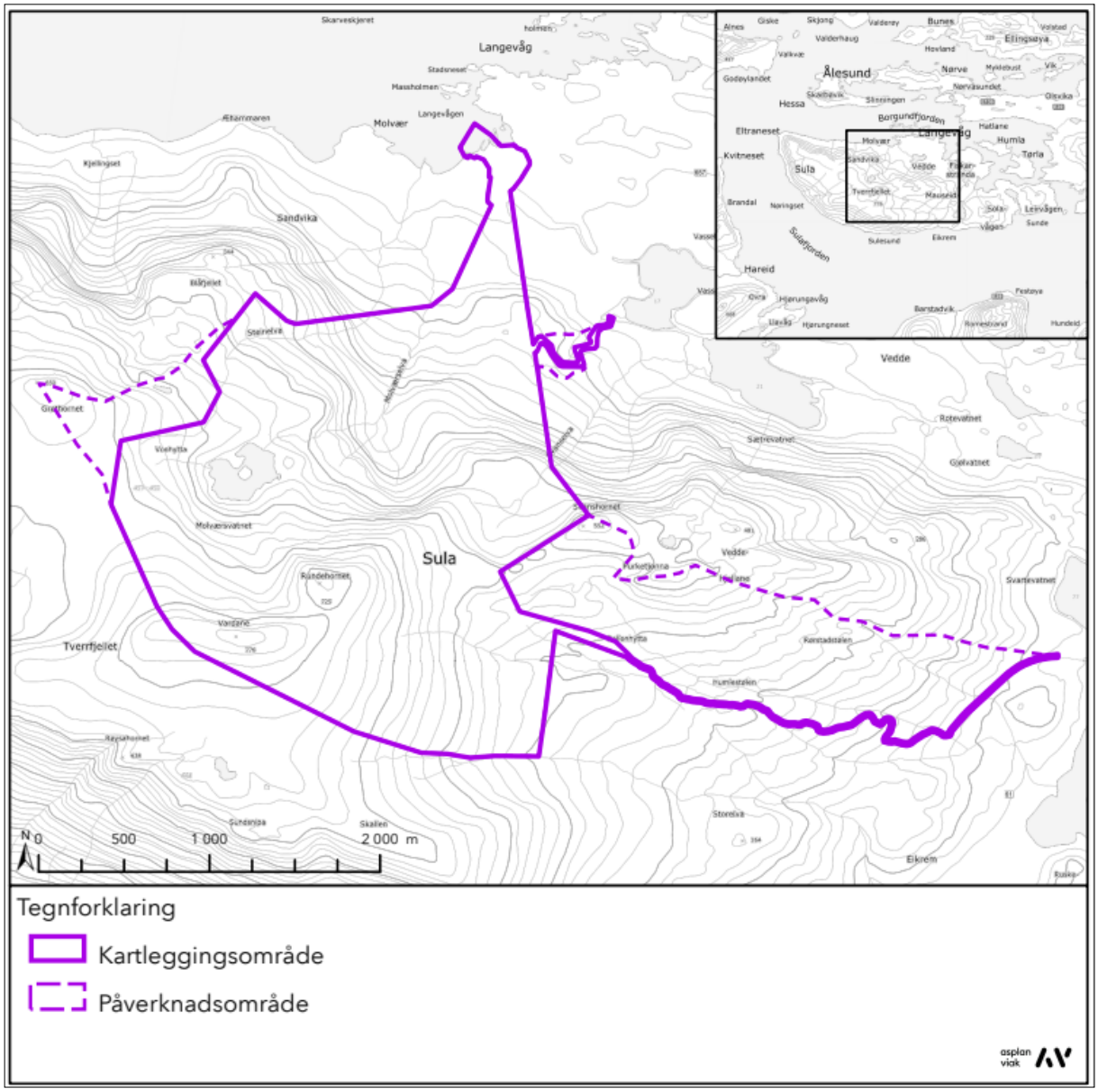
11. Vedlegg 118
11.1. Modellering 118
11.2. Oppsummering – oppfylling av tryggleikskrav i TEK17 129

1. Innleiing

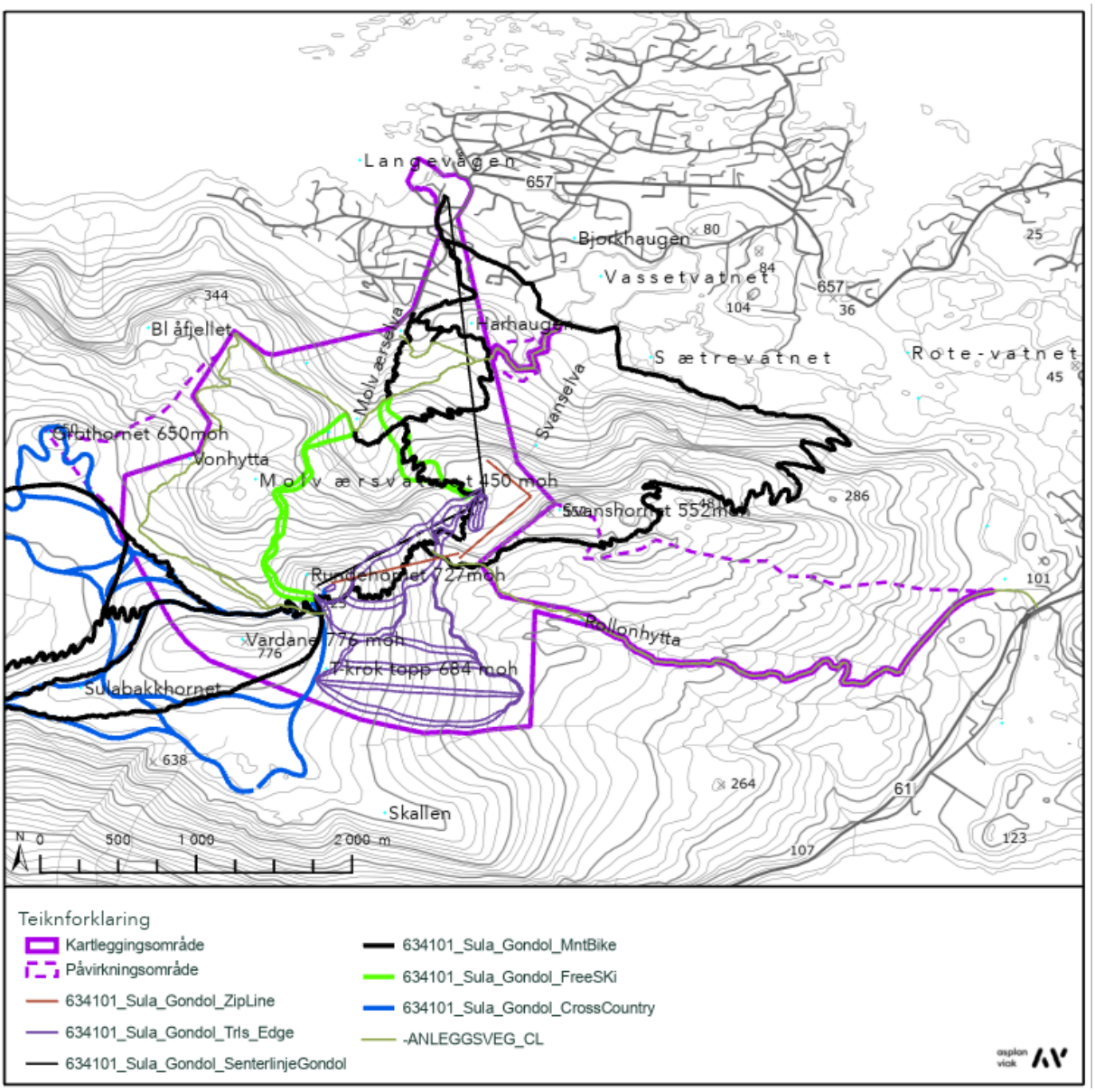
Asplan Viak har vore engasjert av Flakk Gruppen AS for å gjennomføre ei skredfare-vurdering for planområdet tilhøyrande Sula gondol i Sula kommune (Figur 1-1). Kartleggingsområdet ligg delvis innanfor NVE sine aktsemdkart for steinsprang, snøskred og jord- og flaumskred, samt NGI sitt kombinerte aktsemdkart for snøskred og steinsprang.

Oppdragsgjevar har bedt om at det gjennomførast ei vurdering av faren for skred i bratt terreng i høve krav gjeve i TEK 17, §7-3 tryggleik mot skred. Skredtypane steinsprang, jord- og flaumskred, snøskred og sørpeskred er vurdert. Kartleggingsområdet er området der den reelle skredfaren skal avklarast, medan påverknadsområdet er området som kan generere skred inn mot kartleggingsområdet.

Figur 1-1 viser oversikt over kartlegging- og påverknadsområde. Figur 1-2 viser konstruksjonar og bruksområde planlagt innanfor og nær planområdet.



Figur 1-1: Oversiktsfigur av vurdert område.



Figur 1-2: Oversikt over konstruksjonar og bruksområde innanfor og nær planområdet.

Fare for alle typar skred i bratt terreng er vurdert på bakgrunn av følgjande arbeid:

- Terrenganalyse
- Klimaanalyse
- Historiske opplysningar
- Ortofoto og bilete
- Erfaring

1.1. Grunnlag for vurdering

Tabell 1 samanfattar nytta bakgrunnsmateriell i skredfarevurderinga, der det også går fram kven som eig materialet og kvar materialet er henta.

Tabell 1: Oversikt over nytta bakgrunnsmateriell, eigar og referanse

Bakgrunnsmateriale	**Eigar**	**Kjelde**
Digital terrengmodell	Kartverket	(Kartverket, u.d.)
Historiske skredhendingar	NVE	(NVE, u.d.)
Tidlegare skredfarevurderingar		(Sunnfjord Geo Center, 2019)
Aktsemdkart	NVE, NGI	(NVE, u.d.)
Berggrunnskart	NGU	(NGU, u.d.)
Lausmassekart	NGU	(NGU, u.d.)
Flyfoto	Kartverket	(Kartverket, u.d.)
Klimadata	NVE	(NVE, met.no og Kartverket, u.d.)
Skog	NIBIO	(NIBIO, u.d.)

1.1.1. Kartgrunnlag

Kartgrunnlaget er laserdata henta frå hoydedata.no, prosjekt NDH Sunnmøre Nord 2pkt 2016 (Kartverket, u.d.). Datasettet er lasta ned i oppløysing 1,0 m. Terrengdata er studert i ArcGIS Pro og det er laga terrengmodell (raster) og skuggerelieffkart.

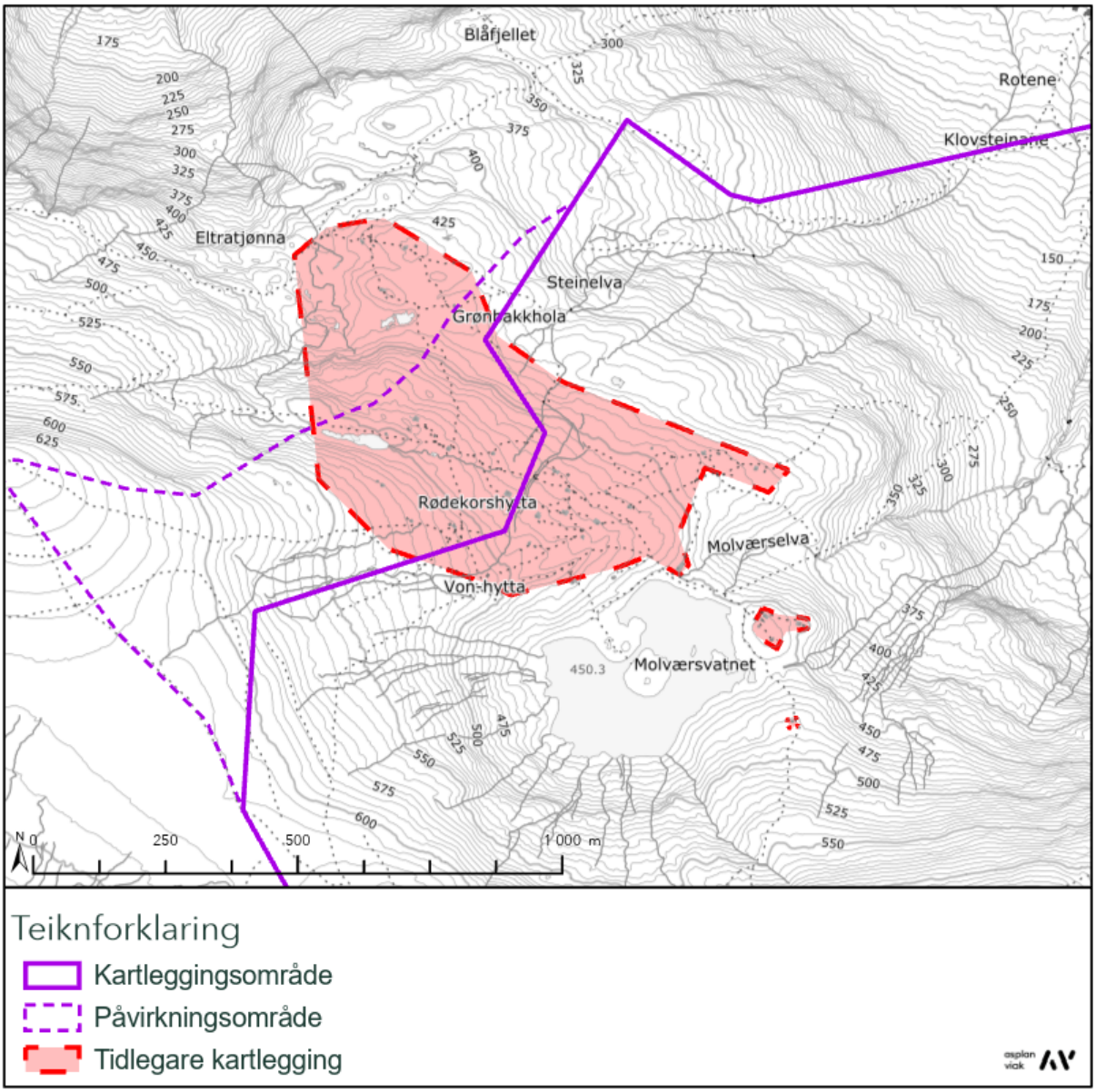
Det er i tillegg nytta kart og flyfoto over området, samt aktuelle WMS-tenester for visning av topografisk kart, grunnforholdskart, aktsemdkart og liknande (NGU, u.d.) (NGU, u.d.) (NVE, u.d.).

1.1.2. Atterhald og avgrensingar

Vurderingane er basert på eksisterande terreng og vegetasjon. Ved store endringar i terreng og vegetasjon, til dømes skoghogst, kan det endra forutsetningane for vurderinga.

Ifølgje NVE rettleiar (NVE, 2020) kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningane endrast. Eksempel på endra forutsetningar som kan utløyse behov for ny vurdering er mellom anna nye skredhendingar, nye opplysningar om tidlegare skredhendingar, endra terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endra vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endra hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogvegar) og klimaendringar, at det er oppdaga tydelege feil og manglar i tidlegare skredfarevurdering og dersom ny metodikk er tilgjengeleg.

Tidlegare kartlagt område (Sunnfjord Geo Center, 2019), som i hovudsak er lokalisert på nordsida av Molværsvatnet er ikkje kartlagt på nytt i denne rapporten. Sjå Figur 1-3 for oversikt over området.



Figur 1-3: Oversiktkart som viser tidlegare kartlagt område. Dette området er ikkje kartlagt på nytt med omsyn til skred i bratt terreng i denne rapporten.

2. Krav til tryggleik mot skredfare

2.1. Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkeleg tryggleik 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.»

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til tryggleik mot skred for nybygg og tilhøyrande uteareal (Tabell 1). I rettleiaren til TEK17 gjevast det retningsgjevande døme på byggverk som kjem inn under dei ulike tryggleiksklassene for skred.

Tryggleiksklasse for skred	**Konsekvens**	**Største nominelle årlege sannsyn**
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Tryggleiksklasse S1 omfattar til dømes byggverk der det normalt ikkje oppheld seg personar og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar. Byggverk som kan inngå i denne tryggleikklassen er garasje, uthus og båtnaust.

Tryggleiksklasse S2 omfattar byggverk der det normalt oppheld seg maksimum 25 personar og der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar. Byggverk som kan inngå i denne tryggleiksklassen er til dømes einebustad, tomannsbustad og einebustadar i kjede/rekkehus/bustadblokk/fritidsbustad med maksimum 10 bueiningar, parkeringshus og hamneanlegg.

Tryggleiksklasse S3 omfattar til dømes byggverk der det normalt oppheld seg meir enn 25 personar, eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar. Dømer på byggverk som kan inngå i denne tryggleiksklassen er einebustad i

kjede/rekkehus/bustadblokk/fritidsbustad med meir enn 10 bueiningar, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingsstad der det normalt oppheld seg meir enn 25 personar, i tillegg til skule, barnehage, sjukeheim og lokal beredskapsinstitusjon.

Vurderingar og rapport har blitt utført etter gjeldande retningslinjer og standardar gjeve av NVE (2020). I TEK17 er det spesifisert at samla sannsyn for alle skredtypar skal leggast til grunn for vurderinga av årleg sannsyn. Følgande skredtypar har blitt vurdert:

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

Den endelege vurderinga av skredfare er samla nominelt årleg sannsyn for skred, som kan samanliknast direkte med krava i Tabell 1.

2.2. Tryggleikskrav særskild for dette prosjektet

Det er i samråd med oppdragsgjevar avtalt at ulike tryggleiksklasser leggast til grunn for ulike konstruksjonar og bruksområde i skredfarevurderinga. Tabell 2 samanfattar tryggleiksklasser i området.

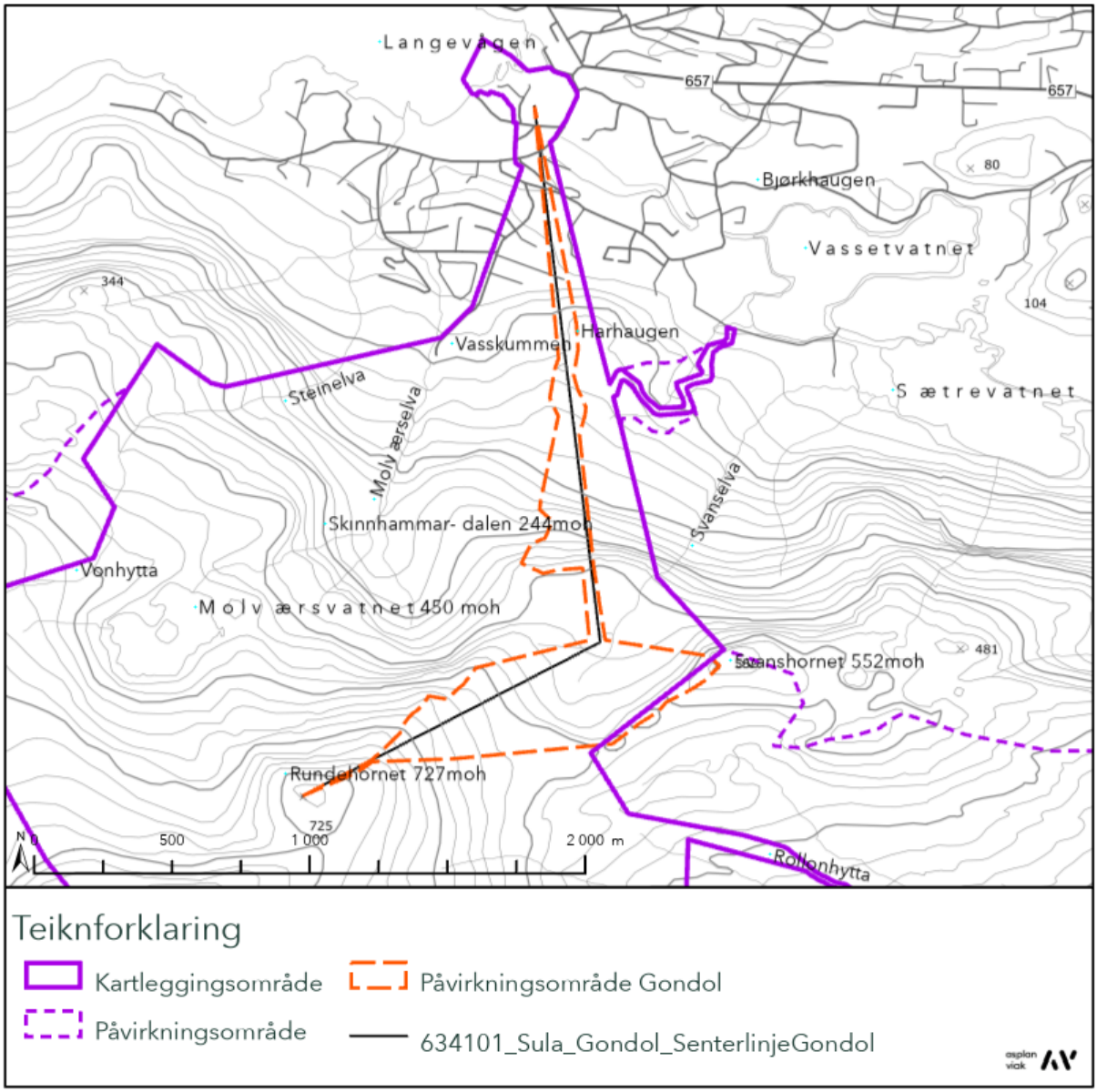
Tabell 2: Aktuelle tryggleiksklasser i området.

Del av kartleggingsområde	Tryggleiksklasse, TEK17
Gondol	S3
Zipline og t-krok	S2
Skitrasear og stiar	S1

2.2.1. Gondol

Det er opplyst frå oppdragsgjevar at gondolen, med topp-, mellom- og botnstasjon, samt mastepunkt skal tilfredsstille kravet for tryggleiksklasse S3, der det årlege sannsynet for skred med skadepotensial ikkje må overskride 1/5000.

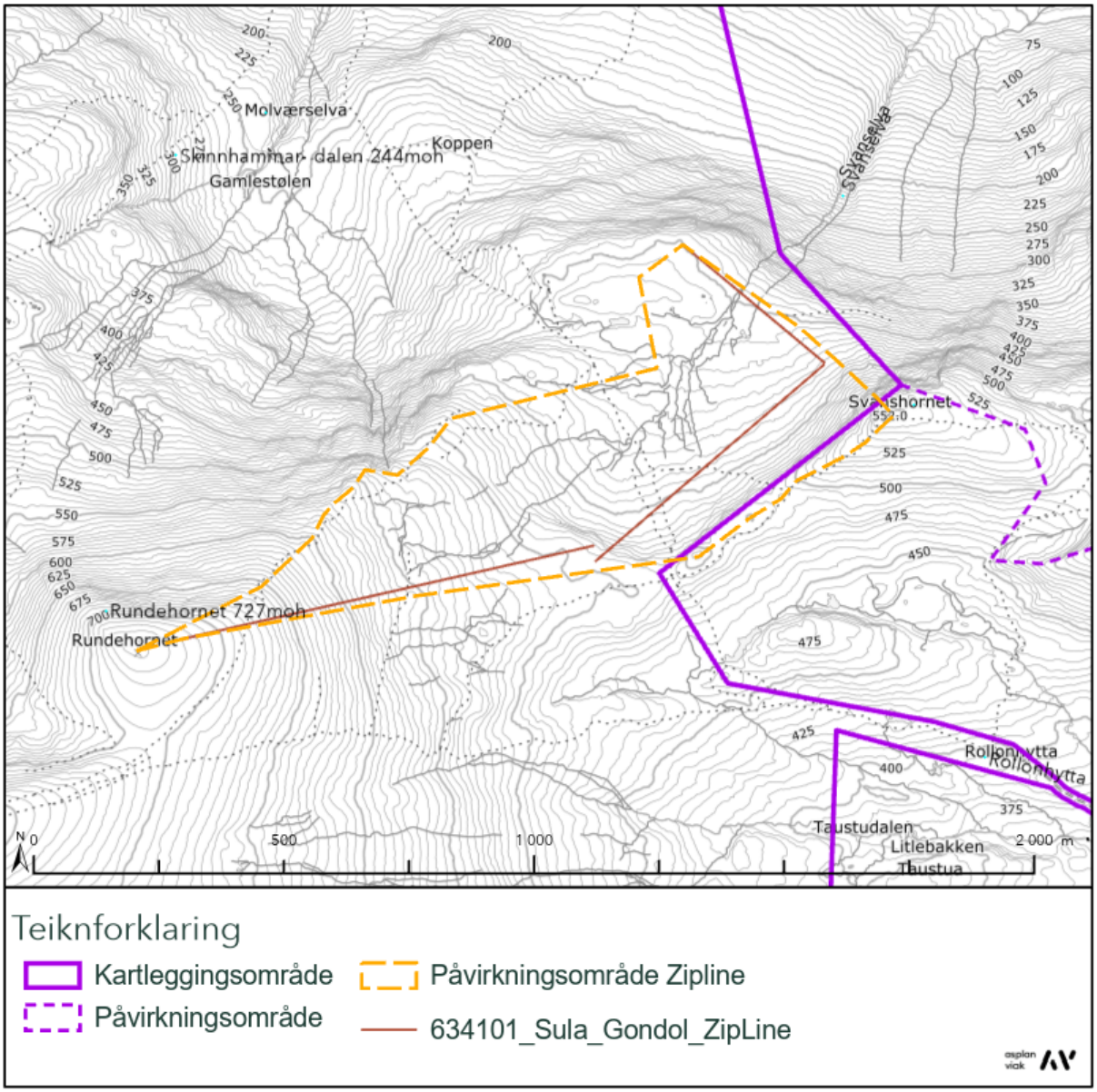
Figur 2-1 viser plassering av gondol og tilhøyrande påverknadsområde. Mot sør er det valt å inkludere terreng som drenerer i retning knekkpunktet til traseen.



Figur 2-1: Oversiktskart som syner plassering av gondolen si senterlinje og påverknadsområdet til gondoltraseen. Mot sør er det valt å inkludere terreng som drenerer i retning knekkpunktet til traseen.

2.2.2. Zipline

Det er opplyst frå oppdragsgjevar at ziplinen skal tilfredsstille kravet for tryggleiksklasse S2, der det årlege sannsynet for skred med skadepotensial ikkje må overskride 1/1000.



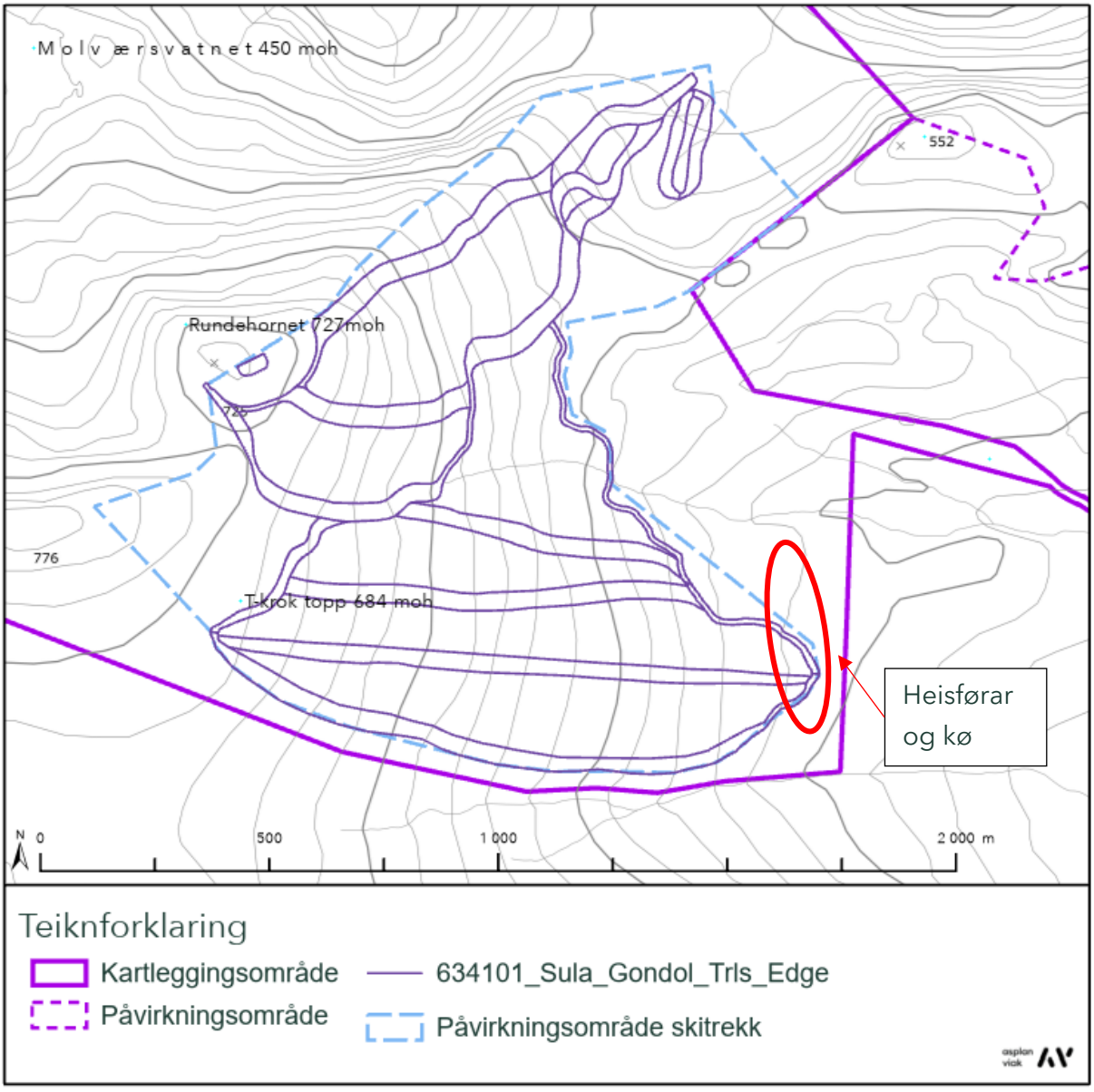
Figur 2-2: Oversiktskart som syner plassering av ziplinen si senterlinje og påverknadsområdet til zipline-traseen. Mot sør er det vald å inkludere terreng som drenerer i retning knekkpunktet til traseen.

2.2.3. Skitrekk (t-krok)

Eit skitrekk vil ha permanent opphald med heisførar og evt. kø. Det skissert påstigning på T-krok, sjå Figur 2-3.

Områda skal tilfredsstille kravet for tryggleiksklasse S2, der det årlege sannsynet for skred med skadepotensial ikkje må overskride 1/1000.

Figur 2-3 syner plassering av skitrekk-trasear og vurdert påverknadsområde. Terreng med drenering mot område for meir eller mindre permanent opphald er inkludert i påverknadsområdet.



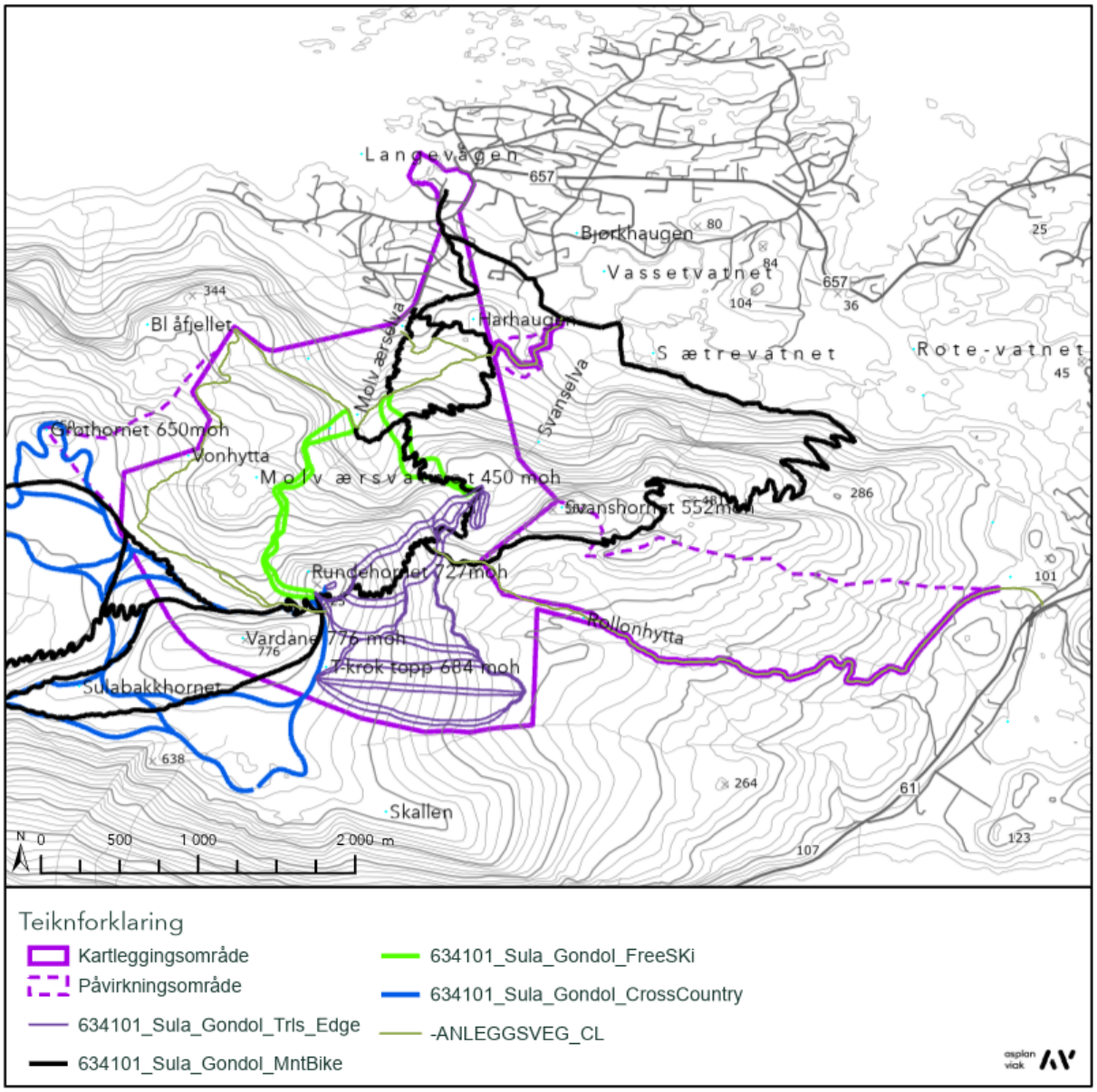
Figur 2-3:Skitrekktrasear inkl. påverknadsområde.

2.2.4. Langrennsløyper, alpintrasear og turløyper

TEK17 inkluderer ikkje regelverk for skiløyper eller vandre- og sykkelstiar, då det der ikkje er bygningar med meir eller mindre permanent opphald. Det er såleis ikkje eit krav til tryggleik mot skred for desse, men ein vurdering av skredrisiko blir likevel utført. For vegar

har for eksempel Statens vegvesen retningslinjer for risikoakseptkriterer for kva samla skredsannsyn det kan vere på gang- og sykkelvegar samt køyrevegar. Det er usikkert kva ÅDT ein skal rekne med for ulike langrennsløyper, alpintrasear, sykkelstiar eller vandrestiar i planen, så difor er det valt å ta utgangspunkt i skredsannsyn for tryggleiksklasse S1 i TEK17, dvs. at det årlege sannsynet for skred med skadepotensial ikkje må overskride 1/100. Dette er gjort for å synleggjere kvar det er eit visst potensiale for skred mot infrastruktur, og ein bør vurdere å innføre risikoreduserande tiltak.

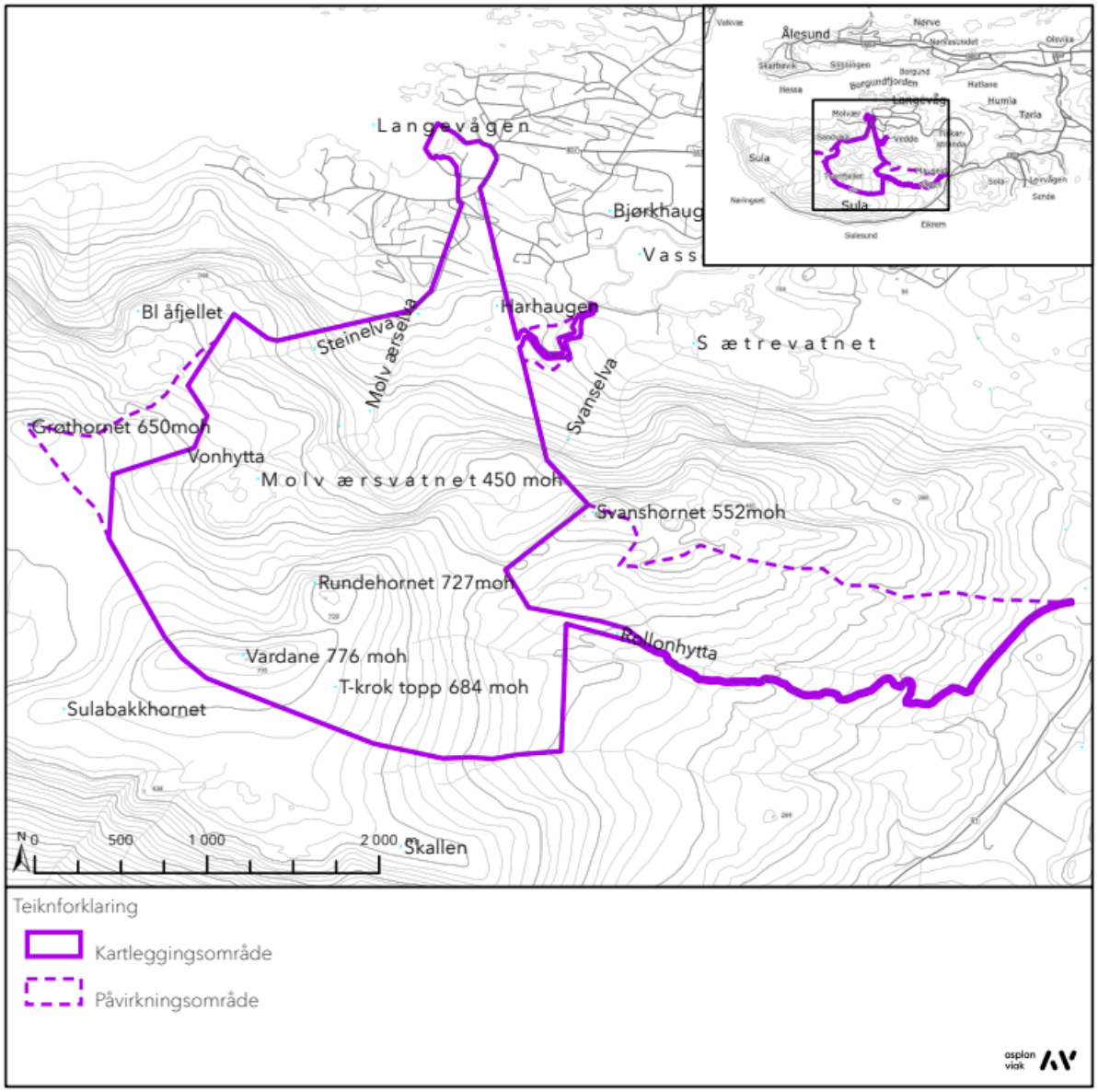
I områder der det tilretteleggast for stopp/opphald, må tryggleiksklassane i TEK 17 brukast.



Figur 2-4: Oversiktskart som syner plassering av ski-, terrengsykkel-, langrenn- og frikjøringstrasear, samt anleggsveg.

3. Områdeskildring

Kartleggingsområdet inkluderer eit større areal på Sulafjellet, sjå Figur 3-1. Kartleggingsområdet strekk seg frå Geilneset ved Langevåg sentrum i nord, sørover forbi Vardane (776 moh). Tilkomstvegar frå Langevåg stadion ved Vassetvatnet og Rollonhytta frå Mauseidvåg er også inkludert i kartleggingsområdet. Fjella Vardane (776 moh), Rundehornet (727 moh) og Svanshornet (552 moh) er markerte toppar i terrenget.



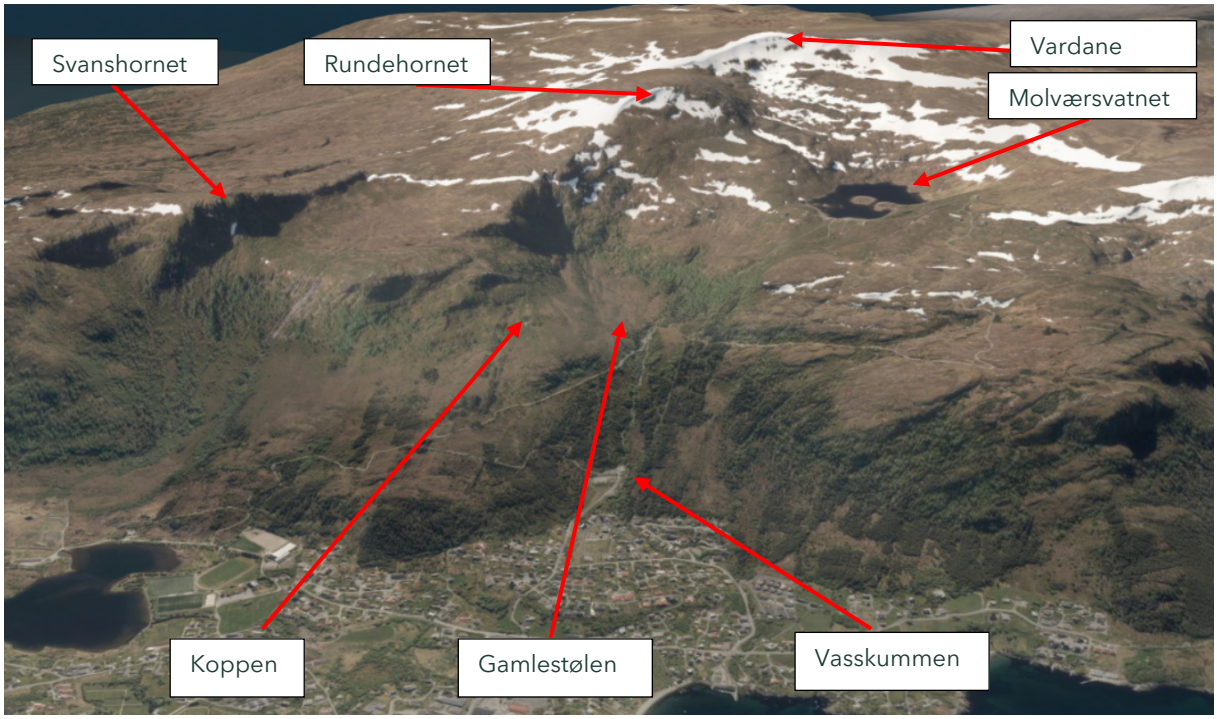
Figur 3-1: Topografisk oversiktskart som syner plassering av kartleggingsområdet i høve til omkringliggande terreng.

3.1. Kotegrunnlag og terrengmodell

Terrenggrunnlag er laserdata henta frå hoydedata.no (Kartverket, u.d.), prosjekt NDH Sunnmøre Nord 2pkt 2016. Data er lasta ned med ei oppløysing på 1 m. Frå laserdata er det generert ein terrengmodell (raster), og frå denne er det rekna ut terrenghelling og laga skuggerelieffkart. Operasjonane er utført ved hjelp av ArcGIS Pro og ArcMap.

3.2. Topografi

Figur 3-2 syner eit utsnitt frå ortofoto i området, henta frå 3D-visninga til NorgeiBilder. Sentrale stadsnamn er vist.



Figur 3-2: Ortofoto over området. Stadsnamn som går att i rapporten er markert i utsnittet.

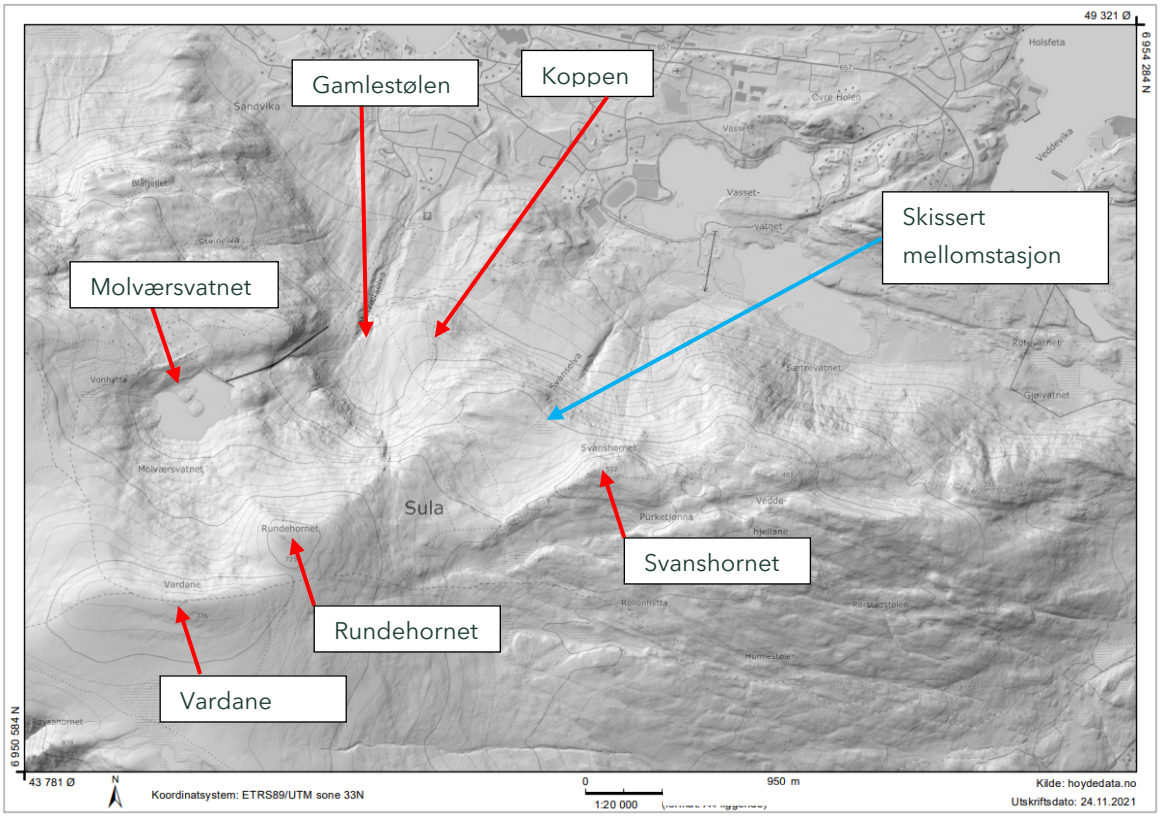
3.2.1. Skuggerelieff

Figur 3-3 eit skuggerelieffkart for kartleggingsområdet og omliggande terreng. Skuggerelieffkart framhevar terrengformer ved å filtrere bort skog og vegetasjon, slik at topografiske trekk og lineament blir meir synlege. Skuggerelieffkartet er vist i stor skala i figuren, men er nytta meir innzooma for vurderingar (døme vist i Figur 3-4).

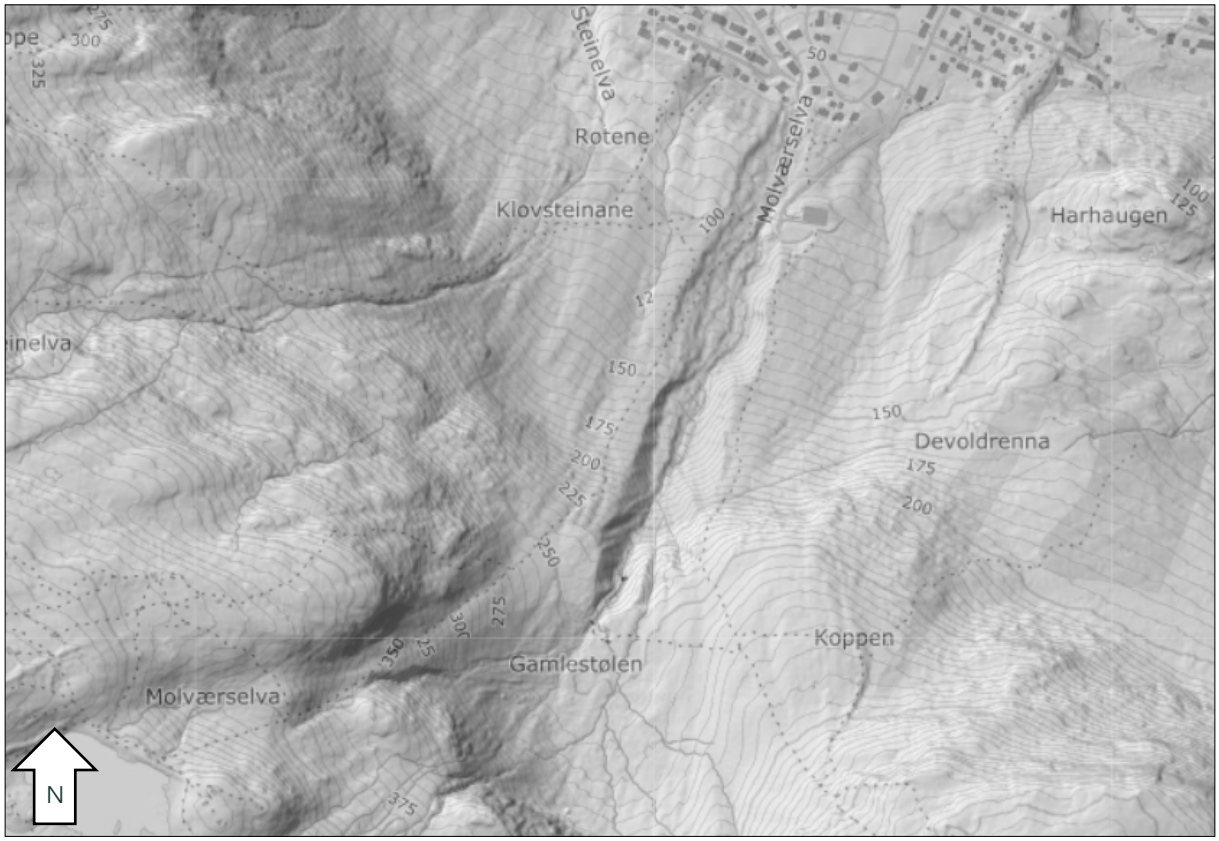
Framtredande strukturar i terrenget sjåast sør og søraust for Svanshornet, som VNV-ØSØ orienterte lineament i terrenget. Strukturane samsvarar med strøkretninga til registrerte planstrukturar for bergarten lengder nord i området.

Langs Molværselva viser skuggerelieffkart tydelege nedskjeringar i lausmassedekket nedanfor Gamlestølen, medan ovanfor Gamlestølen er elve-/bekkedraget mindre markert (Figur 3-4). Også Svanselva, like nordaust for skissert mellomstasjon er særs markert i skuggerelieffet, men denne har utløp/dreneringsretning ut av kartleggingsområdet.

Aust for Molværsvatnet, sjåast fleire mindre nedsenkingar i terrenget. Desse drenerar i hovudsak mot to til tre parallelle gjel i brattskrentar ved ca. 350 moh. Blokker sjåast som uregelmessigheiter i terrengoverflata, særleg over og under same brattskrentar, samt sørvest for Gamlestølen og nord for Svanshornet.



Figur 3-3: Skyggerelieff generert i ArcGIS Pro med data frå høgdedata.no



Figur 3-4: Innzooma utsnitt av skuggerelieffkart som viser strukturar i terrenget langs Molværselva, nord for Gamlestølen.

3.2.2. Terrenghelling

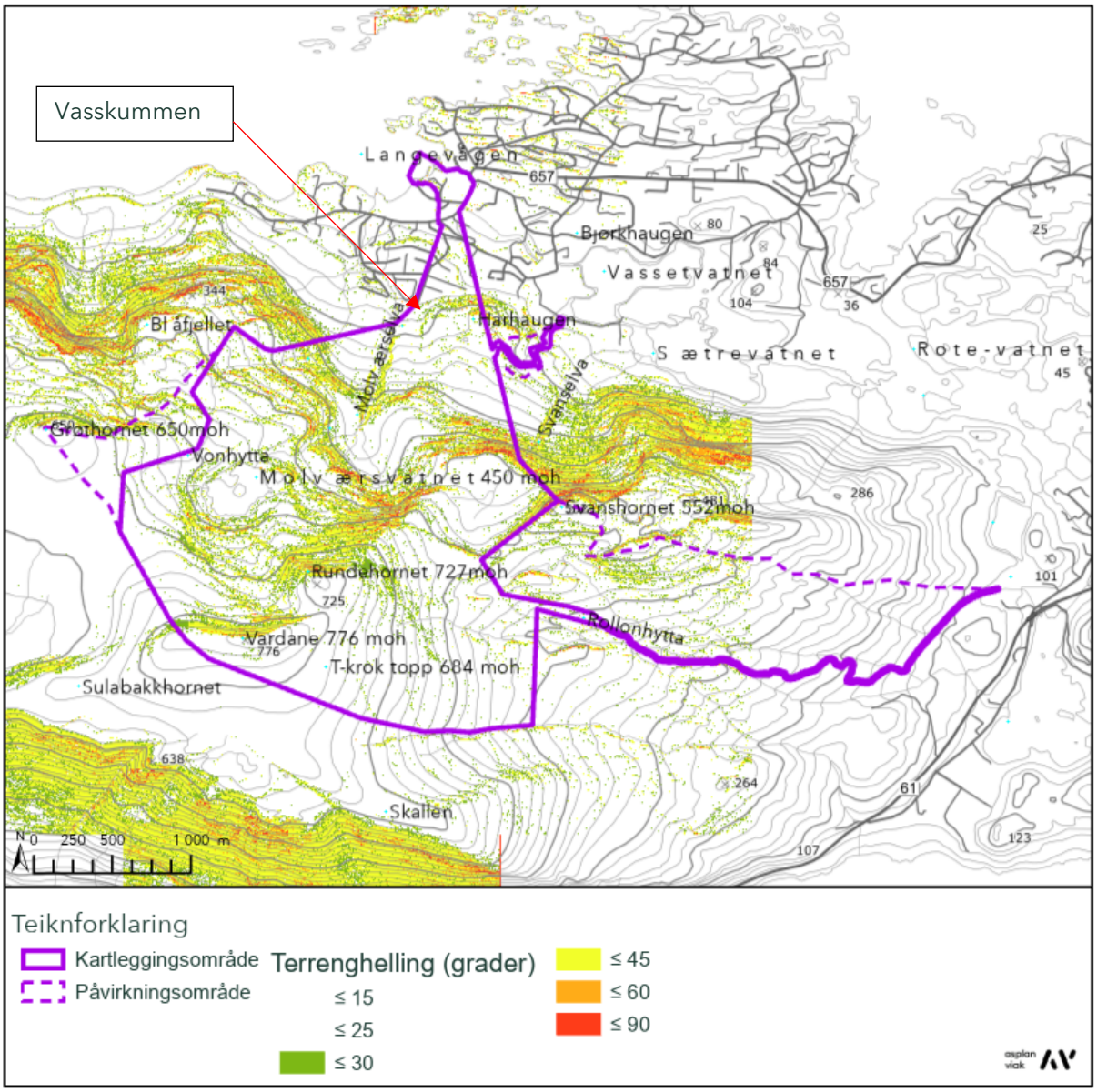
Figur 3-5 viser eit terrenghellingskart for kartleggingsområdet og omliggande terreng. Generelt stig terrenget mot sør i kartlegging- og påverknadsområdet opp til fjelltoppane Vardane (776 moh), Rundehornet (725 moh) og Svanshornet (552 moh), før det fell mot søraust. Sidevegs (vest-aust retning) er terrenget prega av ei veksling mellom ryggar og skålformer, der skålformer ved Molværsvatnet (450 moh) og Gamlestølen (ca. 275 moh) er mest markerte.

Markerte brattskrentar i terrenget (> 45 grader) er lokalisert på nordsida av Vardane, Rundehornet, terreng søraust for Koppen og terreng vest for Gamlestølen, samt på nordvestsida av Svanshornet. I same områda er det store samanhengande områder med terrenghelling over 20 grader.

Terreng mellom Koppen og skissert plassering av mellomstasjon, samt området mellom Koppen og Rundehornet (sør/søraust for Gamlestølen) viser største samanhengande områder med terrenghelling over 45 grader. På nordsida av Vardane, Rundehornet og

delvis nordaust Svanshornet er det imidlertid større samanhengande områder med terrenghelling 25 – 55 grader. Nordsida av Svanshornet har store områder med tilsvarande terrenghelling, men området har retning vekk frå kartleggingsområdet.

Terreng søraust for Vardane, Rundehornet og Svanshornet er i all hovudsak slakare enn 20 grader. Mindre parti som utgjer unnatak, er primært utanfor kartleggingsområdet. Terrenget ved Gamlestølen og Koppen, eit større parti nordvest for Svanshornet og terrenget kring hyttefeltet på nordsida av Molværsvatnet er også stor grad slakare enn 20 grader. Terrenget under Vasskummen, ca. 100 moh. er primært slakare enn 25 grader, med unnatak av terreng opp mot Harhaugen i aust.



Figur 3-5: Terrenghellingskart som viser terrenghelling i kartleggingsområdet og påverknadsområdet.

3.3. Geologi

3.3.1. Berggrunn

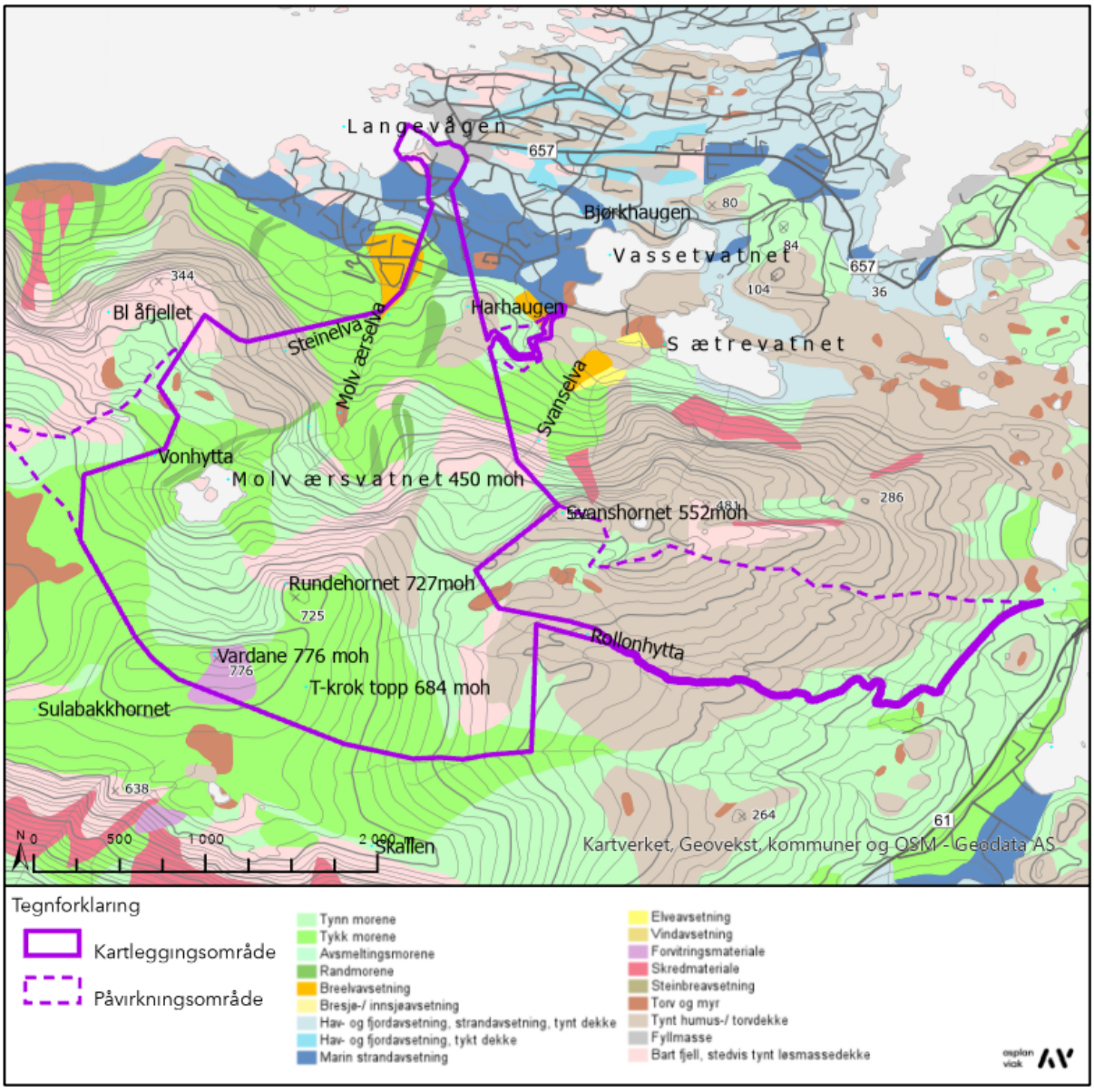
Kartleggingsområdet er dekka av berggrunnskart i 1:50 000 skala. Ifølge bergrunnskartet til NGU består berggrunnen rundt kartleggingsområdet av gneis. Teiknforklaringa til kart i skala 1:250 000 gjev ei ytterlegare skildring av bergarten: «Granittisk ortogneis med bånd eller striper, nokre stader migmatittisk gneis med dioritttisk til granittisk samansetjing, nokre stader augegneis.».

På bakgrunn av berre ein bergart i berggrunnskart, er kartet ikkje presentert i rapporten. Det visast til NGU sine berggrunnskart (NGU, u.d.).

3.3.2. Lausmassar

Ifølge NGU sitt lausmassekart, er det primært morenemassar av ulik mektigheit innanfor kartleggingsområdet. Eit areal på nordaustsida av Rundehornet (727 moh.) er angitt som bart fjell, eit areal aust for Rundehornet samt eit areal nordaust for Molværsvatnet som humusdekke/ tynt torvdekke, og eit areal i tilknyting til Vardane (776 moh.) som blokkhav, elles er det morene. Langs Molværselva er det med formlinjer angitt elve/bekkenedskjering på begge sider.

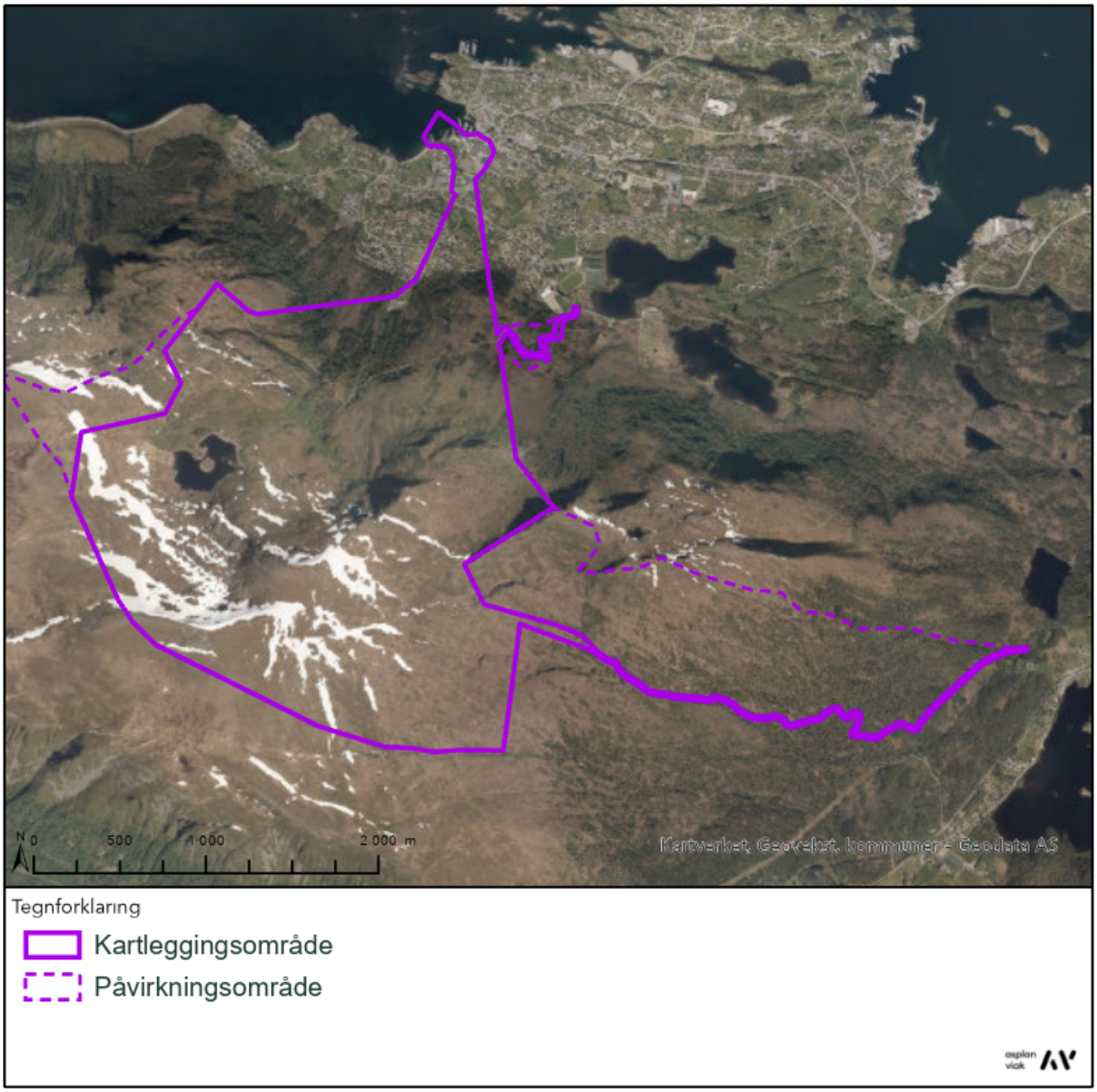
NGU sitt lausmassekart er vist i Figur 3-6, saman med kartleggings- og påverknadsområdet, samt stadsnamn.



Figur 3-6: Utsnitt frå NGU sitt lausmassekart. Lausmassekategoriane tjukk morene (mørk grøn), tynn morene (lys grøn), bart fjell (rosa) og tynt humus-/torvdekke (brun) er representert innanfor kartutsnittet. Det er i all hovudsak morenemassar innanfor kartleggingsområdet.

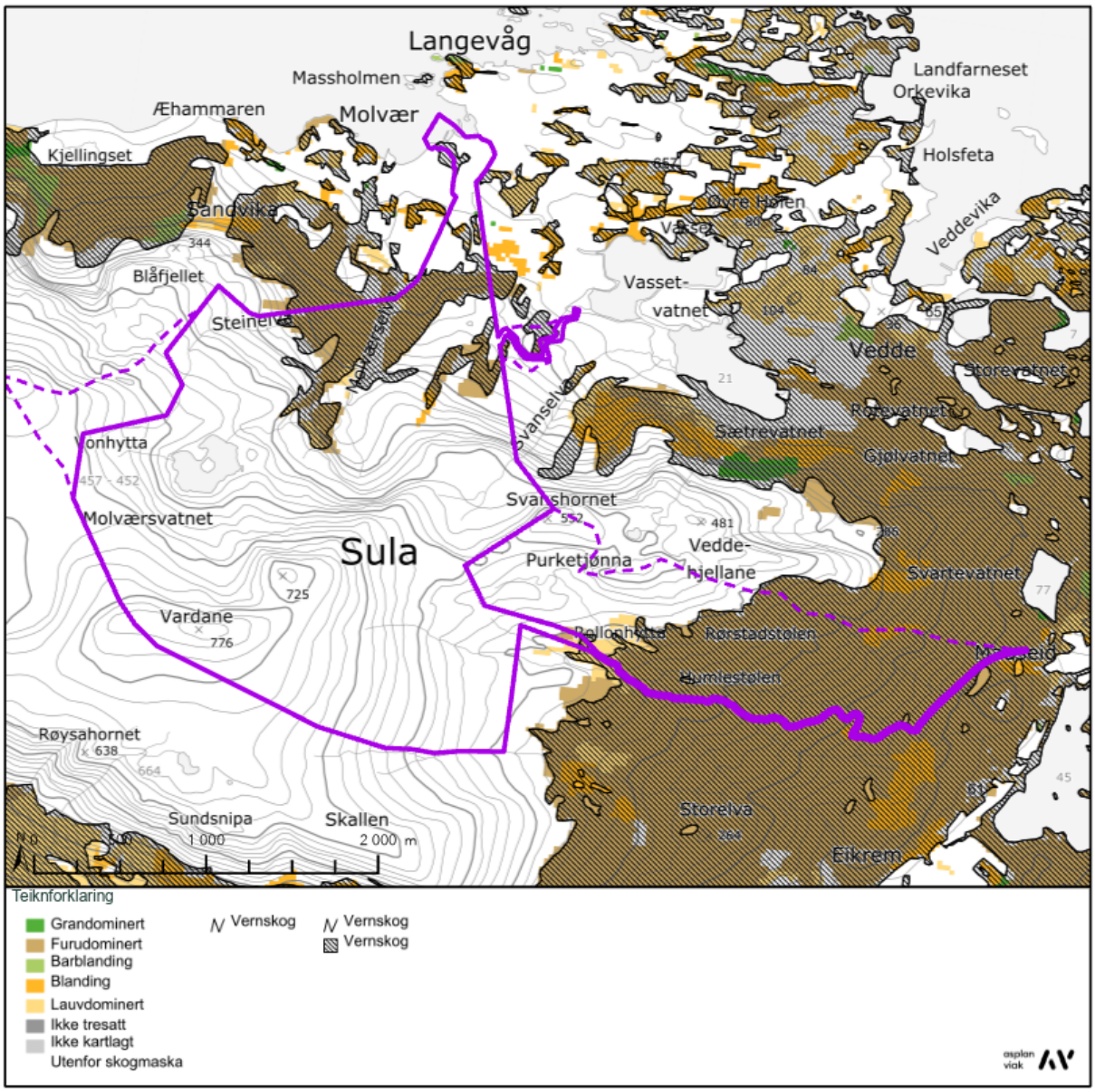
3.4. Drenering og vegetasjon

Figur 3-7 syner eit ortofoto av kartleggingsområdet og omkringliggande terreng. Ortofoto er frå 2020, prosjekt Giske-Sula-Vestnes-Aalesund 2020. Fotodato var 11.06.2021 (Statens vegvesen, Norsk institutt for Bioøkonomi (NIBIO) og Statens kartverk, u.d.). Ortofotoet viser områder der det kan ligge snø langt ut på sumarhalvåret. På nordsida av Vardane og Rundehornet ligg det snø i terrenget også i ortofoto frå 30.06.2018, 09.05.2016 og 27.05.2006 (Statens vegvesen, Norsk institutt for Bioøkonomi (NIBIO) og Statens kartverk, u.d.). Sjå Figur 3-2 for 3D visning av ortofoto.



Figur 3-7: Ortofoto frå planområdet for Sula Gondol.

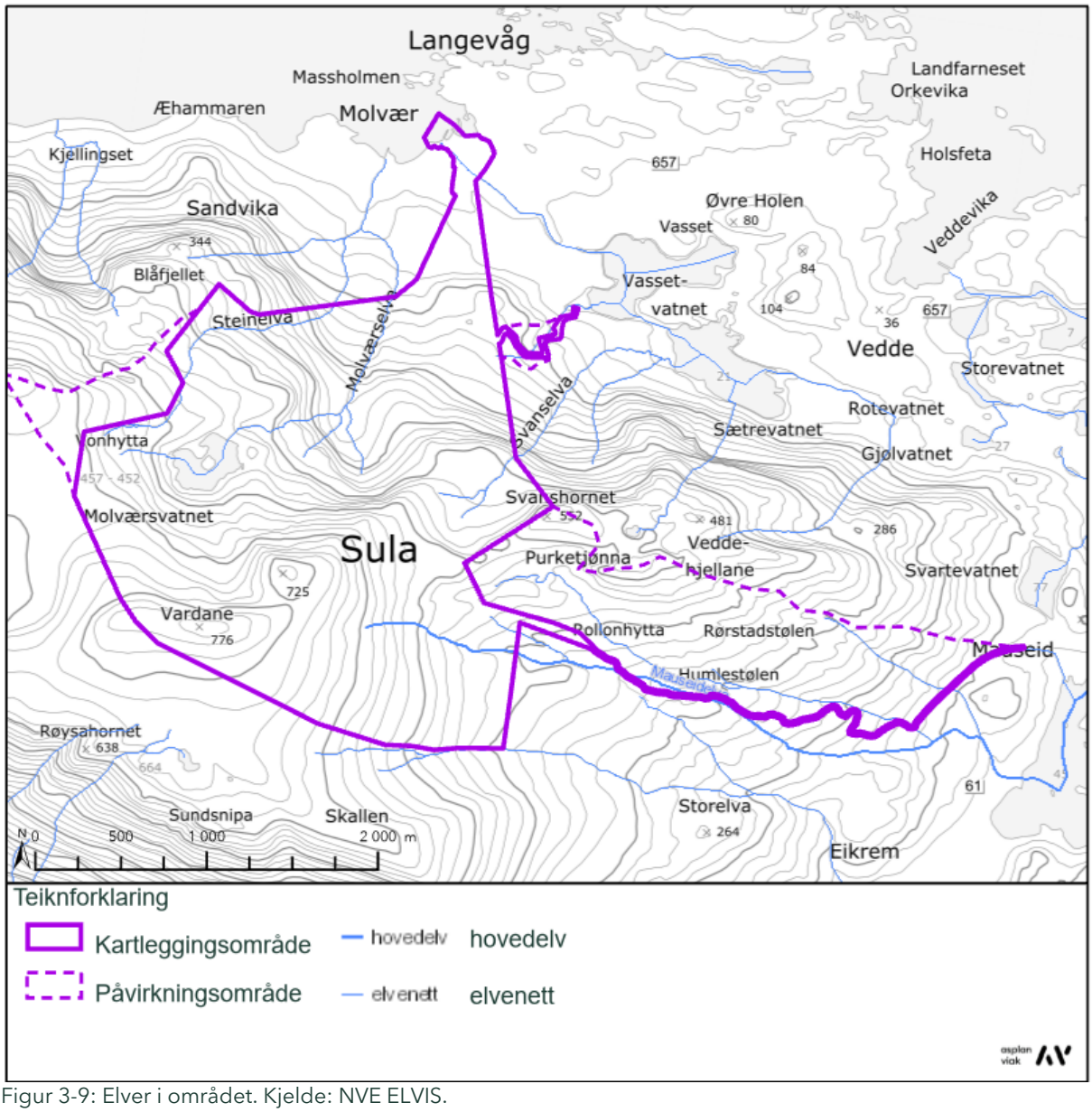
Størsteparten av kartleggingsområdet ligg over skoggrensa. I høve NIBIO sitt skogressurskart (NIBIO, u.d.)er det berre skog i lågareliggande delar av terrenget, opp til ca. 450 moh. på det meste (Figur 3-8). Av skogtype, er det furuskog som dominerer. For den høgstliggande skogen, samt nærast Molværselva, er det lauvtre som dominerer. Lauvskog er ein tresort som i hovudsak er i stand til å skjøtte seg sjølv. Dette betyr at skogen veks opp att der den vert for gammal og rotnar på rot. Skogen er skildra som produktiv i nedre delar av områda med furudominert skog.



Figur 3-8: Oversiktskart treslag og definert vernskog. I nordre delar av kartleggingsområdet er det lauvskog definert som vernskog. Arealet omfattar nedre delar av Steinelva og Molværselva. Terrenget langs tilkomstveg til Rollonhytta er skogdekka over store areal. Skogtypen er lauvdominert, med innslag av blandingsskog.

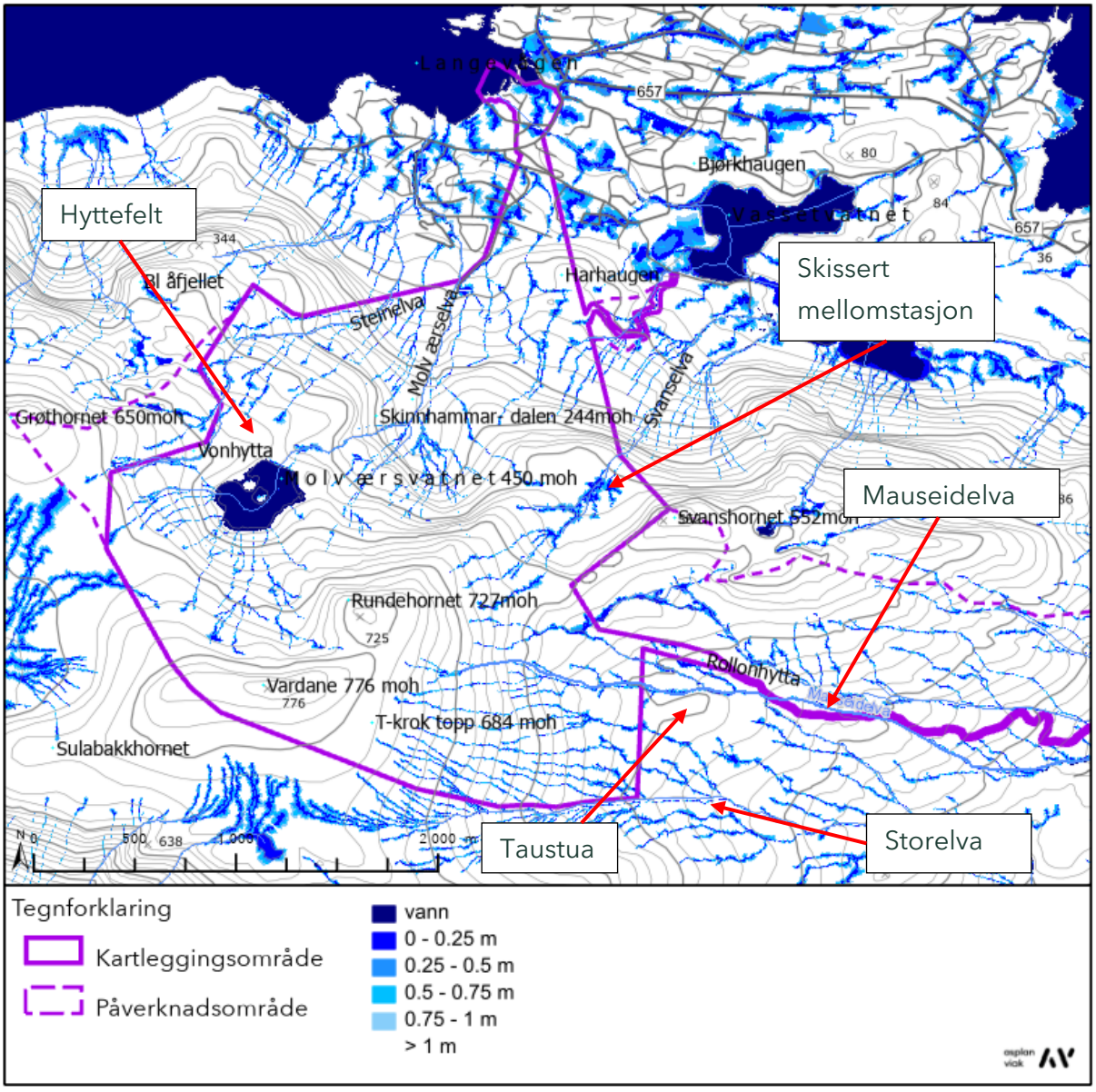
Eit større areal av denne er definert som vernskog, dvs. skog som tener som vern for annan skog eller som vern mot naturskadar. Vernskogen er angitt med vernetypen «Vern mot fjell».

NVE si WMS-teneste elvenett viser Molværselva, Steinelva og elv/bekk frå Blåfjellet, Figur 3-9 nordvest i kartleggingsområdet som møtast like over Søre Lambertgard, lokalisert utanfor kartleggingsområdet. Nedanfor Svanshornet visast Svanselva, med løp mot nordaust og ut av kartleggingsområdet. Mauseidelva og Storelva er mest markerte i søraustleg del av kartutsnittet. Desse drenerer mot søraust, og førstnemnde kryssar kartleggingsområdet på fleire stadar.



Figur 3-9: Elver i området. Kjelde: NVE ELVIS.

Eit utsnitt frå markfuktigheitskartet (NIBIO, u.d.), som syner kvar det er størst sannsyn for auka fuktinnhald i marka, er vist i Figur 3-10. Figur 6-17 viser innzooma versjon av same kart for anleggsveg som definerer kartleggingsområdet i aust.



Figur 3-10: Utsnitt frå NIBIO sitt markfuktigheitskart. Kartet syner kvar det er størst sannsyn for auka fuktinnhald i marka - der terrengoverflata si helling er teke omsyn til, men ikkje lausmassetype.

Kartet viser at terrenget søraust for Vardane, Rundehornet og Svanshornet drenerer mot søraust. Over ca. 425 moh er dreneringsmønsteret prega av nær parallelle linjer, med noko dreiing mot Storelva i sør. Frå ca. 425 moh og nedover terrenget samlar linjene seg.

Terreng sør for Taustua, som ligg like sør for Rollonhytta, drenerer mot Storelva, medan terreng nord for Taustua drenerer mot Mauseidelva/Tverråna.

Terrenget nord for Vardane, på vestsida av Rundehornet og terrenget opp til ca. 600 moh. på vestsida av Molværsvatnet drenerer mot sjølve Molværsvatnet. Terrenget vest for Molværsvatnet drenerar i retning Gamlestølen, primært langs Molværselva, men også i nær parallelle søkk i og gjennom gjel i brattskrentar ved ca. 350 moh. Også terrenget nord for rygg mellom Rundehornet og skissert mellomstasjon drenerer mot Gamlestølen.

Terrenget mellom Rundehornet og Svanshornet har drenering mot nordaust. Størst ansamling av vatn sjåast like søraust for eksisterande hytte, før terrenget knekk av med bratt helling ned mot Vasset- og Sætrevatnet. I øvre delar av dette bratte terrenget har Svanselva i høve kartet to løp, som samlast ca. 200 moh.

Terrenget nord og nordaust for hyttefeltet nord for Molværsvatnet drenerer primært mot Steinselva, som dreier mot nord ut av kartleggingsområdet ca. 100 moh.

3.5. Klima

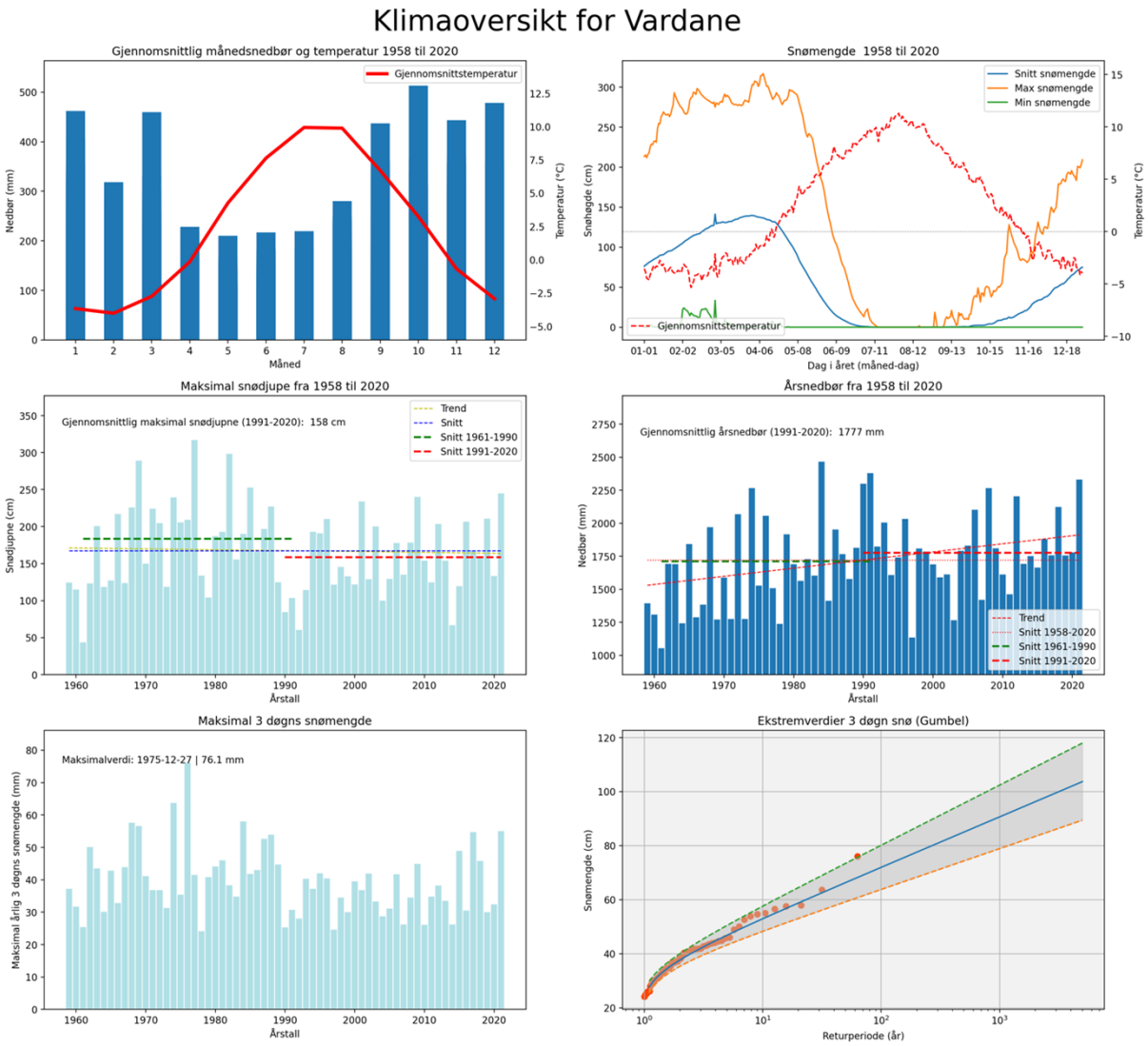
Nedbørsdata er henta frå NVE sitt «Grid Time Series» API. Datasettet er SeNorge2 [(NVE, met.no og Kartverket, u.d.), som er basert på observert og interpolerte data frå 1957 fram til 2020. Interpolerte data er justert for høgde.

Klimadata er henta frå eit punkt innanfor kartleggingsområdet, på toppen av Vardane (777 moh.). Punktet er lokalisert ved EUREF89 UTM sone 33N N6951433 Ø44573.

3.5.1. Normalar

Kartleggingsområdet har eit kystnært klima. Gjennomsnittleg månadstemperatur er over °0 i perioden april - oktober. Juli og august utgjer dei varmaste månadane, medan det er kaldast i januar og februar. Gjennomsnittleg maksimal snødjupne er 158 cm, medan registrert maksimalverdi for 3 døgns snømengde (mm) er 76,1 mm frå 1975.

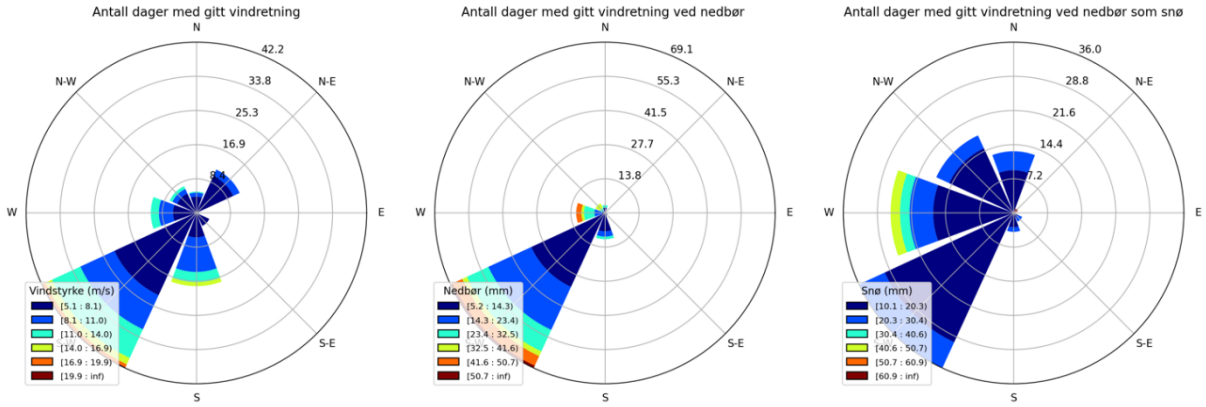
Området er vått med en gjennomsnittlig årsnedbør på rundt 1777 mm. Haust- og vintermånadane er mest nedbørsrike, med nedbørsmengder opp mot 500 mm. Gjennomsnittleg årsnedbør syner ein stigande trend.



Figur 3-11: Klimadata ved Vardane (777 moh.) innanfor kartleggingsområdet.

3.5.2. Vind

Figur 10 syner dominerande vindretningar, saman med vindretningar for generell nedbør, og vindretning ved snø ved Vardane. Generell vindretning er i hovudsak frå sørvest. Vindretning med nedbør og vindretning når nedbør kjem som snø er også primært frå sørvest. Vindretning når nedbør kjem som snø syner størst variasjon, og strekk seg frå sørvest til nord. Snømengda er størst når vindretninga er frå vest.

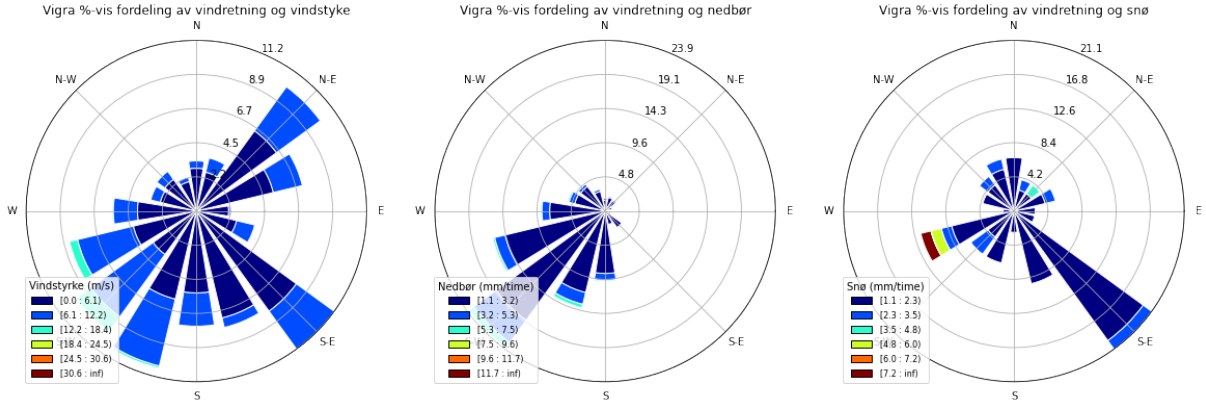


Figur 3-12: Vindroser for punkt ved Vardane (777 moh) innanfor kartleggingsområdet.

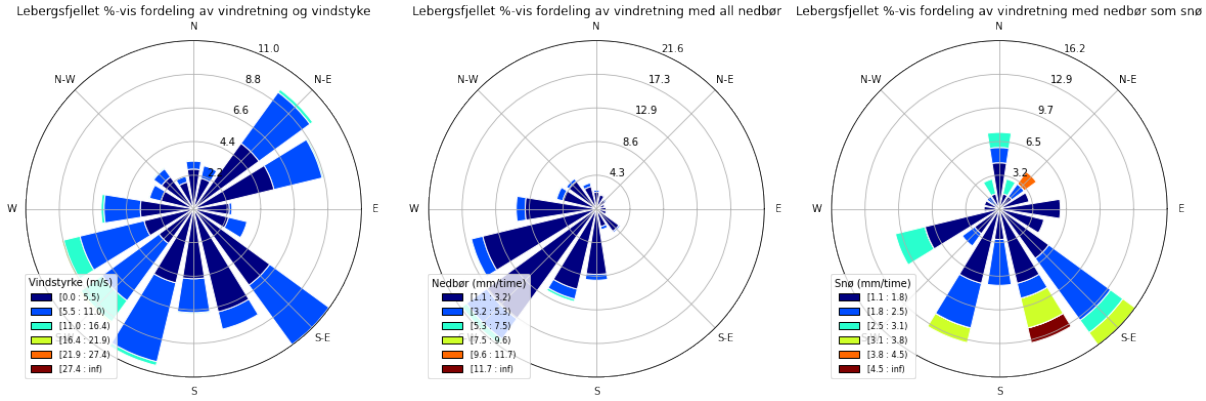
Vindretning og vindførande nedbørsretning kan vere vanskeleg å fastslå då historiske vêrstasjonar ofte ikkje er plassert med tanke på vindretning for vurdering til dømes dominerande vindretning ved snøvêr. Det er i tillegg få stasjonar som har både vinddata og nedbør i same måletidsrom, og oppløysing som enkelt let seg analysere. For området rundt Sula er målestasjonane med lange tidsseriar plassert nede i låglandet, og målestasjonar i fjellet har typisk korte dataseriar og manglar samtidig registrering av nedbør.

For å vise nedbørsførande vindretning er det samanstilt data frå stasjon som måler vind på Vigra flyplass saman med timesnedbør frå Ålesund (Figur 3-13). Det same er gjort med vindstasjon på Lebergsfjellet, der det også her er brukt timesnedbør frå Ålesund (Figur 3-14).

Det generelle bildet av vindretninga i området er at mykje av den kraftige vinden kjem inn frå sørvestleg retning, og då særleg ved nedbør. Nedbørsførande vindretning ved nedbør som snø er meir variert og ein større del av været som gir nedbør som snø ser ut til å komme frå sør-vest til sør-aust, men også nordleg vindretning kjem med ein viss andel snø. Truleg er det i større grad mildvær når været kjem frå sør-vest enn frå sør-aust. Lokale vindretningar blir i stor grad påverka mykje av lokaltopografi, og herskande vindretning kan difor variera mykje. For snøskred vil ein kunne vente auka sannsyn for auka akkumulasjon av snø i fjellsider i nord-vestleg til nord-austleg retning, men merk at vedvarande svake lag som ofte gir større snøskred kan bli danna i alle himmelretningar.



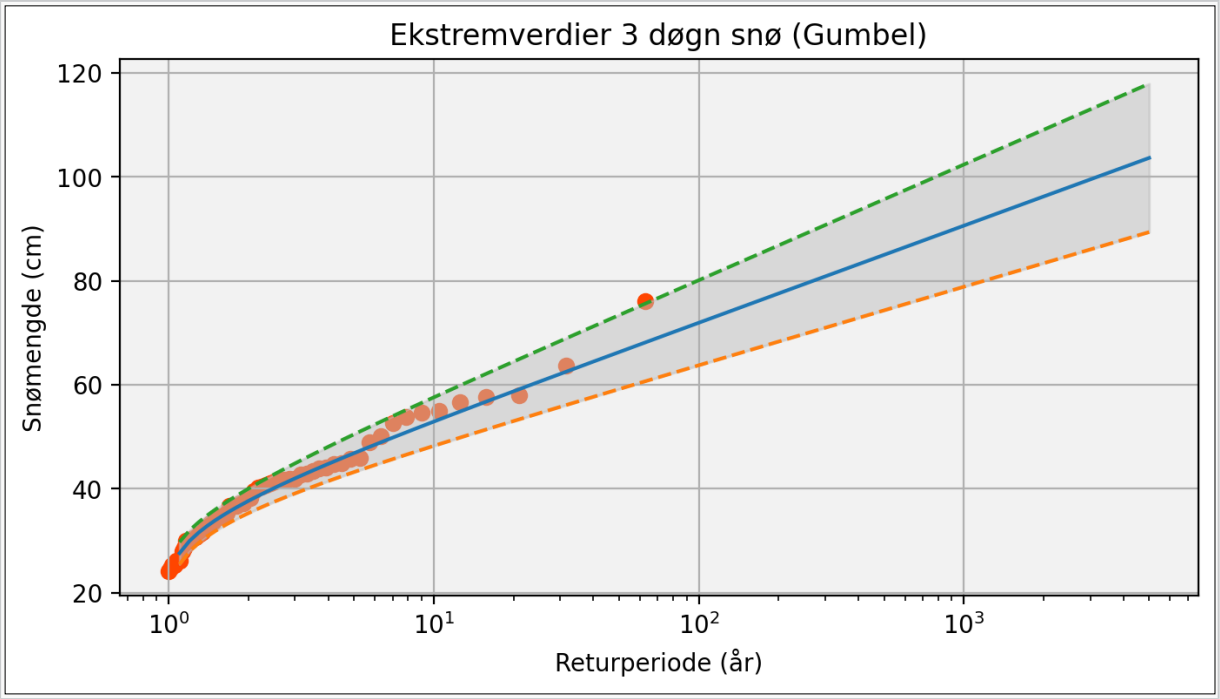
Figur 3-13: Vindroser for stasjon på Vigra, for å få med timesnedbør er det brukt nedbør frå Ålesund. Dei kraftigaste snøperiodane kjem frå sør-vest, medan det er flest dagar med snø frå sør-aust.



Figur 3-14: Vindroser for Lebergsfjellet, for å få med timesnedbør er det brukt nedbør frå Ålesund. Sidan det er kaldare høgare til fjells kjem ein større del av snøen frå sørleg sektor, men likevel flest dagar frå sør-aust.

3.5.3. Snømengde

Utrekning av ekstremverdiar kan utførast etter ulike metodar vist i NIFS rapport 2014/22 «Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentaksintervaller» [(NVE, Jernbaneverket, SVV, 2014)]. Figur 3-15 syner ekstremverdiar for 3 døgn snø berekna med Gumbel metoden. Ei oppsummering av ekstremverdiar for snø for gjevne gjentaksintervall er vist i Tabell 3.



Figur 3-15: Ekstremverdier 3 døgn snø for punkt ved Vardane (777 moh) innanfor kartleggingsområdet.

Tabell 3: Ekstremverdiar ved Vardane.

	Returverdiar for 3 døgns snømengde (cm)			**Returverdiar for 1 døgn nedbør som regn (mm)**			**Returverdiar for snøhøgde (cm)**		
Lokalitet	**100 år**	**1000 år**	**5000 år**	**100 år**	**1000 år**	**5000 år**	**100 år**	**1000 år**	**5000 år**
Vardane	72	91	104	83	103	118	378	467	580

3.5.4. Framtidig klima

For dei fleste skredtypar er vêrforhold ein del av utløysande faktor, og utvikling i klima kan påverke sannsynet for utløysing av skred. Værhendingar som no blir betrakta som ekstreme, kan i eit framtidig klima skje med større frekvens. Eit varmare og våtare klima påverkar frekvensen av snøskred og sørpeskred, jordskred og flaumskred (Sandersen, Bakkehøi, Hestnes, & Lied, 1996). Sjølv om det blir færre dagar med snø i eit varmare klima, kan hendingane med store snøfall bli meir ekstreme. Det er såleis vanskeleg å dra sikre konklusjonar frå klimaframskridingar. Med dagens metodikk for skredfarevurdering i bratt terreng [1], er det ikkje mogleg å legge til eit klimapåslag for utløyst skredareal eller

utbreiing av skredet. Klimautviklinga inngår som ein del av usikkerheita som er i skredfarevurderingar. Eit skjønnsmessig klimapåslag er inkludert i skredfarevurderingane.

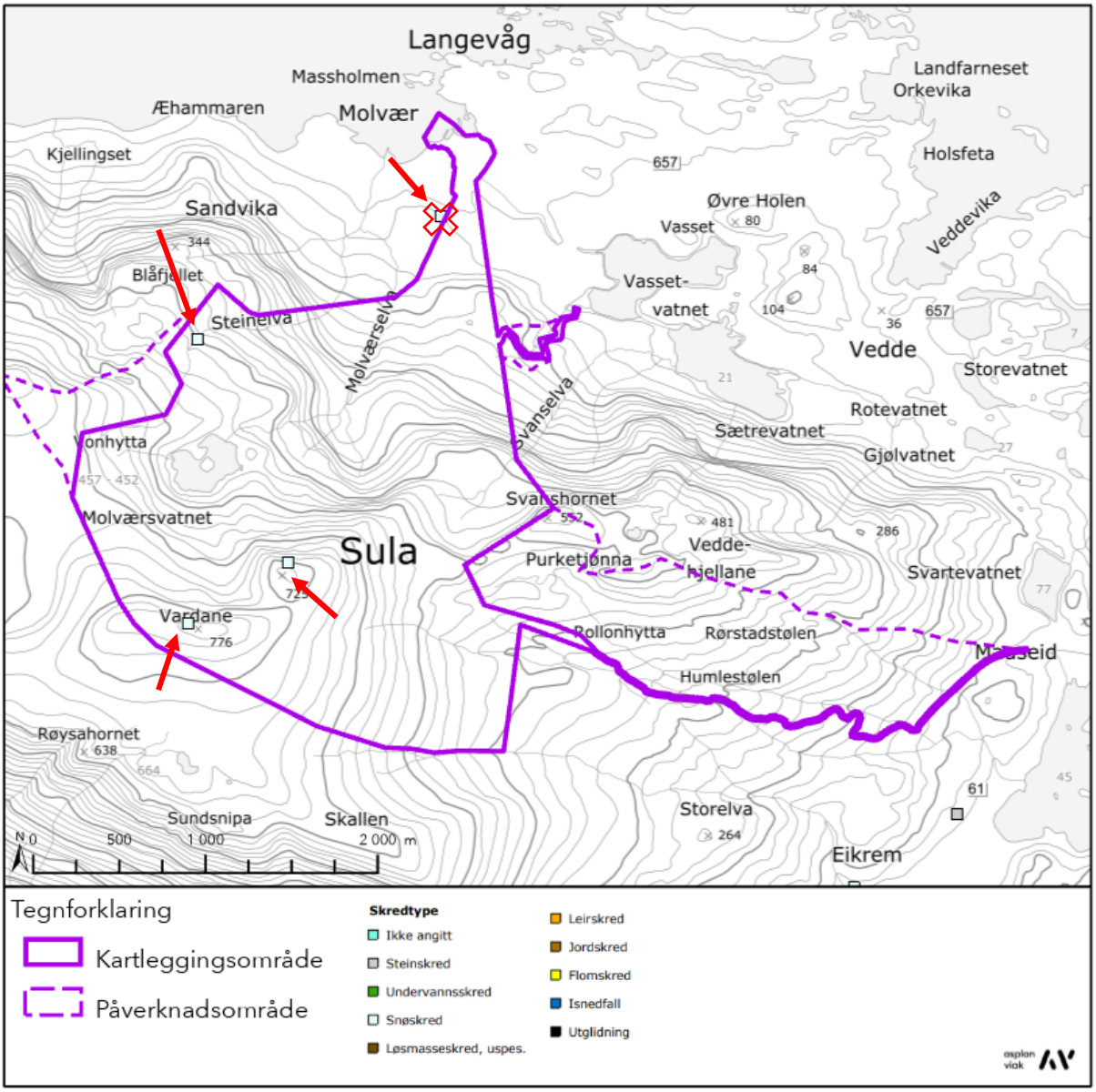
Ifølge Norsk Klimaservicenter (Meterologisk institutt, u.d.) er middeltemperaturen for året for Møre og Romsdal berekna til å auke med kring 4,0 °C, med størst auke for vinter, vår og hausten. Årsnedbøren er rekna til å auke med kring 15%, der vinter og vår er venta å auke med +5%, sommar +20% og haust +15%. Det er venta ei auke på minst 40% for regnskyll som varar under 3 timar.

Antal dagar med snø i lågareliggande område nær kysten og snømengde er venta å bli vesentleg redusert. Det kan bli fleire år med lite eller ingen snø i lågareliggande terreng. Det vil verte fleire smelteperiodar om vinteren. Høgareliggande fjellområde kan få ei auka snømengde fram mot midten av hundreåret, etter dette ventar ein at auken i temperatur vil føre til mindre snømengder også i desse områda.

Norsk klimaservicesenter gir også ei vurdering av påverknad av endring av klima på skredfare. Det er ikkje venta endring i steinsprang og steinskred. For snøskred er det etter kvart venta færre tørre snøskred, men ei auke i faren for våtsnøskred. Det venta at jord-,flaum-, og sørpeskred vil verte vanlegare og meir skadelege. Det trengs likevel ingen ekstra tryggleiksmargin på dei nasjonale aktsemdskarta for jord- og flaumskred.

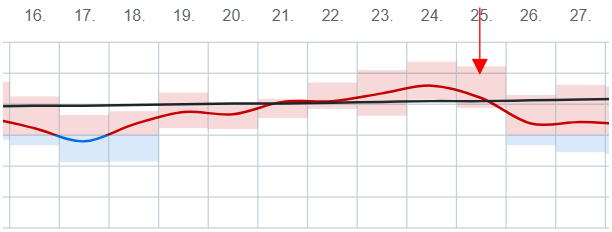
3.6. Tidlegare skredhendingar

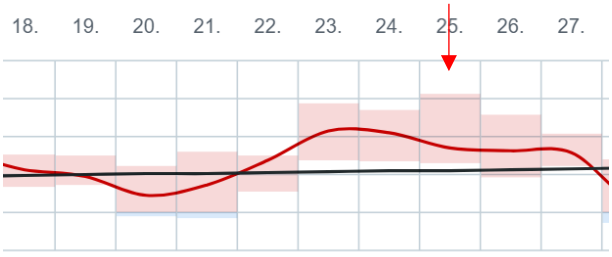
Det er registrert fire tidlegare skredhendingar i og i nærleiken av kartleggingsområdet i nasjonal skreddatabase (NVE, u.d.). Tabell 4 samanfattar informasjon om skredhendingane, medan Figur 3-16 presenterer hendingane frå skreddatabasen i kart. Hendingane er skildra nord mot sør, og stadsnamn angir plassering. Det visast elles til nasjonal skreddatabase for visning av plassering i kart.



Figur 3-16: Kart som viser skredhendingar innanfor kartleggingsområdet. Teiknforklaring angir skredtype. Skredhendingane er markert med raude piler for lettare identifisering. Registrering vurdert som feilregistrert på bakgrunn av skredskildring er i tillegg markert med eit raudt kryss.

Tabell 4: Oppsummering av tidlegare skredhendingar i og i nærleiken av kartleggingsområdet

Stadsnamn	Skred-type	Dato	Skildring
Kolåstinden	Tørt laussnø-skred	30.03. 2015	Skildring av skred: «Kjørte ned fra stretet fra Kolåstinden. utløste lite løssnøskred på 20 m bredt og som ble 60 m langt. så også mange snø skred utløst av sol. Kilde: Ikke gitt. Kompetansenivå: Helt ukjent kompetanse».
			Kommentar AV: Vurdert å vere feilregistrert. Kolåstinden er lokalisert ca. 18 kilometer frå kartleggingsområdet.
Sulafjellet	Tørt flak-skred	23.03. 2018	Skildring av skred: «Fleire ferske flakskred i norvendte skråningar. Kan telle iallfall 4 skred frå bygd. Det største ligg rett aust for Molværsvatnet. Sannsynleg natuleg utløyst. Betydelig løsnekant.»
			Kommentar AV: Kjelde er NVE Atlas (NVE, u.d.). I NVE Atlas er det to punkt knytt til datoen 23.03.2018. Desse er lokalisert ved Grønbakkhola og i terreng ca. 400 meter aust for Molværsvatnet. Førsnemde er berre angitt med skredtype, medan sistmende er angitt med losnepunkt 437 moh, utløpspunkt 325 moh. Værhistorikk (Yr, u.d.) for mars 2018 viser endring frå minusgrader til plussgrader i perioden før 23. mars. Utsnittet under viser datoar i mars 2018 langs x-aksen og temperatur langs y-aksen. Nullpunktet er vist med tjukk strek, medan kvar rute svarar til 4 grader C.  NB! I rapport frå Sunnfjord Geo Center, er same skildring tidsfesta 28.02.2018
Runde-hornet	Tørt flak-skred	25.03. 2020	Skildring av skred: «Flakskred observert med kikkert frå Ålesund. Oppdaga torsdag formiddag. Har truleg ein samanheng med mildveret som har våre denne veka.» Rundehornet: Tørt flakskred, 2 – Middels, Naturlig utløst, N-vendt, Skredet startet på 681 moh og sluttet på 569 moh,

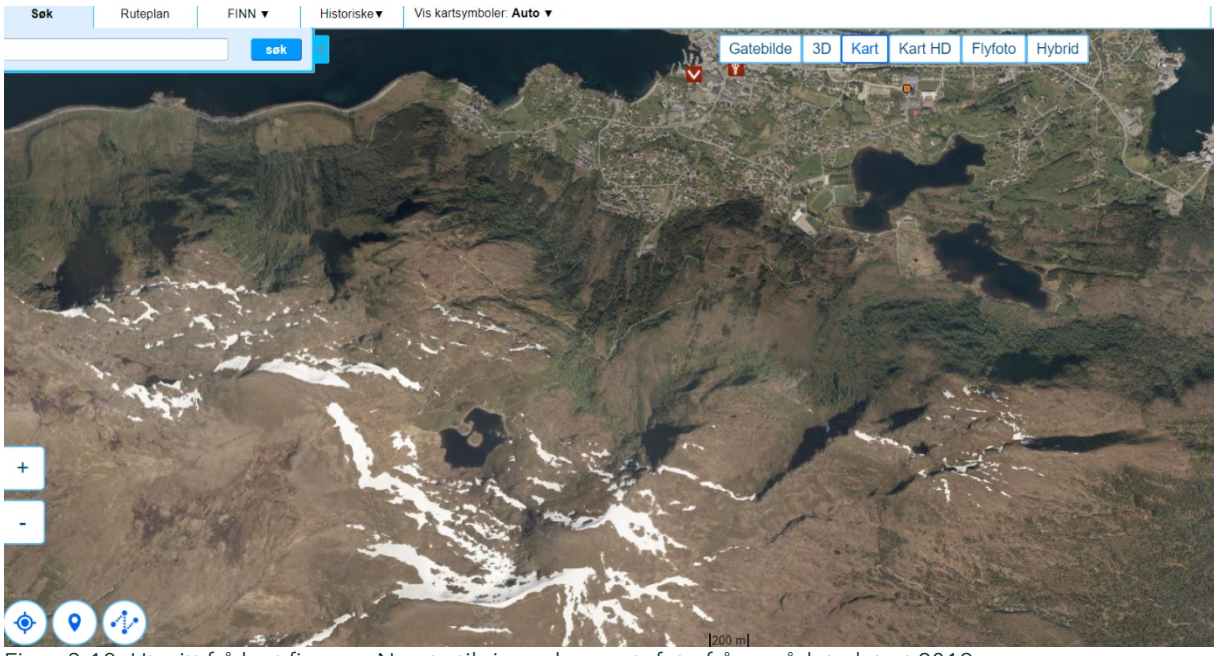
Vardane	Tørt flak-skred	25.03. 2020	70 m bred bruddkant, Brattheng. Kjelde: https://www.regobs.no/Registration/226095 Vardane: Tørt flakskred, 2 – Middels, Naturlig utløst, N-vendt, Skredet startet på 759 moh og sluttet på 706 moh, 30 m bred bruddkant, Brattheng. Kjelde: https://www.regobs.no/Registration/226094 **Kommentar AV:** Værhistorikk (Yr, u.d.) for mars 2020 viser endring frå minusgrader til plussgrader i perioden før 25. mars. Utsnittet under viser datoar i mars 2020 langs x-aksen og temperatur langs y-aksen. Nullpunktet er vist med tjukk strek, medan kvar rute svarar til 4 grader C. 

Utover skredhendingane som er registrert i NVE Atlas, er det i lokalavisa Sunnmørsposten skildra eit «ras av jord og snø» i fjellsida over Flesje, ca. to kilometer vest for kartleggingsområdet (Sunnmørsposten ved Helge Gloppen , 2015). Foto i artikkelen viser spor i terrenget heilt opp til toppen av fjellsida og ned til skogen. Det er ikkje råd å sjå kor langt ned det har gått.

Samanlikning av tilgjengelege ortofoto frå området i perioden 1947-2020 (Figur 3-17 og Figur 3-18), viser lite/ingen forskjell i vegetasjon og/eller avsettingar. Vi har sett på området meir zooma enn karta i figurane viser, noko som også går fram av vurderingskapittelet (kapittel 5).



Figur 3-17: Utsnitt frå kart.finn.no. Eldste tilgjengelege ortofoto frå området som dekker heile kartleggingsområdet, datert 1968. Kvitt polygon er eit hol i datasettet.

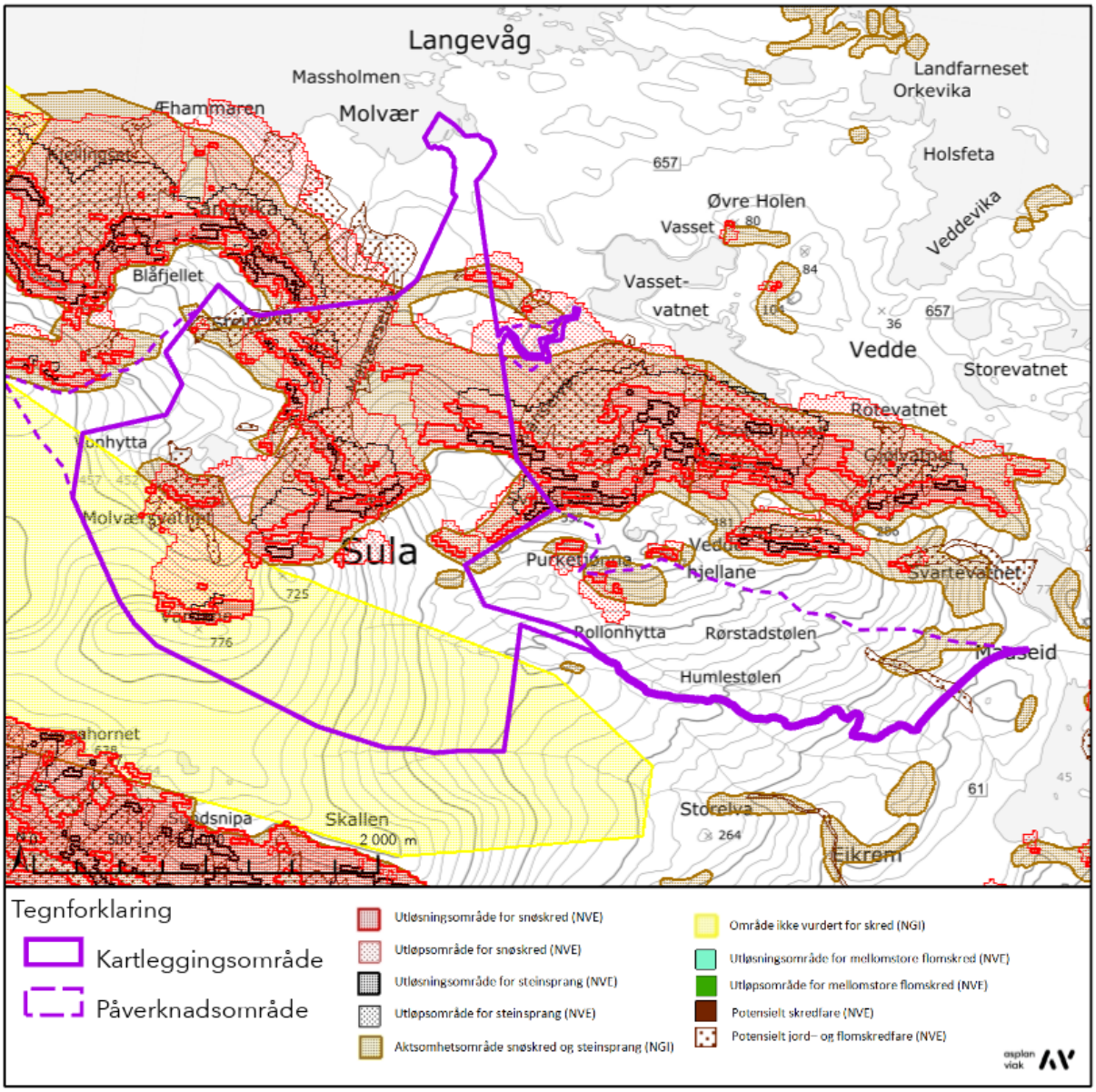


Figur 3-18: Utsnitt frå kart.finn.no. Nyaste tilgjengelege ortofoto frå området, datert 2019.

3.7. Aktsemdskart

Aktsemdskart for snøskred, steinsprang og lausmasseskred er nasjonalt dekkande (NVE, u.d.) (Figur 3-19). Karta er basert på terrenghelling- og former og gjev ein indikasjon kvar terrenget kan vere utsett for naturfarar eller skred i bratt terreng. Oppløysinga til terrengmodellen som NVE sitt aktsemdskart for steinsprang og snøskred baserer seg på er grov, 25x25 meter. Kartleggingsområdet ligg delvis innafor NVE sitt utløpsområde for snøskred og steinsprang. Kartleggingsområdet ligg også delvis innanfor utløpsområder for jord- og flaumskred.

For NGI sitt aktsemdkart er det i tillegg til kartstudiar, vurdering av historisk informasjon og modellering av utløpsområder (alfa-beta-metoden), gjort ei enkel feltsynfaring av busette områder i kartlegginga (eksempelvis frå bil). Merk at NGI sitt kart ikkje gjev informasjon om det er snøskred eller steinsprang som er vurdert som dimensjonerande skredtype i eit område, men syner lengst utløp uavhengig av skredtype. Delar av kartleggingsområdet, ligg innanfor NGI sitt kombinerte aktsemdkart. Øvre delar av kartleggingsområdet er ikkje kartlagt av NGI.



Figur 3-19: Aktsemdkart i og kring kartleggingsområdet.

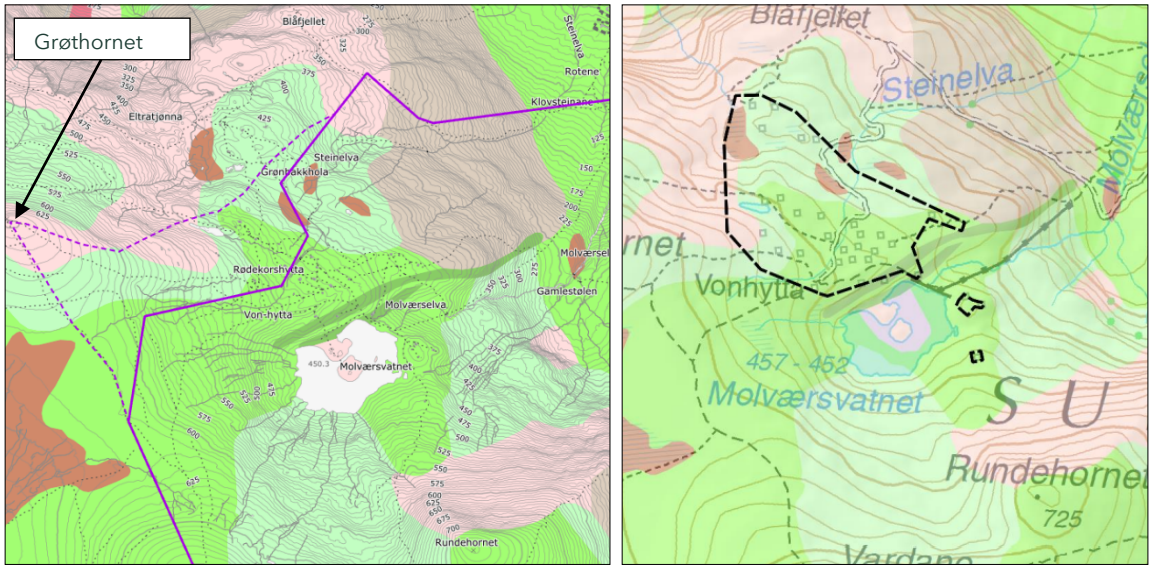
3.8. Tidlegare kartleggingar

Sunnfjord Geo Center utførte i 2019 ei skredfarevurdering i samband med utarbeiding av reguleringsplan for Nøre Sulafjellet Hyttefelt (Sunnfjord Geo Center, 2019). Kartleggingsområdet for den tidlegare vurderinga omfattar del av gnr./bnr. 94/441, og inngår delvis i kartleggingsområdet til føreliggande rapport.

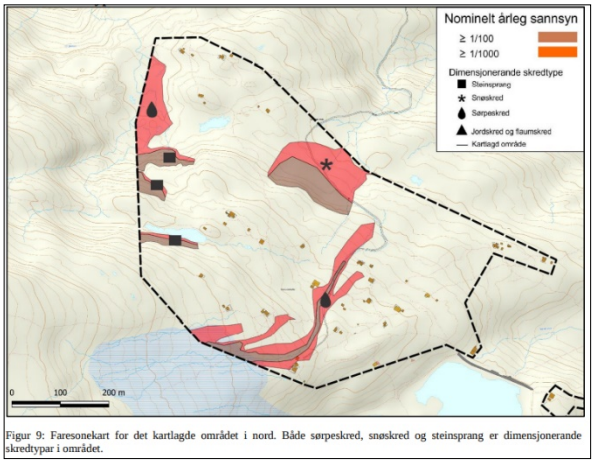
Det er i vurderinga identifisert store losneområder for snøskred i fjellsidene opp mot Rundehornet (725 moh), Vardane (776 moh) og Grøthornet (650 moh.). Også innanfor

kartleggingsområdet er det påvist eit mindre losneområde, med terrenggradientar som er kritiske for utløysing av snøskred. Myrområdet aust for det kartlagde området og langs to bekkar som drenerer den nordvendte fjellsida opp mot Grøthornet er identifisert som potensielle losneområde for sørpeskred.

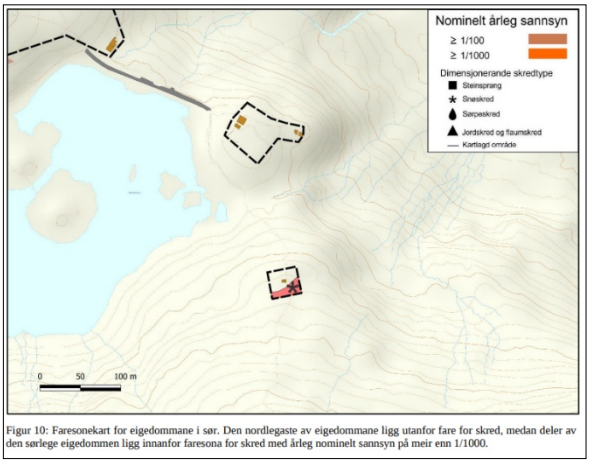
For steinsprang er det på bakgrunn av modellerte utløpsdistansar teikna faresone med årleg nominelt sannsyn større enn 1/100 og 1/1000 ved hamrane vest i planområdet, sjå Figur 3-21. I området mellom Rødekorshytta og Vonhytta, sør i kartleggingsområdet og nedanfor område markert som myr i kartgrunnlaget, er det teikna faresone med årleg nominelt sannsyn større enn 1/100 og 1/1000 for sørpeskred. Faresone 1/1000 for sørpeskred er også teikna inn nord i kartleggingsområdet. For snøskred er det teikna inn faresoner ved veg nordaust i kartleggingsområdet, samt i delar av det austlegaste polygonet som definerer kartleggingsområdet.



Figur 3-20: Utsnitt frå lausmassekart som syner delar av kartlegging- og påverknadsområdet for denne skredfarevurderinga (t.v) og utstrekninga til kartleggingsområdet i tidlegare kartlegging (t.h).



Figur 9: Faresonekart for det kartlagde området i nord. Både sørpeskred, snøskred og steinsprang er dimensjonerande skredtypar i området.



Figur 10: Faresonekart for eigedommane i sør. Den nordlegaste av eigedommane ligg utanfor fare for skred, medan deler av den sørlege eigedommen ligg innanfor faresona for skred med årleg nominelt sannsyn på meir enn 1/1000.

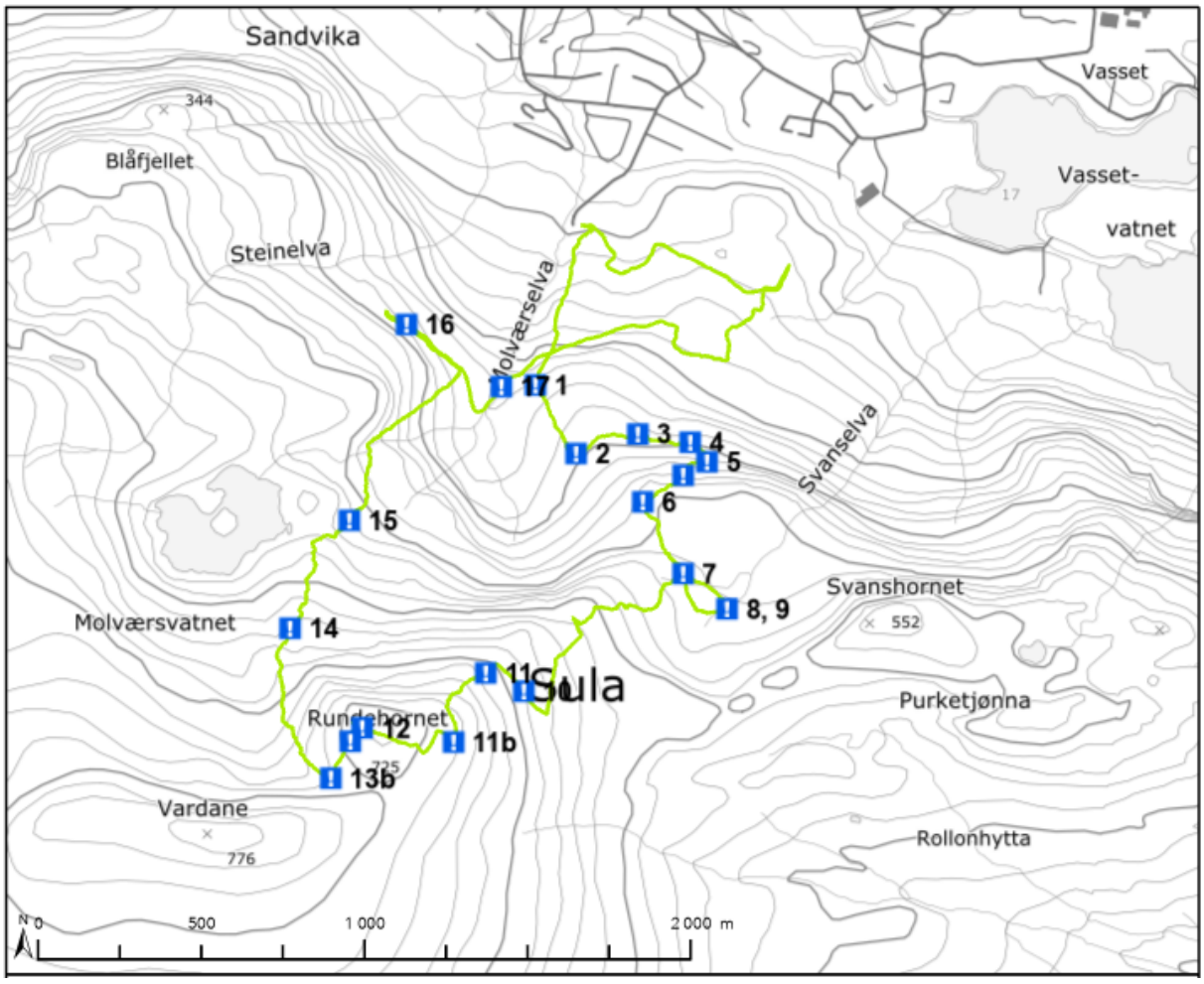
Figur 3-21: Utsnitt frå faresonekart utarbeidd av Sunnfjord Geo Center (2019). Fargar i teiknforklaring stemmer ikkje med fargar i kart, men raud farge viser 1/1000 faresone medan brun farge syner 1/100 faresone. Faresona for snøskred i utsnittet t.v. samsvarar med plassering av registrert skredhending i NVE Atlas.

3.9. Eksisterande sikringstiltak

Det er ikkje registrert eksisterande sikringstiltak i kartlegging- eller påverknadsområdet. Molværselva har utløp frå Molværsvatnet, som er oppdemma. Vasspegelen haldast konstant (Norconsult, 2019).

4. Observasjonar

Figur 4-1 viser eit oversiktskart over observasjonspunkt innanfor planområdet for Sula gondol. Nummerering i kart samsvarar med tabellnummerering i Tabell 5. Registreringskart er også inkludert som vedlegg til rapporten.



Figur 4-1: Oversiktskart som viser observasjonspunkt i terrenget. Punkta samsvarer til områder med foto og særlege vurderingar.

Tabell 5: Observasjonar

Nr.	Foto	Kommentar - Geomorfologi
Skinnhammardalen (Nordside Rundehornet – Gamlestølen)		
1	Oversiktsbilete av terrenget i området, tekne i nærleiken av skogsveg, nordvest for Koppen (Infopunkt 1). Toppen i det øvre fotoet er Rundehornet (725 moh). Terrenget fell jamt frå toppen og nedover mot Skinnhammardalen. Brattskrentar sjåast t.v. i foto.  Foto teke mot hytter nær Molværsvatnet, der det tidlegare er utført skredfarevurdering;  Nederste foto er teke mot nordvest. Søkket ein ser er Skinnhammardalen. Dette har ei markert skålform i terrenget.	Skog opp mot 450 moh. elles er terrenget utan skog mot toppane. I områder med skog er det primært lauvskog, men parti med barskog. Vertikale brattskrentar mot toppen av Rundehornet, som framstår moderat oppsprukke. Skrentane utgjer losneområder for steinsprang. Mykje kanta blokker i nedkant av skrentane. Potensielt moreneavsettingar. Brattskrenter på nordsida av rygg mellom Infopunkt 7 og 11, samt under 350 moh. i terreng like sør for Gamlestølen, er av større høgdeskildnad og framstår også med moderat oppsprekking. Særleg eit steilt sprekkesett er framtredande. Losnesannsyn for steinsprang vurdert større enn 1/100. Hyppige førekomstar av berg i dagen i terrenget over brattskrent ved ca. 350 moh., sjå særleg infopunkt 1 og 15. Skrint lausmassedekke. Mykje blokker i terrengoverflata i områder der NGU sitt lausmassekart angir

		samanhengande moreneavsettingar, eks. langs øvre delar av Molværselva (sjå særleg nedre bilete under Infopunkt 7). I tillegg til Molværselva, som drenerer frå Molværsvatnet og ned mot Gamlestølen på vestsida av skålforma i terrenget, er det små søkk i lausmassedekket som kan drenere vatn ned fjellsida. Særleg observert i slakt terreng (<25, mykje under 10 grader) like ved Gamlestålen.
7	Oversiktfoto av terreng. Hytter sjåast på kolle midt i foto. Markert søkk under Rundehornet, mellom Koppen og Molværsvatnet mellom fotolokalitet og hytter.  Nederst: Nærbilete av hytter og underliggande terreng. 	

14	Oversiktsbilete nordsida av Rundehornet:  	Nordsida av Rundehornet ligg til rette for utløysing av store snøskred, med retning ned i botnformasjonen ved Gamlestølen.
15	Terreng nedanfor og på skrå for hytter ved Molværsvatnet. Foto teke i retning Koppen. Nordsida til Rundehornet sjåast til høgre, Svanshornet som ein kolle ca. midt i; 	

	 Terreng nedanfor hytter ved Molværsvatnet. Langevåg sentrum i front: 	
Koppen		
2	Oversiktsbilete av brattskrent like sør for Koppen. Foto teke mot søraust:	Primært glattskurt fjell som terrenget ligg etter. Lite

		oppsprukke fjell, som gjev lågt sannsyn for utfall. Mose- og lyngdekt terreng i nedkant av skrentar. Framstår mjukt og med god bremsegrad for blokker. Eventuelle utfall vil gli ut av skrent, og stoppe like i nedkant. I øvre delar av området framstår bergmassen tettare oppsprukke. Oppsprekkings-grada tilseier at nedfall er mogleg, men at eventuelle utløp vil vere særs avgrensa pga. flatt terreng under. Ikkje teikn til etablerte vassvegar i terrenget, kun overflateavrenning. Drenering frå overliggande terreng til aust og vest for brattskrent-området, tilsvarande visning i markfuktigheitskart, vurderast basert på observasjonar som truleg. Noko av terrenget ligg til rette for utløysing av snøskred, med relativt gunstig terrenghelling
3	Oversiktsbilete av brattskrent like sør for Koppen. Foto teke mot sør:  	
4	Oversiktsbilete av terreng:	

		og moglegheiter for ansamling av snø.
5	Oversiktsbilete som viser terreng. Glattskurt fjell i brattskrent under Koppen. 	
6	Øvste 2 bilete: Nærbilete av blokker som ligg i terrenget og berg i dagen. Blokker er grove og kanta. 	

	 Oversiktsbilete av brattskrent. Skrent ligg etter sprekkeplan og er glattskurt. Lågt sannsyn for utfall:  Oversiktsbilete terreng, teke mot Ålesund. 	
Svanshornet		
8	Oversiktsbilete av Svanshornet og terrenget vest for.	Bart berg i fjellside opp mot Svanshornet. Moderat til tett

		oppsprukke. Potensielt losneområde for steinsprang. Mykje blokker i og i nedkant av fjellsida. Blokker i bratt terreng kan remobiliserast. Lite fersk aktivitet er å sjå, verken sår i fjellsida eller ferske blokker. Dette gjer at det truleg er relativt sjeldan det losnar steinsprang i fjellsida. Ingen samanhengande ur, utanom blokkansamlinga på ryggformasjonen, som kan sjå ut som er ei enkelthending. Nokre av blokkene ligg langt ut på slakt terreng. Det er knytt noko usikkerheit til om dette er nedfallsblokker eller moreneblokker. Lausmassekart viser tynt dekke av morenemateriale. Lausmasser er i stor grad dekka av mose/lyng. Steilt sprekkesett med fall mot nordaust, ventast å påverke dreiing av eventuelle nedfall. Tilsvarande for terrengform i utløpsområdet. Langs ryggen mot Rundehornet er områder er områder med bart fjell avgrensa til øvre delar av ryggen. Framstår mindre
9	Nærbilete av Svanshornet.  	
10	Oversiktsbilde teke mot Svanshornet.	

		oppsprukke, og primært liggande langs eit steilt sprekkesett. Mindre blokker i nedkant av ryggen. Mose og lausmassar i utløpssone. Ikkje observert tydlege vassvegar ned frå fjellsida – ingen bekkar/elver. Vått i det slake terrenget nord for ryggen mellom Svanshornet og Rundehornet. Vurdert for slakt for jordskred, men potensielt losneområde for sørpeskred. Dreneringsretning mot Svanselva som drenerer vekk i frå kartleggingsområdet, mot Sætrevatnet.
Terreng sør/søraust for Rundehornet		
11	Bilde tatt i retning toppen av Rundehornet (11).  Nedst (11b): Oversiktsbilete av terreng der T-krok er skissert.	Ingen observasjonar av berg i dagen på toppen, berre grove blokker. Berg i dagen i terreng på veg opp (øvre foto). Inntrykk av tynt lausmassedekke. Ei lita skålform observert i terrenget, med potensial for utløysing av snøskred på bakgrunn av terrenghelling. Avgrensa volum. Venta utløp mot nord, ikkje mot konstruksjonar/bruksområde.

		
Vardane - Molværsvatnet		
12	Bilete teke frå toppen av Rundehornet. Molværsvatnet sjåast i midten av bilete.  Nærbilete av terreng på vestsida av Molværsvatnet. Rygg opp mot Rundehornet i front (blokker): 	Det er stadvis berg i dagen i nordsida av Vardane. Det er elles mykje mose, og ein del blokker. Usikkerheit knytt til opphav – nedfall eller moreneavsettingar. Potensielle losneområder for steinsprang i områder med berg i dagen. Svake konkave terrengformer i sida som kan samle snø, samt delvis i ly for nedbørsførande vindretning når nedbør kjem som snø.
13	Oversiktsbilete nordsida av Vardane.	

	Øvre foto: Infopunkt 13a. Tatt mot sørvest.  Nedre foto: Infopunkt 13b. Tatt mot vest. 	
Terreng ved Grønnbakkhola/Steinelva		
16	Brattskrent på oversida av eksisterande anleggsveg, sett frå vegen. 	Lokale brattskrentar over veg. Framstår lite til moderat oppsprukke. Låg høgde på skrentar, og anteke god bremseeffekt i underliggande terreng grunna nesten flat helling, større blokker i utløpssona og mjukt pga. mose. Elles mykje berg i dagen i området, og større områder

		med tilnærma flatt terreng. Primært skrint lausmassedekke. Terrenget framstår «hyllete». Slikt terreng avgrensar i stor grad moglegheit for utløysing av snøskred – avgrensa områder med terrenghelling 25-55 grader og oppdeling av snødekket. Utanom Steinelva ikkje observert etablerte bekkar/elver i området. Enkelte søkk i terrenget der ein kan vente vatn ved mykje nedbør. Desse har dreneringsretning mot Steinelva og samlast på nedsida av eksisterande veg.
17	Nærbilete av skråning langs veg. 	Skråningar på oversida av vegen står med bratt helling. Ikkje vegetert med gras/mose. Varierande kornstorleik, noko avrunda. Erosjon over tid må ventast. Vil skli sakte ut – ikkje skadepotensial i høve tryggleikskrava. (Infopunkt har ca. plassering i kart. Det er fleire døme på slike skråningar langs veg)

5. Modellering

5.1. Modellering av steinsprang

5.1.1. Metode

Berekningsverktøyet Rockyfor3D er nytta som supplement til vurderinga av steinsprang. Rockyfor3D er ein deterministisk, stokastisk modell som reknar ut utløp av steinsprang og sannsynlege baner for individuelle steinsprangblokker [17]. Automatisk modellering gjennom bruk av «Rapid Automatic Simulation» i Rockyfor3D utgjer modelleringsmetoden etter anbefaling gitt i NVE sin eksterne rapport [18]. Denne metoden fjernar behovet for å manuelt definere polygon for bakketypar, bestemming av overflateruheit og utløysingsområde. Programmet set automatisk bakketypen og overflateruheit for terrengoverflata, med konservative verdiar basert på terrenghelling. Det visast i denne samanheng til programmet sin brukarmanual [17]. Modelleringsresultat frå ekstern rapport indikerer at metoden gjev tilsvarande resultat som ved manuell kartlegging der ein brukar tid på å bestemme «realistiske inngangsparameterar» [18].

5.1.2. Inngangsparameterar

Simuleringane utført i brukt metode for rask automatisk utrekning (Rapid automatic simulation) er køyrt på ein terrengmodell med 1x1m oppløysing. Følgande modellparameterar er nytta:

Tabell 6: Oppsummering av inngangsparameterar for steinsprangmodellering i Rockyfor3D.

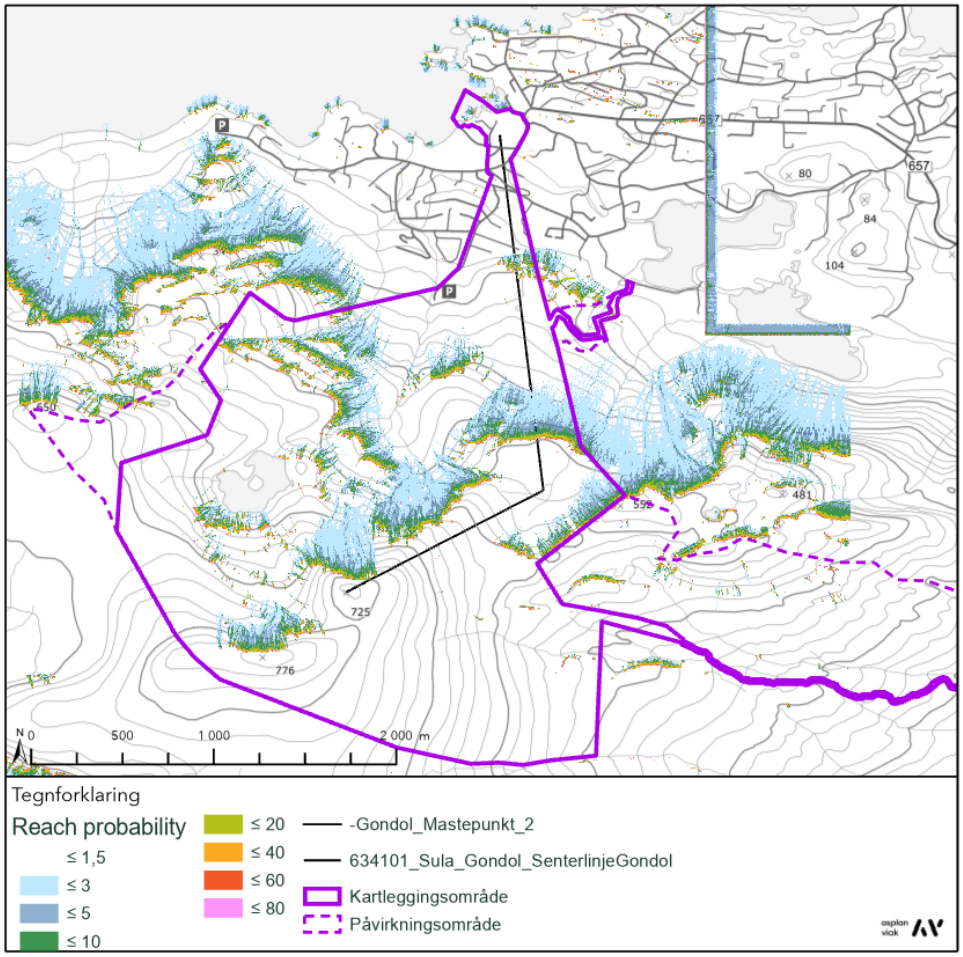
Parameter	Skildring
Massetettleik	2700 kg/m^3
Starthøgde per blokk	0 meter
Variasjon i primær blokkstorleik	0%
Skog	Ikkje teke omsyn til. Losneområder over tregrense, skog ventast å ha lita til ingen bremsande effekt der det er skog.
Blokkform	Ellipsoide
Blokkstorleik	1 m^3 (1,3 x 1,3 x 1,2 m), V=(4/3)*pi*(0,6*0,6*0,65)=ca. 1m3.)

Det er køyrt 100 blokkutløysingar frå kvar enkelt celle. Modellen reknar ut losneområde for steinsprang automatisk, basert på terrenghelling og oppløysing på nytta terrengmodell.

5.1.3. Presentasjon av resultat

Resultat frå simuleringane i Rockyfor3D er presentert som rekkeviddesannsyn *reach probability*. I den stokastiske Rockyfor3D-modellen er det vanleg at rekkjeviddesannsyn med verdiar lågare enn 1-1,5 % representerer statistiske uteliggjarar (NVE, 2020). Den reelle terskelverdien for statistiske uteliggjarar må vurderast etter lokale tilhøve. Figur 5-1 og Figur 6-5 viser kart med modelleringsresultat på stor, og mindre skala. Figur 5-1 viser kart med modelleringsresultat for heile kartleggingsområdet.

Om modellresultata er representative for dei ulike områda i kartleggingsområdet blir diskutert i skredfarevurderinga, og samanlikna med observasjonar av potensiale for utløysing og utløpslengder på steinsprangblokker.



Figur 5-1: Oversiktskart som viser modelleringsresultat for steinsprang i Rockyfor3d. Resultat vist oppe til høgre skuldast avgrensing av raster og er ikkje reelle steinsprangløp.

5.2. Modellering av snøskred

For støtte i vurdering av utløp er det utført modellering av snøskred.

- **Dynamisk modellering:** RAMMS Avalanche er nytta for dynamisk modellering av snøskred, for å visualisere strøyming i ein terrengmodell.

5.2.1. Metode og inngangsparameterar

Modellering av mogleg skredutbreiing av snøskred er gjort med RAMMS, versjon 1.7.20 modulen for snøskred [19]. Potensielle losneområder for snøskred vart i første omgang identifisert ved hjelp av verktøyet *Slope* i ArcGIS Pro. Losneområda vart sett til å inkludere områder med terrenghelling 25-55°, som er hellingar med potensial til å akkumulere store mengder snø og som er bratte nok til at snøskred kan utløysast.

Sannsynet for utløyste snøskred aukar med auka nedbørsmengd, det er difor vanleg å sjå på nedbør over ei 3-døgnsperiode for større moglege snøskred. For punktet ved Vardane der klimadata er henta ut, sjå kapittel 3.5.3 og Tabell 3, er returverdiar for 3 døgns snømengde utrekna til å vere 72 cm for 100 års returperiode, 91 cm for 1000 års returperiode.

Det er nytta automatisk utrekning av friksjonsparameterar (μ og ξ) for 300 års gjentaksintervall, men høgdenivåa er justert etter anbefalte justeringar til norske forhold [20]. Den lokale skoggrensa er ca. 450 moh. Det gir anbefalte høgdenivå tilsvarande 700 moh for øvre, og 200 moh for nedre, basert på eit intervall på 500 meter mellom høgdenivå. Det finnast ikkje nasjonale retningslinjer for modellering av snøskred i RAMMS. Dei nytta innstillingane er difor i stor grad basert på skjønn.

Ein metode for avgrensing til den potensielle storleiken på flaket som kan bli utløyst er noko definert ut i frå rettleiaren til NVE (NVE, 2020). I rettleiaren står det skildra at ein i gjennomsnitt kan vente at flaket som kan bli utløyst har ein lengde i skredbaneretninga som er ca. 100 gonger så stor som brotkanthøgda, og ein breidde som er 100 gonger større enn brotkanthøgda. I tillegg er utløysingsområda definert ut i frå terrenget si form og helling, historisk informasjon, terrenget si ruheit, vegetasjon og klimatiske trekk.

Brothøgder er vurdert ut i frå klimaanalysen for området og lokale tilhøve, og er rekna ut med utgangspunkt i 3 døgns nysnøtilvekst med 100- og 1000-års gjentaksintervall. Vinddrift av snø mellom 30- 50 cm er lagt til i brotkanthøgda ettersom områda ligg i le for nedbørsførande vind. Medriving er ikkje inkludert i flaket. Dette skuldast at det blir vurdert

at usikkerheit i storleiken på losneområdet og brothøgda truleg tek omsyn til mogleg medriving.

Med desse brotkanthøgdane som utgangspunkt for definisjonen av friksjonsparameter, har det blitt utført simuleringar med friksjonsparameter «medium» til «large» og 300 års gjentaksintervall. Nokre av dei mindre losneområder er simulert som "Small avalanche", og simulerte skred som skal representere 100 -årsskred er simulert med «100-Year».

Losneområda for snøskred er lokalisert over tregrensa i fjellsida, og snøskred som har oppnådd ei viss hastigheit vert i særs avgrensa grad bremsa av skog. Det er på bakgrunn av dette vald å ikkje ta omsyn til skog i modelleringa. Skogen er i staden kommentert i tolkinga av resultata.

Det er nytta eit terrenggrunnlag med 10x10 m horisontal oppløysing i modelleringane. Parameteren hastigheit er presentert som modelleringsresultat.

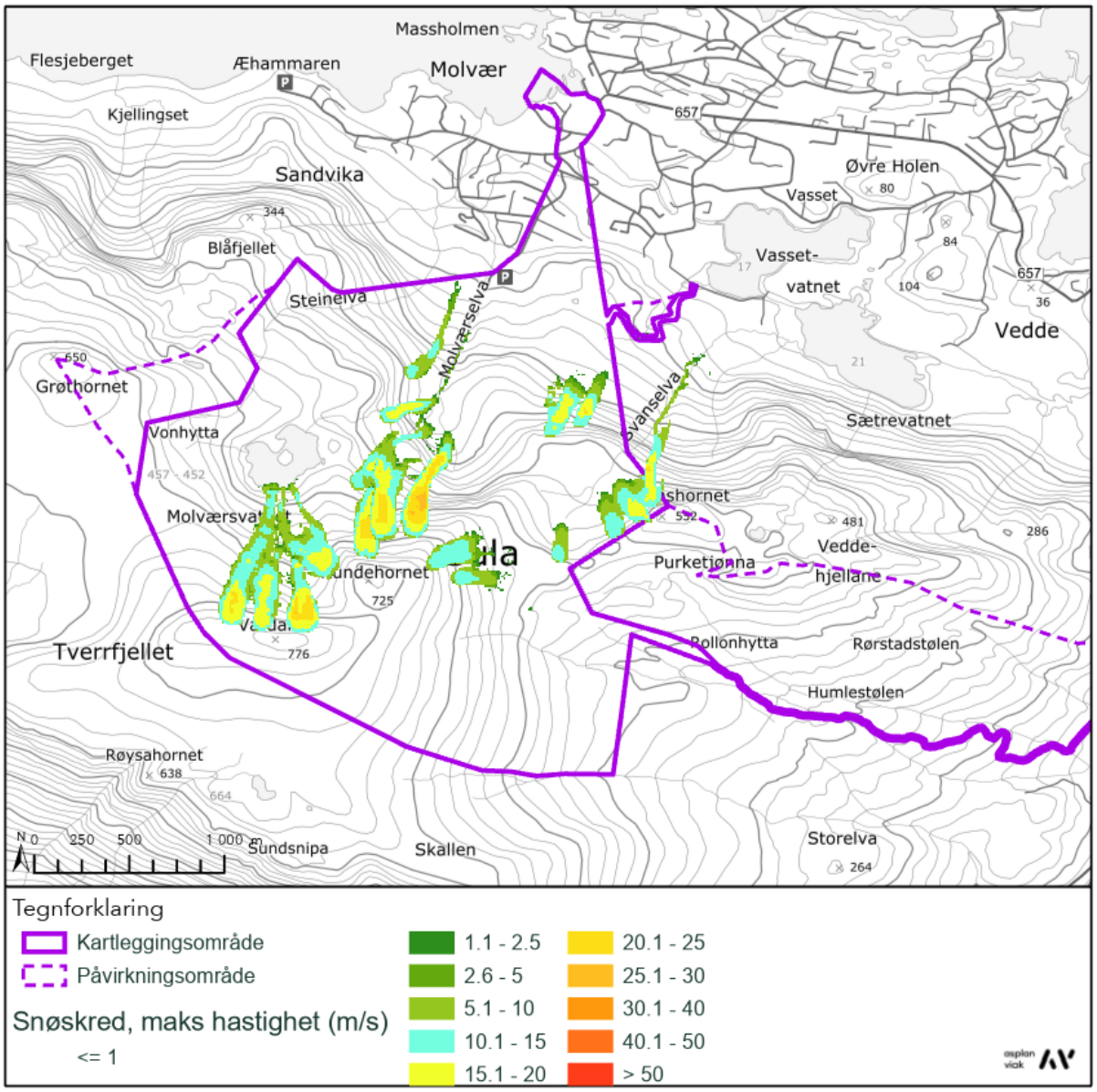
Tabell 7: Oppsummering av inngangsparameterar for snøskredmodellering i RAMMS Avalanche.

Parameter	Skildring
Skildring av terreng	Det er særleg to områder som peikar seg ut som moglege losneområder for skred innanfor kartleggingsområdet. Områda har større samanhengande areal med terrenghelling 25-55 grader, og ligg i le for hovudvindretninga når nedbør kjem som snø. Området nord for Vardane har ei høvesvis rett terrengform, medan område på nordsida av Rundehornet har ei svak skålform. Begge fjellsider har betydeleg areal for tilføring av snø.
Friksjons-parameterar	Automatisk utrekning av friksjonsparameterar (μ og ξ) for 300 års gjentaksintervall. Høgdenivåa er justert etter anbefalte justeringar til norske forhold; tregrense ±250 meter.
Brotkanthøgde	3 døgns snømengd 91 cm for 1000 års returperiode. Vinddrift av snø lagt til pga. at losneområder ligg heilt eller delvis i le for vinden. Samtlige losneområder er modellert med ei brotkanthøgde på 1,4 meter, med unnatak av losneområdet på austsida av Rundehornet. Her er det berre lagt til 30 cm for vindrift og usikkerhet, då terrenget her har ei slak utforming, som vinden ventast å blåse over. For 100-års skred er det nytta brothøgder på 1 meter alle stadar.
Volum	Potensielle losneområder er teikna inn i ArcGIS Pro. Volumet er avhengig av polygona sine areal og brothøgde. Utstrekninga er

	avgrensa av brothøgda til 120-140 meter i lengde og fallretning. Figur 6-18 viser losneområder nytta i modellering.
Medriving	Medriving av snømassar langs med skredbana er ikkje teke omsyn til.
Skog	Ikkje teke omsyn til pga. losneområder over tregrense, og generelt låg kronedekning der det er skog.
Stopp parameter	Standard: Percentage of total momentum (%): 5.00
Returperiode og storleik	Returperiode 300 år og storleik large er nytta for å simulere 1000-års skred. For 100 års skred er det nytta returperiode på 100 år.

5.2.2. Modellresultat

Figur 5-2 viser resultat frå modellkøyring med returperiode 300 år og storleik large, med øvre inngangsparameter som skildra over. Innzooma versjonar av same kart er presentert i etterfølgande vurderingskapittel.



Figur 5-2: Resultat modellering.

5.3. Alfa-beta metoden

Alfa-beta metoden er nytta som supplement til dei dynamiske simuleringane. Dei enkle utløpsmodelleringane er basert på ei empirisk utrekning av maksimal utløpslengde. Erfaringsmessig vil steinsprang byrje å bremse opp når terrenget vert 23 grader og slakare. I tillegg til anteke skredbane, takast det i utrekninga omsyn til terreng med helling under denne grenseverdien. For snøskred er det terreng 10 grader som verkar bremsande, og som takast omsyn til i utrekninga.

6. Vurdering av skredfare

Kartleggingsområdet ligg delvis innanfor NVE sitt aktsemdskart (snøskred, steinsprang og jord- og flaumskred). Kartleggingsområdet ligg også delvis innanfor NGI sitt kombinerte aktsemdkart for snøskred og steinsprang.

Vurderingane baserer seg på historiske skredhendingar, aktsemdskart, klimatiske data, terrengforhold og studie av ortofoto, i tillegg til synfaringsobservasjonar.

Generelt i området vil det vere snøskred som er dimensjonerande skredtype, men med andre skredtypar som gjeldande, og med mindre utstrekking.

På bakgrunn av kartleggingsområdet si store utstrekning, er det berre ved Fallhammaren langs tilkomstvegen til Rollonhytta at losneområde for skred ligg i påverknadsområdet, heller enn i sjølve kartleggingsområdet. Konsekvensen av dette er at eit kvart losneområde for skred med sannsyn for utløysing større enn tilsvarande faresoneklasse, vil medføre områder der tryggleik i høve TEK17 ikkje er tilfredsstilt for tilhøyrande tryggleiksklasse. På bakgrunn av dette, er vurdering av sannsyn for at skred i kartleggingsområdet ikkje oppsummert under kvar skredtype. I staden, er utstrekninga til faresona diskutert i lys av observasjonar og modellering. Om tryggleikskrav er tilfredsstilt i høve TEK17 for ulike delar av kartleggingsområdet er samanfatta i avsnitt 0.

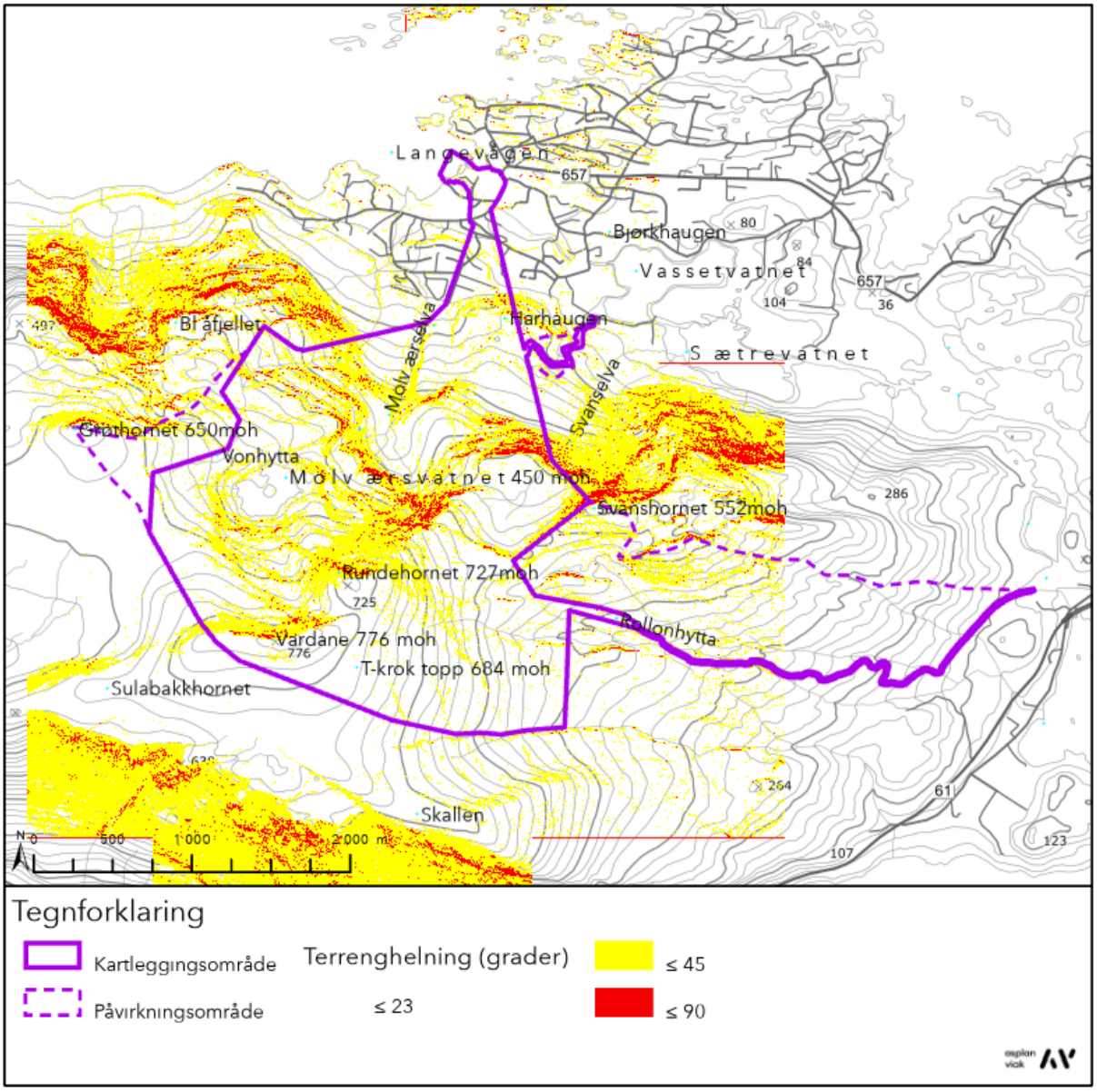
For oversikts skuld, er det likevel oppsummert i tabell kva konstruksjonar/bruksområde som er mest relevant i høve identifisert losneområde i dette kapittelet.

6.1. Steinsprang

I høve NVE sin rettleiar, kan fjellsider og skrentar brattare enn 45 grader gje fare for steinsprang – så lenge skråninga har områder med bart fjell eller usamanhengande lausmassedekke. Figur 6-1 viser terrenghelling i området. Steinsprang vurderast basert på følgande tilhøve som ein aktuell skredprosess i delar av området:

- Delar av kartleggingsområdet ligg innanfor NVE sine aktsemdområder for steinsprang og steinskred, samt NGI sitt kombinerte aktsemdkart.
- Områder med helling over 45 grader i fjellsida i områder definert som bart berg i lausmassekart. Også bratte nok områder med tynne moreneavsettingar og humusdekke.

- Lausmassekart angir områder bart fjell i fjellsida opp mot Rundehornet. Observasjonar av berg i dagen fleire stadar innanfor planområdet.



Figur 6-1: Terrenghellingskart for vurdering om steinsprang er aktuell skredprosess i området. Rød markering viser terreng med helling 45-90°, gul markering viser terreng med helling 23-45° der steinsprang normalt ikkje utløysast, men heller ikkje bremsast av terreng, medan gjennomsiktig markering viser terreng med helling under 23°, der steinsprang normalt bremsast.

Særskilde område med potensielle losneområder for steinsprang er avgrensa til områder innanfor planområdet presentert i Tabell 8:

Tabell 8: Oppsummering av potensielle losneområde for steinsprang, og kva konstruksjonar/bruksområde som potensielt ligg i utløpssona for losneområda

Potensielt losneområde	**Konstruksjon/bruksområde i potensielt utløpsområde**
Skrentar nord for Vardane (776 moh).	Terrengsykkel- og langrennsløype.
Fjellsida på nordsida av Rundehornet (727 moh) / Terreng over Gamlestølen	Anleggsveg frå Gamlestølen til mellomstasjonen
Fjellsida vest for Svanshornet (552 moh)	Zipline.
Fjellsida under/nord for Mellomstasjon - Koppen	Gondol (mastepunkt).
Lokale brattskrentar i terreng mellom vest/nordvest for Gamlestølen	Anleggsveg langs eksisterande veg opp til Molværsvatnet.
Fallhammaren	Anleggsveg langs eksisterande veg mot Rollonhytta.

6.1.1. Vurdering av losnesannsyn og utløp

Følgande tilhøve har innverknad på vurderinga av mogleg skredfare for området generelt:

- **Tidlegare hendingar:** Det er ikkje registrert tidlegare steinspranghendingar innanfor kartleggings- eller påverknadsområdet i NVE sin skredhendingsdatabase (NVE, u.d.). Det ligg mykje blokker i nedkant av både Rundehornet, Svanshornet og Vardane. Kor stor del som skuldast nedfall er usikkert. Lausmassedekket er i nasjonal lausmassedatabase angitt som morenemateriale eller som bart fjell med innslag av morenemateriale. Det ligg blokker i nedkant av lokale skrentar i kartleggingsområdet.
- **Berggrunn og oppsprekking:** I områder der terrenghellinga er større enn 45 grader, er det gneis som er hovudbergart. Bergmassen framstår med ulik grad av oppsprekking. Skildrast spesifikt for kvart av dei identifiserte losneområda.
- **Observasjonar:** Det er observert generelt lite steinsprangaktivitet i planområdet, med lite «ferske» sår i fjellsidene, og lite ferske observasjonar av steinsprangblokker på synfaring eller i ortofoto.

Følgande generelle tilhøve har innverknad på utløpet for eventuelle nedfall:

- **Terrenghelling:** Erfaringsmessigt vil steinsprang byrje å bremse opp når terrenget vert 23° og slakare. Terrenganalyse i ArcGIS viser at mykje av terrenget er slakare enn 23°, men at terreng under brattskrentane generelt er brattare.
- **Fråvær av skog**: Det er fråvær av skog omkring og/eller nedanfor storparten av områda med terrenghelling over 45°. Unnataket er like over Gamlestølen, der det er lauvskog kring losneområda. Nærvær av skog ventast likevel ikkje å ha bremsande verknad på eventuelle steinsprang, då det er lauvtre som utgjer skogen og desse har avgrensa tjukkleik på trestammane. Ortofoto viser spreidd skog.
- **Fråvær av opne svaberg:** Det er ikkje registrert tydelege sva med fallretning nedover i terrenget. Det ventast i lita grad å vere flater som mogleggjer flogstein i området. Bergblottingar i terreng under Rundehornet i hovudsak nær horisontale.
- **Terreng i utløp:** Nedanfor både Svanshornet, Rundehornet og Vardane ligg det ein del blokker. Desse vil kunne ha stor bremsande effekt på blokker som er av mindre storleik, men ikkje i mindre grad på større blokker.
- **Grunntilhøve:** Det er mykje torv og myrterreng i planområdet. Desse har generelt god bremsande effekt på eventuelle steinsprangblokker.

Argumentasjon for vurdert losnesannsyn og vurderte utløp for kvart av dei identifiserte losneområda er presentert i underkapittel nedanfor. I vurderinga, er det for å få eit inntrykk av spreiing av blokker og maksimale utløp, nytta empirisk og dynamisk modellering som supplement. Modelleringa syner utløp nedanfor dei markerte brattskrentane i området. Det visast avsnitt 5 for gjennomgang av modellering, medan relevante resultat presentert fortløpande i underkapitla.

6.1.1.1 Vardane

Øvre delar av nordsida av Vardane er bratt nok til å fungere som losneområde for steinsprang. Det vurderast på bakgrunn av observasjonar og modelleringsresultat at storleiken på losneområdet for steinsprang og difor også utløpslengder er underestimert i aktsemdkart for steinsprang. Figur 6-2 viser eit bilete frå Vardane teke på synfaring.



Figur 6-2: Bilete av Vardane

Losnesannsyn

Oppsprekkinga er moderat for dei eksponerte delane av Vardane si nordside. Det er observert tre sprekkesett. Store delar av skråninga dekka av mose, forutanom det brattaste delane. I moselaget ligg det ein del lause blokker. I kor stor grad desse stammar frå steinsprang er usikkert.

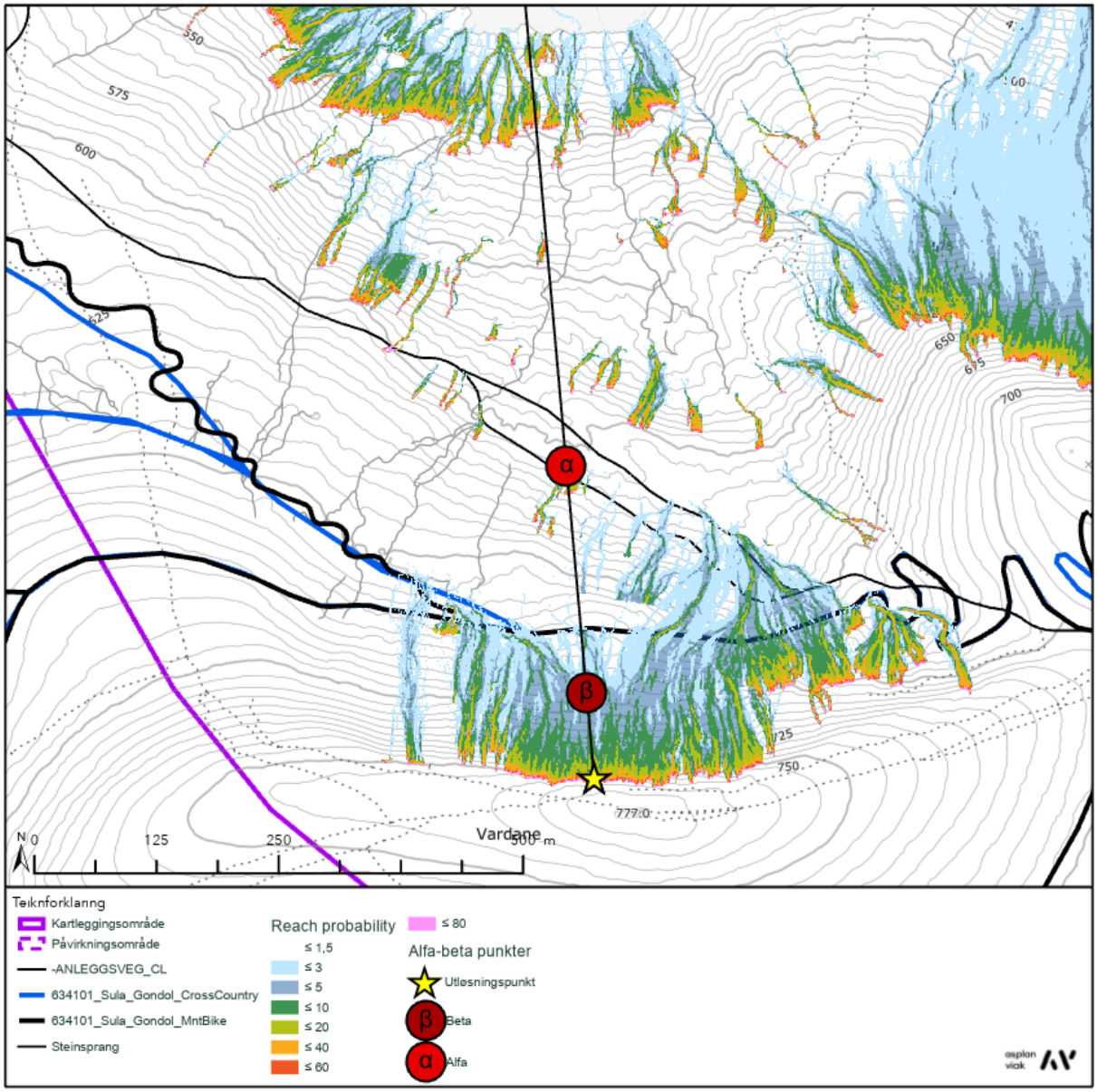
Det er ikkje observert ferske utfallsområder eller ferske blokker under synfaring, sjå Infopunkt 13 i Tabell 5. Dette tyder at det er eit lite aktivt losneområde.

Generelt for Vardane vurderast losnsannsynet samla til å vere større enn 1/100.

Utløp

Ur/ samling av blokker sjåast i nedkant av dei mest markerte losneområda i fjellsida.

Dette gjeld både utløp med losneområde opp mot toppen av Vardane, og mindre skrentar nærare traseen. Øvst mot Vardane er utløpa nær parallelle, på bakgrunn av at mikroterrenget er utan markerte gjel/forsenkingar. Ved ca. 700 moh sjåast ei dreiing av blokker grunna ryggar og forsenkingar. Utløpa er lengst mot aust langs Vardane.



Figur 6-3: Utsnitt frå modellresultat for steinsprang under Vardane

6.1.1.2 Svanshornet

Losnesannsyn

Oppsprekkinga i fjellsida opp mot Svanshornet vurderast å vere moderat til tett i eit avgrensa område like nord for toppunktet ved 552 moh, basert på observasjonar frå avstand og ortofoto. Det ligg ein god del blokker i terrenget, som potensielt kan losne/remobiliserast. Losnesannsynet vurderast her til å vere større enn 1/100.

Langs ryggen mot Rundehornet er områder er områder med bart fjell avgrensa til dei øvre svært bratte delane av ryggformasjonen. Desse framstår klart mindre oppsprukke enn lengder nordaust, og ligg primært langs eit steilt sprekkesett. Det er særs få blokker nedkant av ryggen, noko som tyder på lite aktivitet. Sjå Figur 6-4 og infopunkt 8. 9 og 10 i Tabell 5. Losnesannsynet vurderast her til å vere lågare enn 1/100, men større enn 1/1000.



Figur 6-4: Utsnitt frå 3D visning i NorgeIBilder.

Utløp

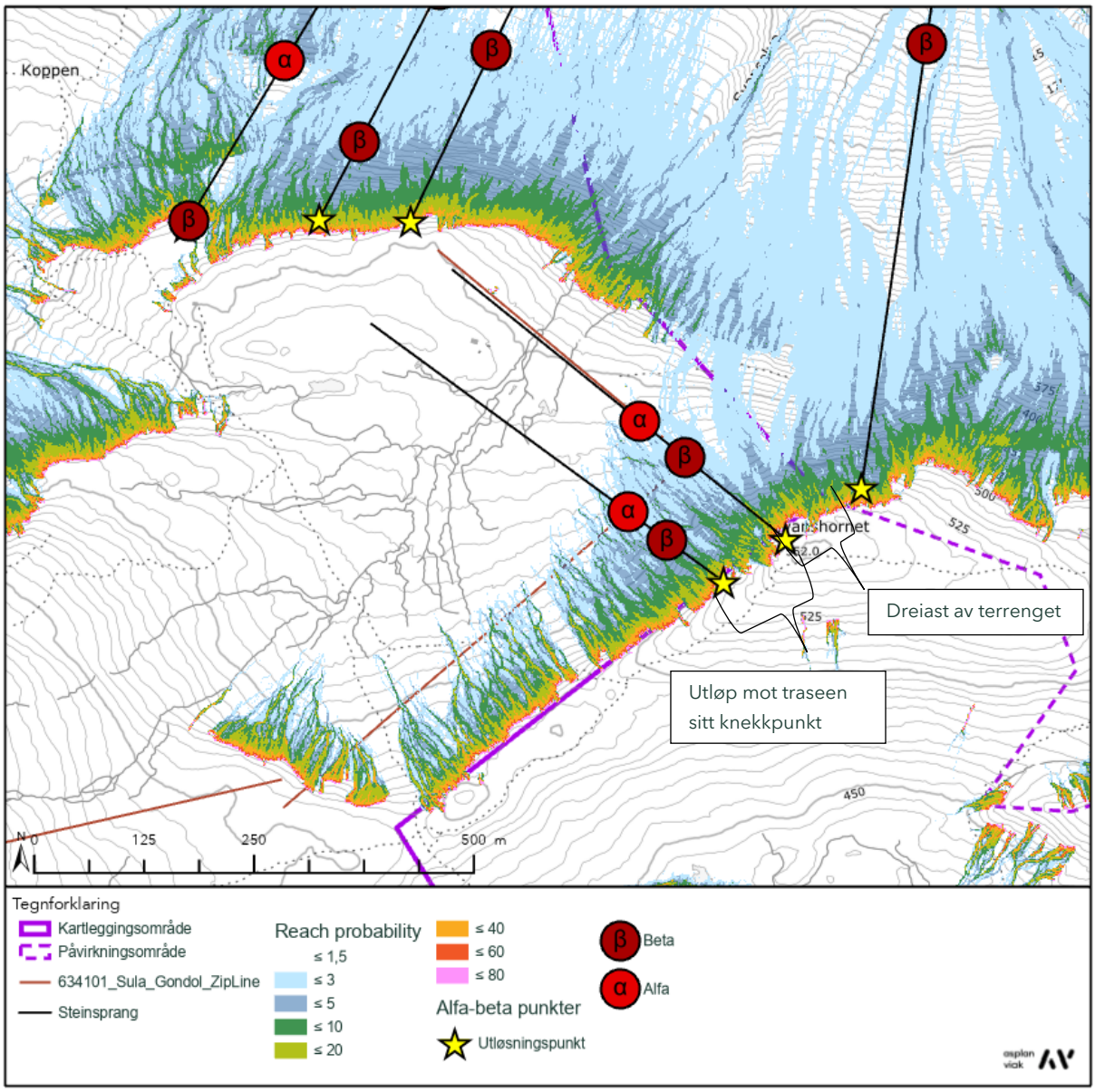
Terrenget under brattskrentane langs den sørvest-nordaust orienterte ryggen opp mot Svanshornet har svake, parallelle søkk i mikroterrenget, men er generelt utan markerte nedsenkingar/gjel. Det ventast difor at eventuelle nedfall i liten grad vil dreiast av terrenget.

Nærast knekkpunkt i zipline-traseen er det større variasjonar i mikroterrenget. På bakgrunn av to ryggar, ventast det at blokker vil dreiast i terrenget. Blokker opp mot Svanshornet sitt høgaste punkt frå nordleg retning ventast delvis å dreiast mot nord, vekk i frå ziplinetraseen sitt knekkpunkt, sjå Figur 6-3. Losneområder nordvest og vest for toppen har utløp mot knekkpunktet.

Særleg i nedkant av ryggen som har retning mot Rundehornet, er det mykje mose og lyng i nedkant av brattskrentane. Lausmassane ventast å ha ei dempande effekt på eventuelle utløp.

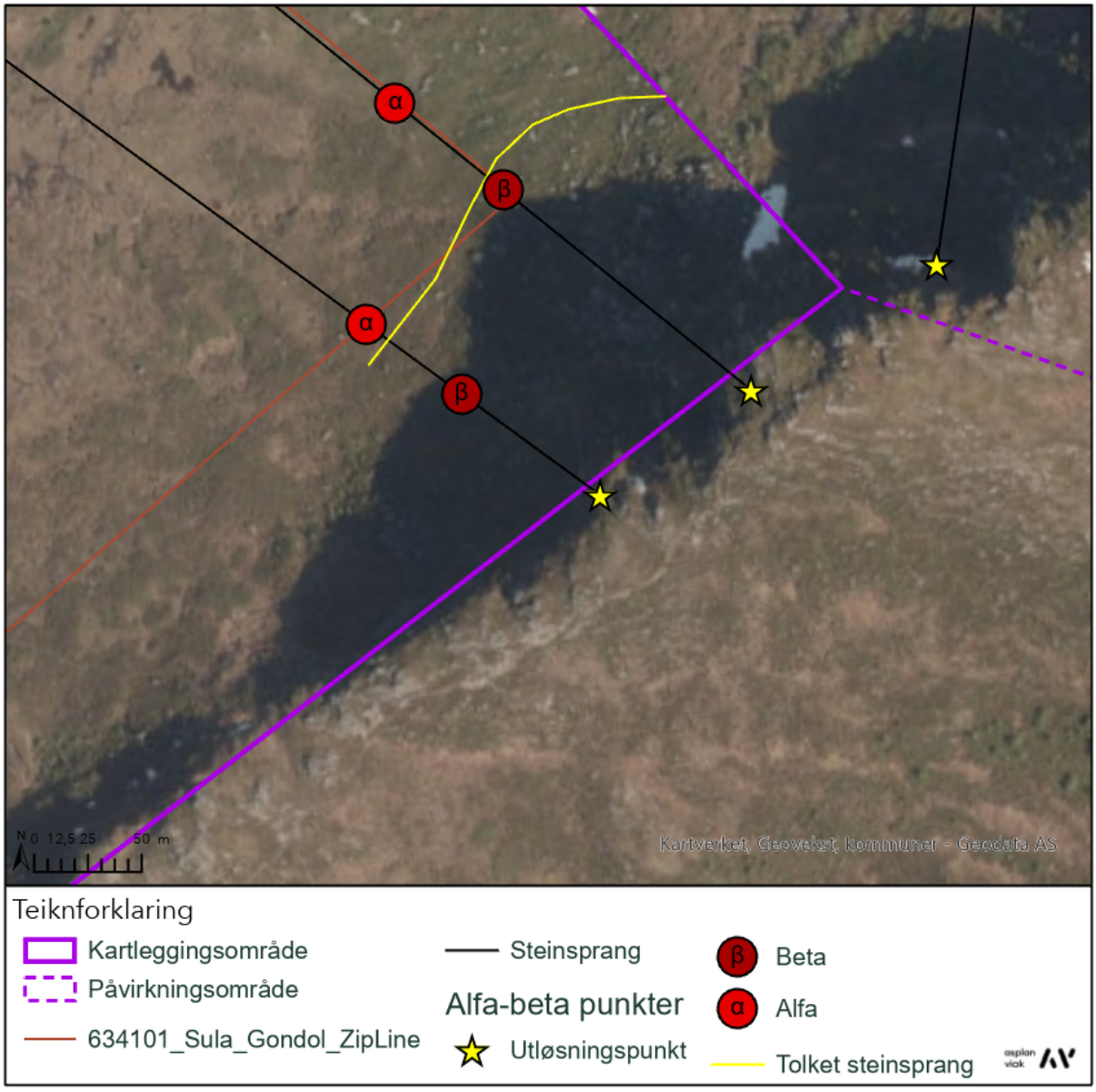
Modelleringsresultat

Modelleringsresultat frå Rockyfor3D viser avsettingar forbi knekkpunkt i zipline-traseen og «reach probability» over 3%. Empiriske utrekningar med alfa-beta metoden samsvarar med dynamiske simuleringar.



Figur 6-5: Nærkart for steinsprangmodellering ved Svanshornet.

Modellen viser lenger utløp enn observerte blokker i terreng på synfaring og ortofoto. Det er ikkje teikn til at blokker i nedkant av brattskrenten er ei aktiv ur, med hyppige utfall. Modelleringsresultata vurderast på bakgrunn av dette som noko konservative i området. Observasjonar av blokker er i større grad enn modelleringsresultat vektlagt i vurderinga av utløp.



Figur 6-6: Resultat frå alfa-beta metoden presentert over ortofoto ved Svanshornet.

6.1.1.3 Terreng over Gamlestølen

Losnesannsyn

Vertikale brattskrentar mot toppen av Rundehornet

Det er berre mindre områder som er bratte opp mot Rundhornet. Det er ur nedanfor skrentane ned til ca. 550 moh i fjellsida, og spreidde blokker ned til flate like aust for hytter på austsida av Molværsvatnet. Oppsprekkinga vurderast å vere moderat for dei

eksponerte delane av Rundehornet si nordside. Det er observert tre sprekkesett, og oppsprekkingsgrada er moderat. Losnesannsyn vurdert større enn 1/1000.

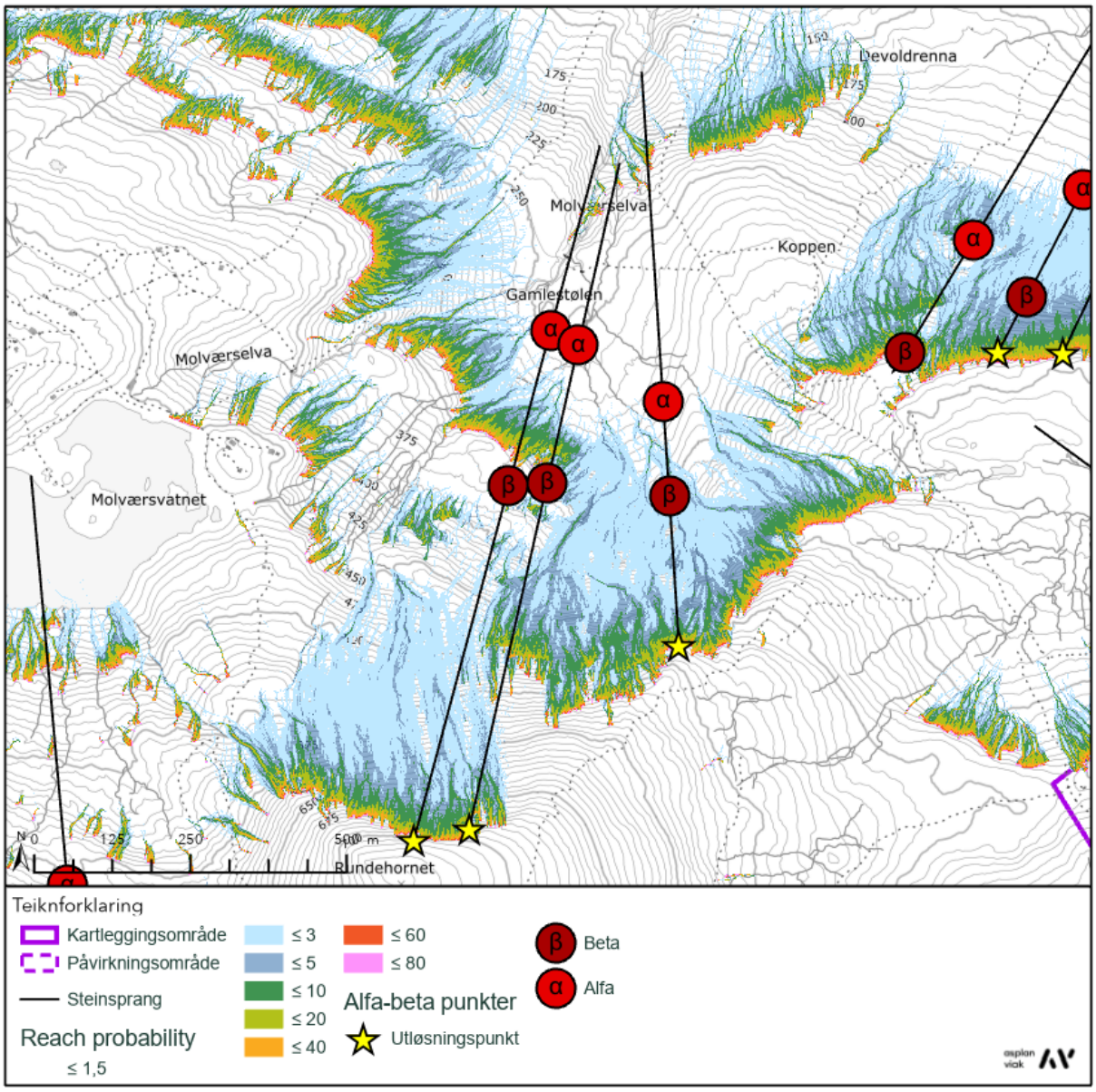
Brattskrentar i forsenking/skålform langs rygg

Brattskrenter på nordsida av rygg mellom Infopunkt 7 og 11 (sjå kapittel 4), samt under 350 moh. i terreng like sør for Gamlestølen, er av større høgdeskildnad og framstår med moderat oppsprekking. Det vurderast å vere størst sannsyn for utfall i forsenking/skålform her. Her er det større samanhengande områder med bratt terreng (>45 grader), og oppsprekkingsgrada er større enn øvre brattskrentar. Særleg eit steilt sprekkesett er framtredande. Losnesannsyn vurdert større enn 1/1000. Det er derimot ikkje teikn til blokker/ur ut på flate, noko som vitnar om lite aktive skrentar.

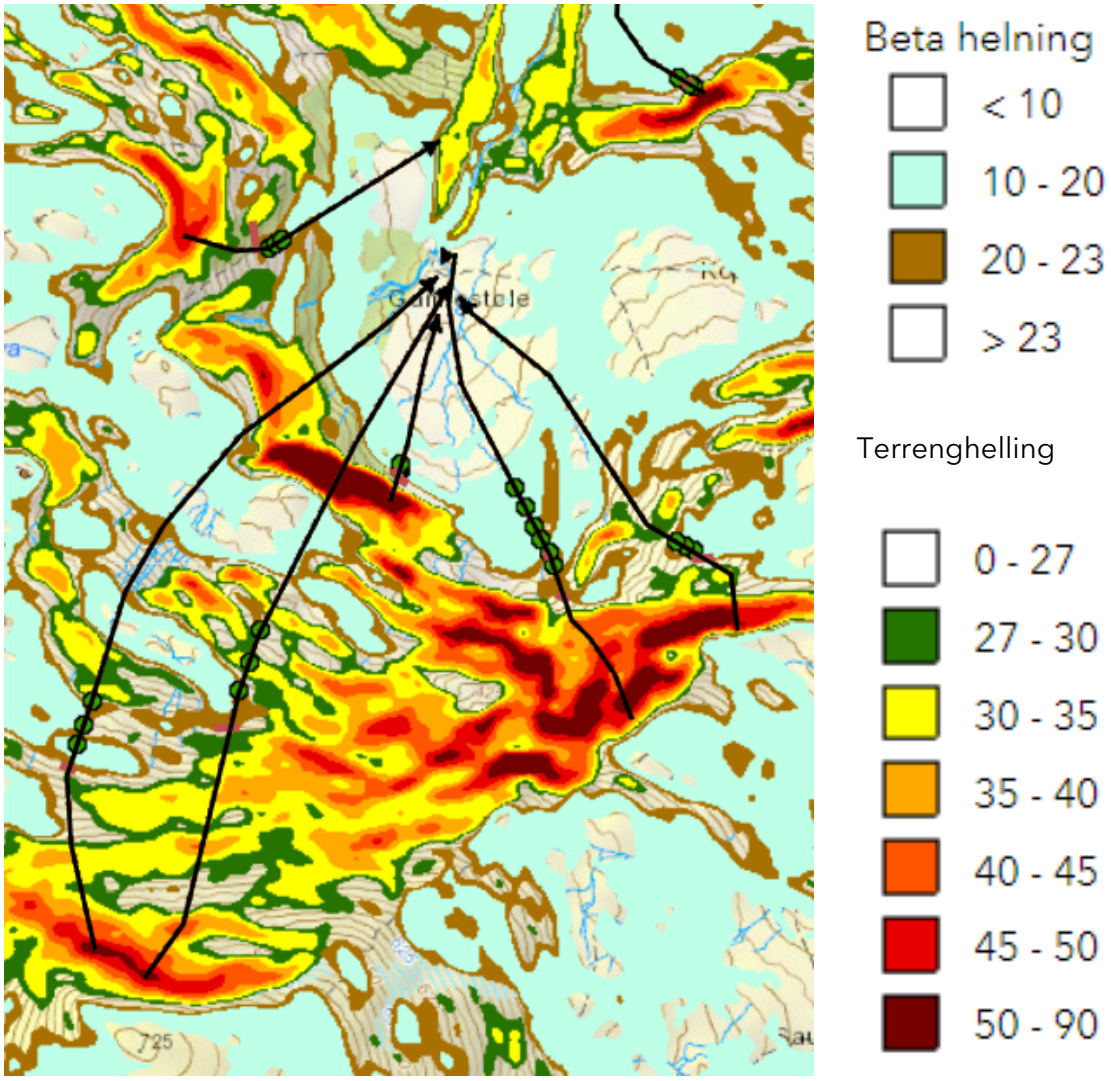
Utløp

Det ligg mykje kanta blokker i nedkant i overgangen mellom fjellside og flate under skrentane heilt øvst mot toppen av Rundehornet. Dette vurderast å vere steinsprangavsetningar. Spreidde blokker utpå flatene er vurderte til å vere moreneblokker. På bakgrunn av bratt terreng i området, vurderast det at nedfall kan få lange utløp før dei vil bremsast naturleg i terrenget. Dette vil avhenge av retninga på utløpet, ettersom det i parti mellom Molværsvatnet og Gamlestølen også er terreng med helling under 23 grader.

Dynamiske simuleringar så vel som empiriske utrekningar viser lange utløp frå Rundehornet, samt brattskrentar langs rygg mellom Rundehornet og Koppen (Figur 6-7). Eventuelle steinsprang stoppar imidlertid relativt raskt i nedkant av brattskrentar ved ca. 350 moh grunna tilnærma flatt terreng. Alfa-beta utrekningane i området vurderast å vere konservative, då dei i lita grad tek omsyn til terrenget si dreiing av blokker i området. Modellering med steinspranglinjer tilpassa terreng, viser betre samsvar med dynamiske modelleringar (Figur 6-8).



Figur 6-7: Steinsprangmodelleringsresultater for terreng over Gamlestølen.



Figur 6-8: Alfa-beta utrekning med steinsprangbaner tilpassa terreng.

6.1.1.4 Brattskrentar mellom mellomstasjon ved 414 moh og Koppen

Losnesannsyn

I brattskrentar mellom mellomstasjonen ved 414 moh og Koppen, ligg skrentane i stor grad langs eit sprekkesett som er glattskurt og har fall med terrenget. Andre sprekkesett er lite markerte i området, og oppsprekkingsgraden er generelt liten. Terrenget som heilheit har ei hyllete utforming med slake parti mellom brattskrentane med avgrensa høgde.

I øvre delar er det enkelte parti som framstår meir oppsprukke og det ligg blokker i nedkant av parti med berg i dagen. Bergmassen er grovblokkig og skrentane har låg høgd.

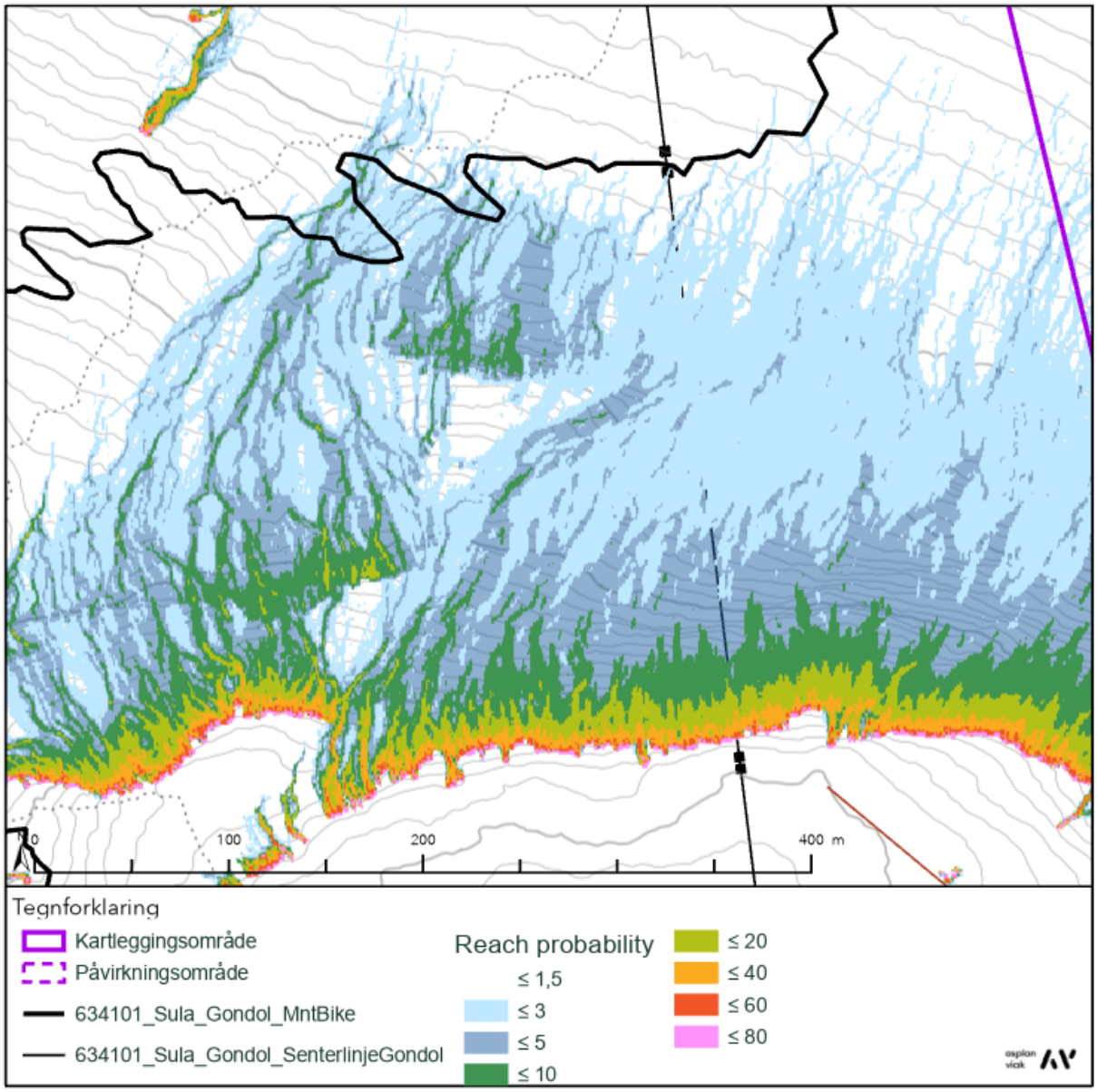
Losnesannsynet vurderast å vere større enn 1/1000 men mindre enn 1/100. I øvre områder med terrenghelling > 45 grader, vurderast losnesannsynet å vere større enn 1/100 grunna høgare oppsprekkingsgrad.

Utløp

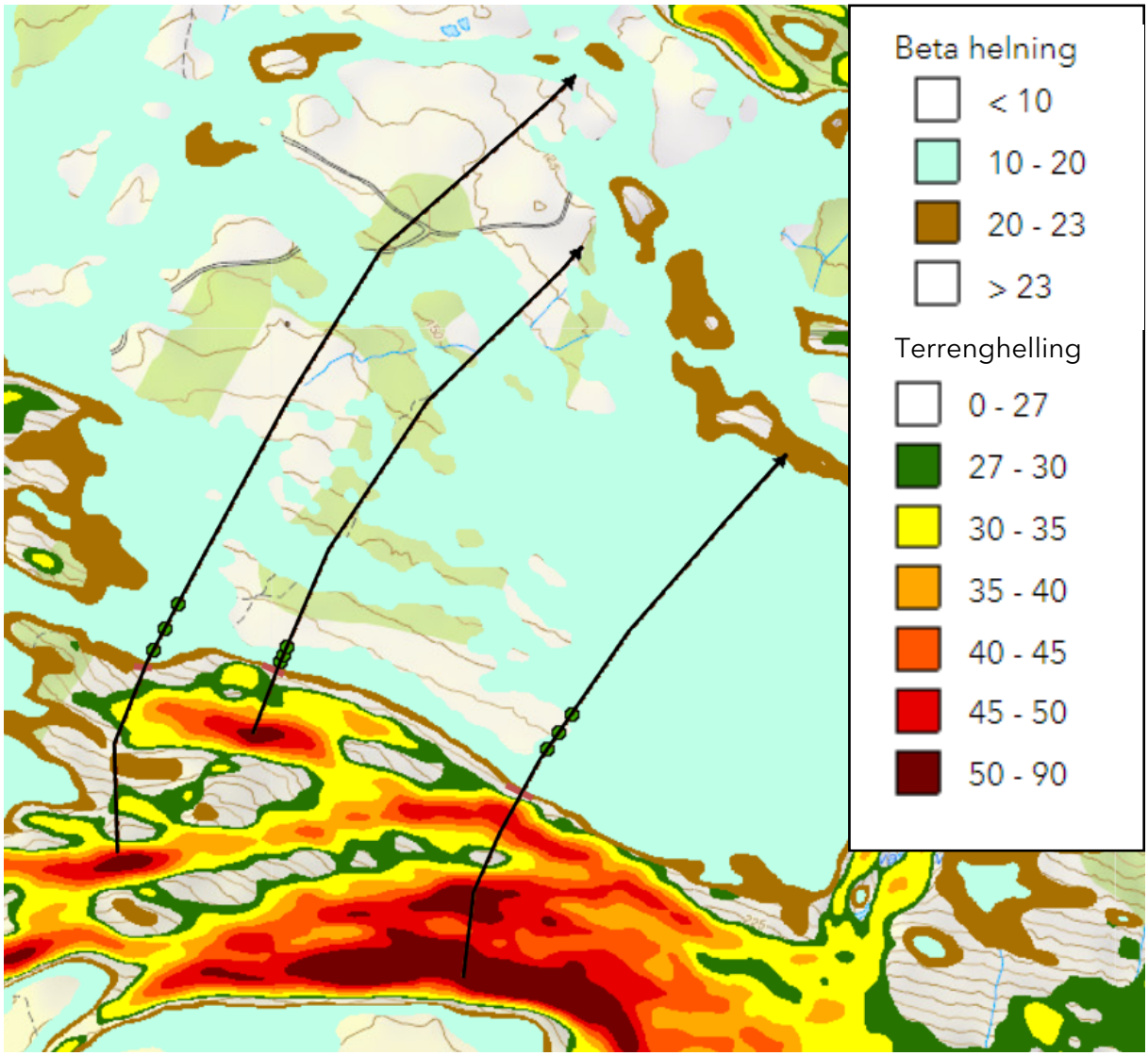
Simuleringar viser i overkant av vurderte mastepunkt ei dreiing av blokker mot aust, grunna slakare parti mellom brattskrentar med fall mot aust. Det er difor eventuelle blokker som losnar sørvest for mastepunkta som vil ha potensial til å nå mastene.

Modelleringsresultat viser avsettingar forbi mastepunkta og «reach prpbability» mellom 1,5-3,0 ved øvre mastepunkt.

Modellering i Rockyfor3d viser at enkelte utløp når ut til mastepunkta nærast brattskrentane. Nedanfor heile partiet består lausmassane av myr og mjuk mose/vegetasjon, som ventast å ha særs god dempingseffekt på evt. blokker, høgst truleg mykje større enn det modelleringa tek omsyn til. Observert ruheit i området er i tillegg større enn dei automatiske verdiane i modelloppsettet. Vidare, er det ikkje observert steinsprangblokker på myrområdet. På bakgrunn av desse forholda, vurderast modelleringsresultata å vere for konservative for området. Det ventast at eventuelle blokker vil stoppe raskt i myrområdet. Modellering med alfa-beta metoden viser klart kortare utløpslengder enn Rockyfor3d i området. Dette samsvarar i større grad med observasjonar, men vurderast framleis å vere noko konservativt i høve observasjonar.



Figur 6-9: Utsnitt frå modelleringsresultat ved mastepunkt for gondol i nedkant av brattskrentar mellom mellomstasjonen og Koppen.



Figur 6-10: Alfa-beta utrekning med steinspranglinjer tilpassa terreng.

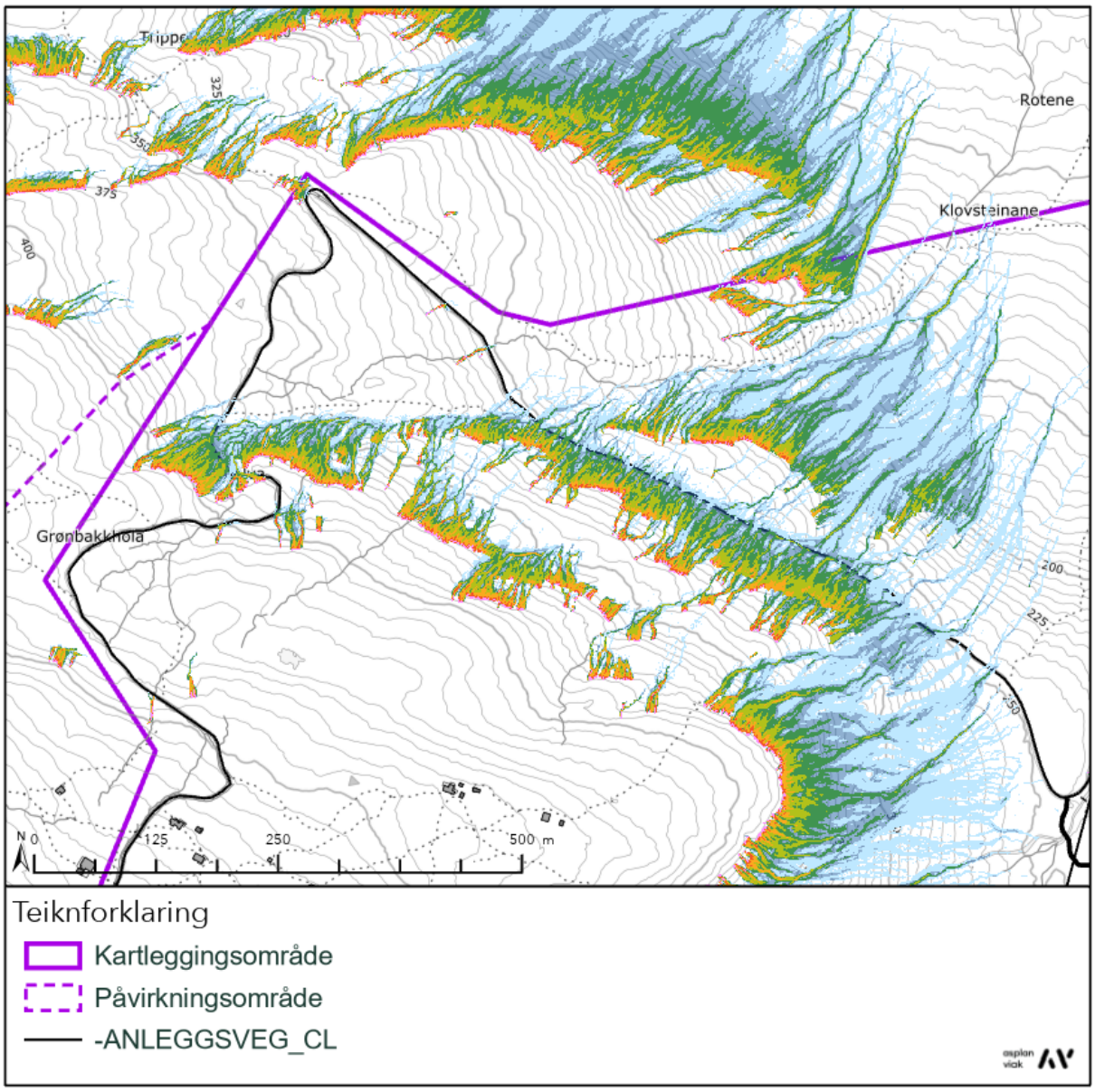
6.1.1.5 Terreng nordvest for Gamlestølen

Losnesannsyn og utløp

I terreng nordvest for Gamlestølen utgjer lokale brattskrentar nær eksisterande veg potensielle losneområder for steinsprang. Høgder på skrentar er i hovudsak små, slik at moglege utfall vil få låg startenergi og kortare utløp. Oppsprekkingsgrad er vurdert låg, stadvis moderat. Losnesannsyn er konservativt anslått til å vere større enn 1/100, ettersom kun nokre av skrentane vart vurdert i terrenget.

I nedkant av brattskrentane er antatt god bremseeffekt i underliggande terreng grunna høg ruheit og mose/gras. Det er ikkje observert ferske utfall med utløp til eksisterande veg.

Modelleringsresultat vurderast å vere noko konservative i området.



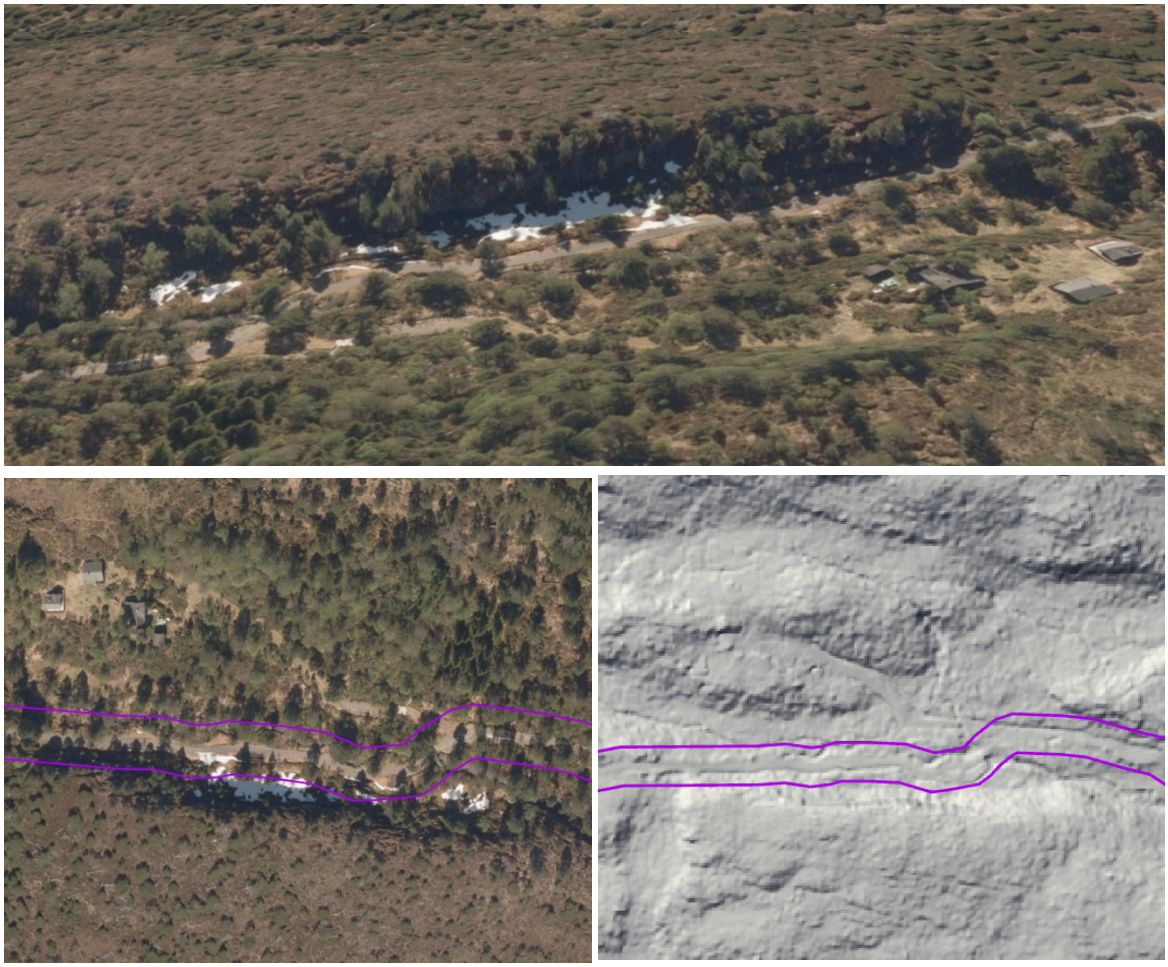
Figur 6-11: Modelleringsresultat frå Rockyfor3D. Modelleringsresultat vurderast å vere noko konservative.

6.1.1.6 Tilkomstveg til Rollonhytta

Losnesannsyn

Nordsida av Fallhammaren utgjer losneområde for steinsprang. Brattskrenten, som har ei høgde på ca. 10 meter på det meste, anslåast basert på ortofoto (2D og 3D) og observasjonar av andre losneområder i planområdet, å ha eit losnesannsyn større enn 1/1000.

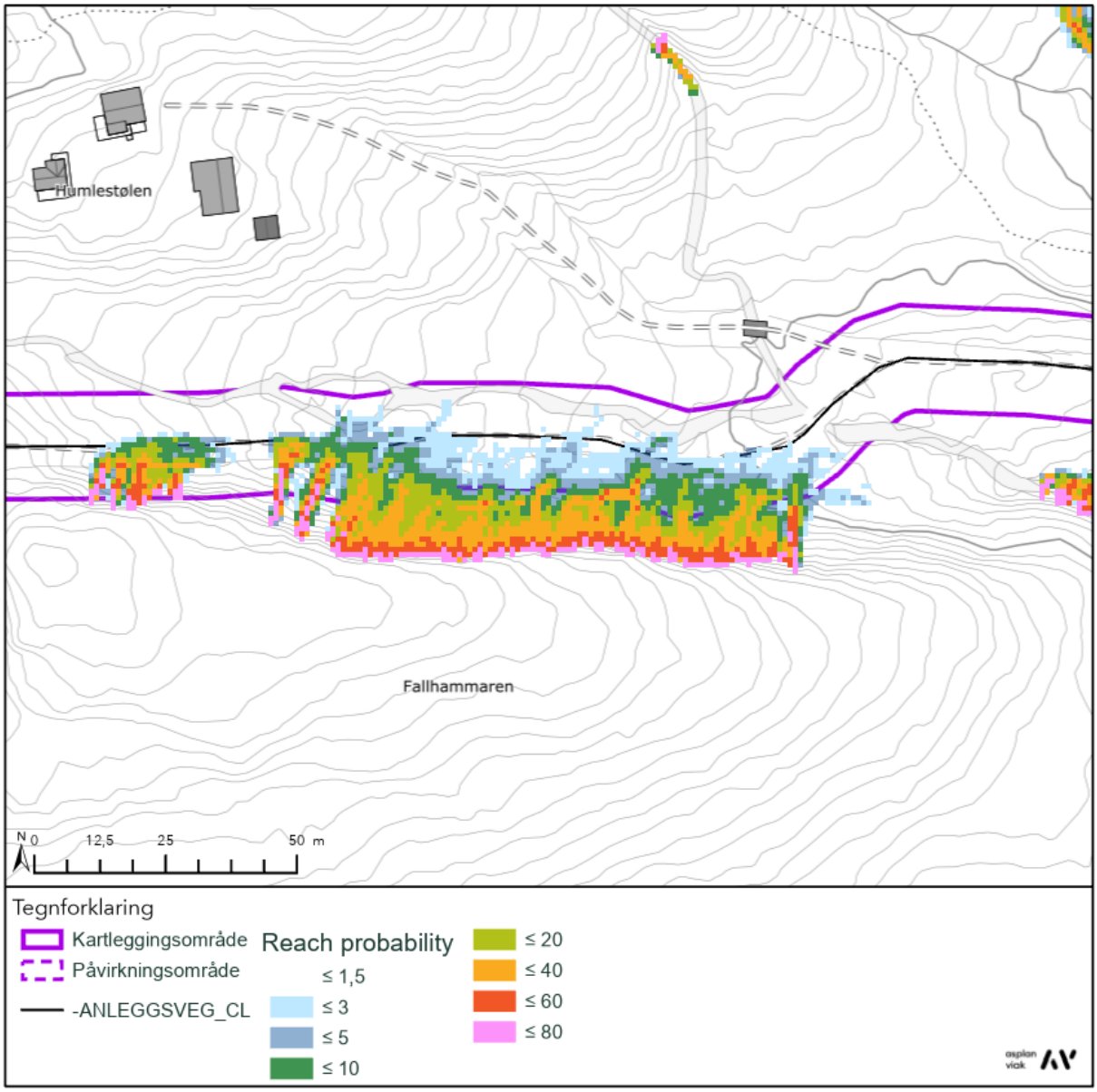
Figur 6-12 under viser utsnitt frå ortofoto og skuggerelieff for området ved Fallhammaren.



Figur 6-12: Utsnitt fra ortofoto/skyggerelieff ved Fallhammaren.

Utløp

Modelleringsresultat viser på delar av strekninga utløp som går forbi skissert veg.



Figur 6-13: Modelleringsresultat for brattskrent ved fallhammaren.

6.2. Steinskred

I høve NVE sin rettleiar, kan fjellsider og skrentar brattare enn 45° gi fare for steinskred – så lenge skråninga har områder med bart fjell eller usamanhengande lausmassedekke. I tillegg må aktuelt losneområde for steinskred vere stort nok til at volumet av eit utfall vil kunne klassifiserast som steinskred. Ved terrenganalyse og gjennomgang av grunnlagsmaterialet, er det ikkje identifisert strukturar i berggrunnen som indikerer fare for utgliding av bergmassar tilsvarande ein storleik lik steinskred:

- NGU arbeidar med ei oversikt over moglege ustabile fjellparti over heile landet. Kartleggingsområdet er i stor grad ikkje kartlagt med omsyn til ustabile fjellparti som kan true kartleggingsområdet. Vardane og Svanshornet ligg innanfor kartlagt område. Her er det ikkje identifisert ustabile fjellparti.
- NGU sin kartteneste InSAR presenterer deformasjonar i landskapet kartlagt frå radarmålingar frå satellittar (radarinterferomertri). Metoden kan detektere ustabile fjellområde. Basert på føreliggande målingar frå kartleggings- og påverknadsområdet, er det ikkje teikn til signifikant rørsle av større volum. Det er teikn til noko deformasjon i terrenget mellom Gamlestølen og Koppen, men her er terrenget i hovudsak under 25 grader.

Basert på tilhøva presentert ovanfor, vurderast ikkje steinskred å vere ein aktuell skredprosess i området. Sannsynet for steinskred som kan nå kartleggingsområdet vurderast å vere i storleiksorden mindre enn 1/5000 per år, grunna vurdert losnesannsyn mindre enn 1/5000.

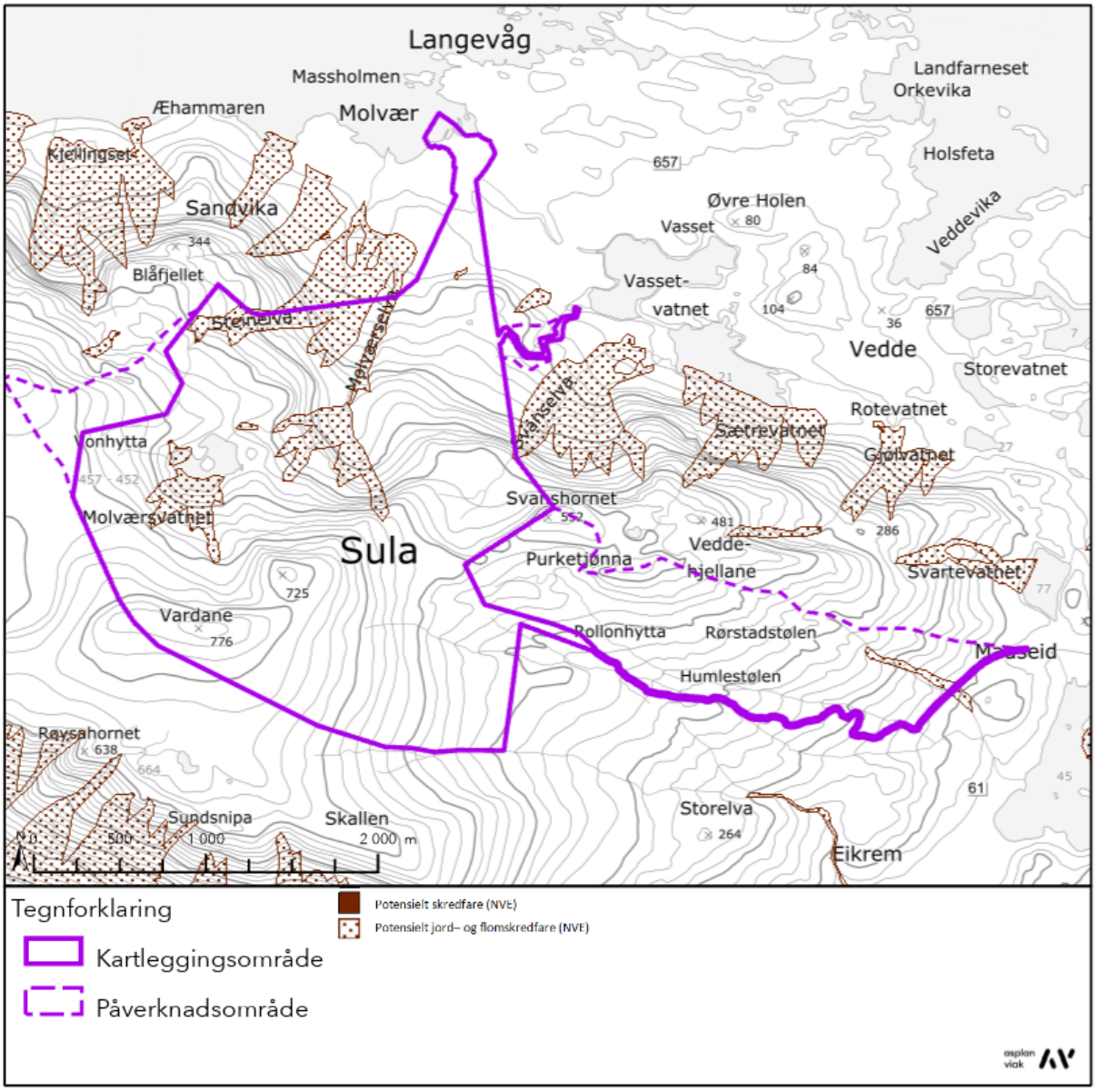
6.3. Jord- og flaumskred

6.3.1. Innleiande vurdering jordskred

I høve NVE sin rettleiar kan terreng brattare enn 20° fungere som losneområde for denne typen skred, så lenge det er lausmasser i skråningane. Tilsvarande er alle forsenkingar og bekkeløp som kan samle vatn og som er brattare enn 15° rekna for å gje fare for flaumskred. Jord- og flaumskred vurderast basert på følgande tilhøve, som ein aktuell skredprosess i området:

- **Aktsemdområder:** Delar av kartleggingsområdet er dekka av aktsemdområder for jord- og flaumskred, sjå Figur 6-14. Langs Molværselva og Steinelva, samt mindre elver/bekkar som går inn i desse, er det i aktsemdkart angitt fleire utløpsområder for mellomstore flaumskred.
  Terrenghelling: Større delar av kartleggingsområdet er brattare enn 20° og kan teoretisk sett dermed fungere som losneområde for lausmasseskred basert på hellingsgrad. Enkelte av elvene dannar markerte søkk i terrenget.
- **Lausmassar:** Det er moreneavsettingar i områder med terrenghelling over 20°. Varierande mektigheit. Det morenemassar og mykje myr i planområdet. Det er godt vegetert med låg vegetasjon i overflata noko som gir ein bindande effekt på lausmassane.

- **Tilgjengelege lausmassar for medriving:** Utgliding av bratte skrentar inn mot elv, representerer lausmassar som kan medrivast i eventuelle skred.
- **Observasjonar:** Feltobservasjonar og terrengmodell, ortofoto og skuggerelieffkart indikerar generelt lite spor etter etter tidlegare utglidingar eller avsetningar som tyder på jordskredaktivitet og det er ikkje observert pågåande erosjon eller utvasking generelt i planområdet i lausmassedekket i fjellsida. Det vurderast at lausmassedekket er aklimatisert for kraftige nedbørshendingar ettersom vi ser lite spor etter jordskredhendingar. Unntak er langs Molværselva.



Figur 6-14: Aktsemdkart for jord- og flaumskred. Det er ikkje aktsemdsoner for jord- og flaumskred kring gondolbana eller ziplinen. Aktsemdsoner er avgrensa til terreng ved Molværsvatnet, primært på sørvestsida,

Molværselva, rundt mindre elver under Rundehornet som drenerer mot Molværselva og nordre delar av kartleggingsområdet. Ei avgrensa strekning langs anleggsveg til Rollonhytta fell innanfor aktsemdområdet.

6.3.2. Vurdering av losnesannsyn

Følgande generelle tilhøve har innverknad på vurderinga av mogleg skredfare i området:

- **Ingen tidlegare hendingar:** Det er ikkje registrert tidlegare jord- eller flaumskred i eller i nærleiken av kartleggingsområdet i NVE sin skredhendingsdatabase (NVE, u.d.).
- **Skog:** Størstedelen av kartleggings- og påverknadsområdet er utan skog. Berre område med samanhengande dekke av moreneavsettingar er skogdekt.
- **Elve- og bekkeløp:** Det er fleire elve- og bekkeløp innanfor kartleggingsområdet.

På bakgrunn av ovanfornemnde forhold, er potensielle losneområder for jord- og flaumskred avgrensa til områder presentert i Tabell 9. Tabellen presenterer også aktuelle tryggleikskrav som er gjeldande i område, med tilhøyrande kommentar der dette er funne naudsynt for argumentasjon.

Tabell 9:Samanfatting av potensielle losneområder for jord- og flaumskred innanfor planområdet.

Potensielt losneområde	Konstruksjon/bruksområde i dreneringsretninga	Tryggleikskrav og/eller kommentar
Steinelva og omliggande terreng	Anleggsveg	S1.
Molværselva inkl. dreneringsfelt	Terrengsykkel trasé. Fri-ski trasé.	S1.
Vestsida av Molværsvatnet	Ingen.	IA. Ikkje lagt opp til auka personinnhald i området.
Anleggsveg til Rollonhytta	Anleggsveg.	S1.

6.3.2.1 Steinelva

Terreng over 200 moh.

Lausmassekart viser eit usamanhengande lausmassedekke, i form av humusdekke/ tynt torvdekke, noko som avgrensar moglegheita for store utglidingar. Det tynne lausmassdekket samsvarar med hyppige bergblottingar i områder, som kan sjåast på ortofoto. Skrint dekke gir lite potensial for akkumulasjon av masser.

Terrenget har ei hylleprega utforming, med slake parti (<15 grader), avgrensa av brattskrentar (>60 grader) og/eller brattare parti (30-45 grader). Det er stor grad av samsvar mellom brattare parti og brattskrentar med berg i dagen.

Losnesannsynet vurderast på bakgrunn av tynt lausmassedekke og terrengutforming/-helling til å vere lågt, mindre enn 1/100. Mindre utglidingar kan ikkje utelukkast fullstendig, men på bakgrunn av tynt lausmassedekke vurderast det at eventuelle skred i desse områda vil gi særs avgrensa utløpslengder.

Terreng under 200 moh.

Lausmassekart viser samanhengande dekke av morenemateriale. Frå 200 moh til ca. 150 moh er dreneringsretninga til terrenget mot nordaust. Deretter dreiast terrenget mot nord, slik at Steinelva går ut av planområdet ved Klovsteinane. Området utanfor plangrensa er ikkje vurdert.

6.3.2.2 Molværselva

Molværselva, som startar ved Molværsvatnet og går heilt ned til busetnad i Langevågen, er den mest markerte av elvene i området. Både Molværselva sjølv, og områder rundt mindre elver under Rundehornet som drenerer mot den, fell innanfor aktsemdsoner for jord- og flaumskred.

Lausmassekart syner samanhengande dekke av moreneavsettingar langs Molværselva nedanfor Gamlestølen og øvst nær Molværselva. I terreng som drenerer mot elva, dvs. terreng som sjåast som ei skålform over Gamlestølen, er det angitt mektige moreavsettingar mot aust. Bart berg er angitt i eit område 300 moh. og bratt terreng opp mot Rundehornet, elles er det moreneavsettingar med liten mektigheit. Synfarings-observasjonar viser hyppige observasjonar av berg i dagen i terreng brattare enn 20 grader over 350 moh., sjå bilete under punkt 15 i Tabell 5. Tilsvarande sjåast i ortofoto frå området.

Renneformasjonen/forsenkinga opp mot ryggen til Rundehornet er markert i kartgrunnlag. Det er ikkje teikn i skuggerelieff til jordskredvifte i nedkant av gjelet. Det vurderast å vere lite sannsyn for utglidingar grunna tynt lausmassedekke og hyppige forekomstar av berg i dagen.

Nedanfor Gamlestølen

Losnesannsyn

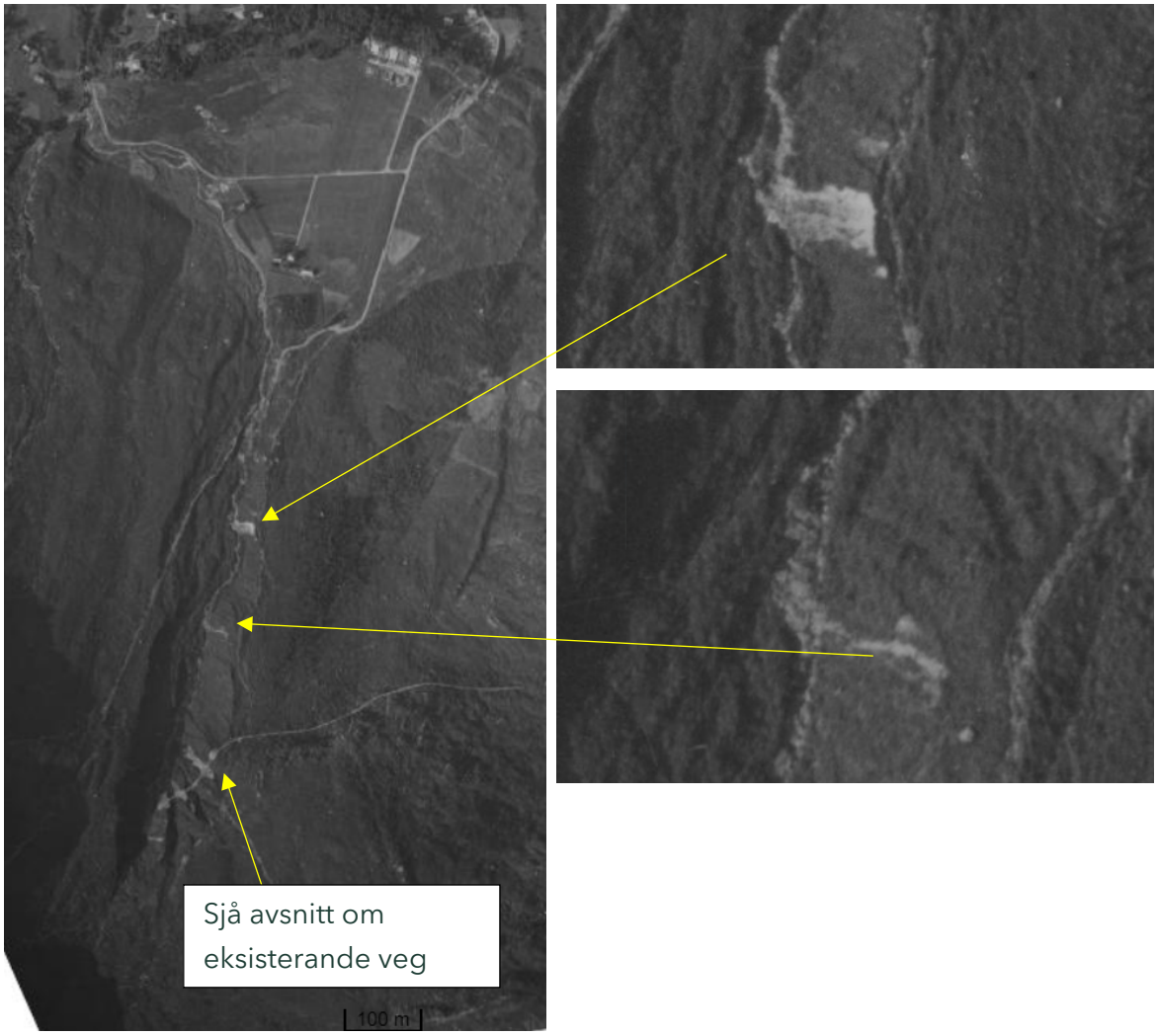
Analyse av skuggerelieffkart viser særleg nedsenking langs elva. Særleg nedanfor Gamlestølen, ligg elva i eit markert søkk med sidekantar som er 30-45 grader bratte. I nedre delar av elva, ved vasskummen, er det svakt meanderande avsettingsspor som samsvarar med definisjonen i lausmassekart som breelvavsettingar, men det er ikkje ei større vifte som kan tolkast å skuldast skredhendingar. Dette kan tyde på at løpet ikkje er aktivt som jord- og flaumskredbane.

Langs Molværselva vurderast det at mindre, grunne utglidingar i lausmassar har potensial til å tilføre noko nye løsmasser til forsenkinga i terrenget, men at eventuell tilførsel ventast å vere av avgrensa omfang. Ortofoto frå 1947 viser utglidingar frå sidekantane til elva (Figur 6-15). Tolka utglidingar lengst nede og øvst (med eksisterande veg) i terrenget, sjåast også i ortofoto frå 1968, medan den midtre så å seie er fullstendig viska ut i terrenget.

Losnesannsynet vurderast å vere større enn 1/100 i terreng inn mot Molværselva med terrenghelling 30-45 grader.

Utløp

På bakgrunn av den markerte nedsenkinga i terrenget, ventast det at skreda ikkje vil gå utover denne, dvs. at utløpet vil avgrensast til elveløpet. Det ventast ikkje at elva vil proppast opp og gje store flaumskred, pga. god plass i botn av elveløpet som tillet vatn å passere.



Figur 6-15: Utsnitt fra kart.finn.no

Ovanfor Gamlestølen, terreng skålform

Losnesannsyn

Skrint dekke gir lite potensial for akkumulasjon av masser i terreng over 350 moh. Det er stor andel av berg i dagen i terreng over 20 grader, medan det i områder der det ikkje er observasjonar av bergblottingar, er slakt terreng (<20 grader). Losnesannsynet vurderast på bakgrunn av dette å vere lågare enn 1/100 for jordskred.

Med omsyn til flaumskred, viser NIBIO sitt markfuktigheitskart, NVE sitt elvenettkart og ortofoto små, nær parallelle søkk i lausmassedekket i terreng over 350 moh. Verken ortofoto eller skuggerelieff viser teikn til massetransport i disse søkka, og det er ikkje historikk for flaumskred i området. Losnesannsynet vurderast lågare enn 1/100.

Utløp

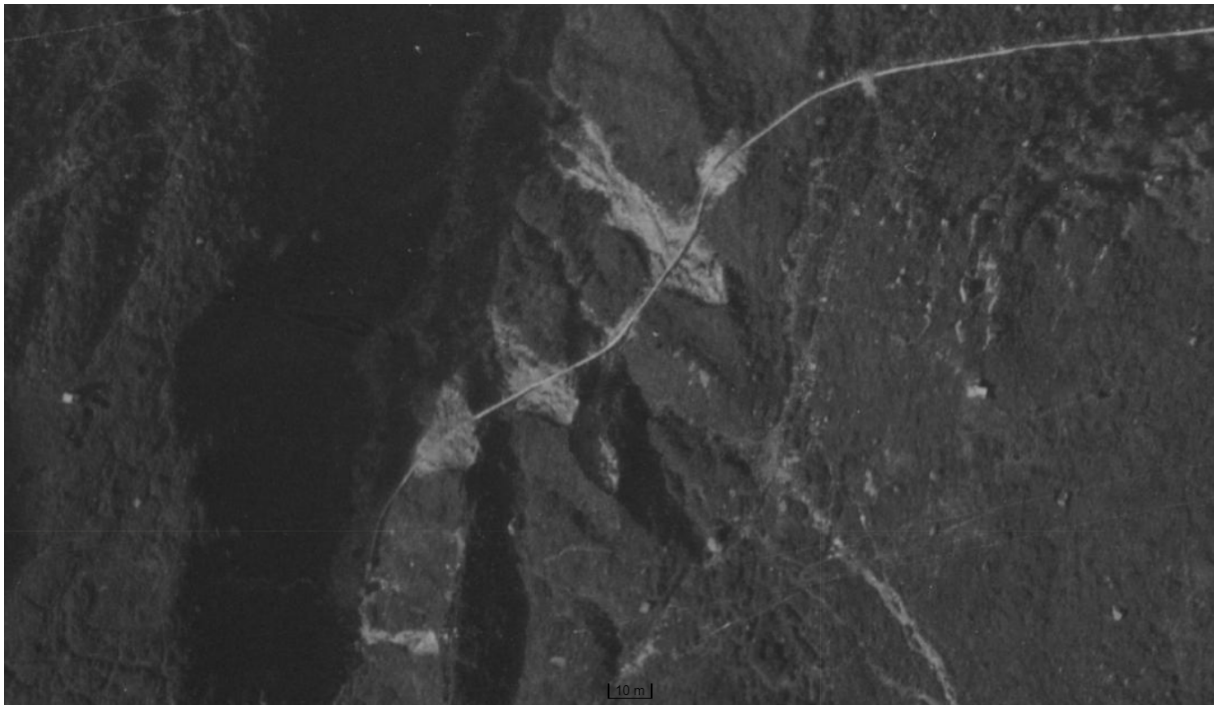
I høve skildring av den statistiske alfa-beta modellen, vil jordskred normalt bremsast ved ei terrenghelling på 20 grader. Over skissert terrengsykkeltrasé er det over 100 meter avstand med terrenghelling under 20 grader for stort sett alt overliggande terreng. Mykje av terrenget er også under 15 grader.

Ovanfor Gamlestølen, terreng langs Molværselva

Lausmassekart viser stor mektigheit av moreneavsettingar. Observasjonar av terreng (sjå punkt 12 i Tabell 5) så vel som ortofoto, viser ein stor andel større blokker i terrengoverflata. Det er ikkje spor etter tidlegare hendingar i eldste ortofoto datert 1947 eller nyare.

Langs eksisterande veg

Like aust for bru over Molværelva langs eksisterande veg, er det i historisk ortofoto frå 1947 identifisert utglidingar i lausmassane. Det er knytt usikkerheit om desse delvis skuldast menneskelege inngrep, eller er uavhengige av inngrepa. Ortofoto viser utløpslengder til botnen av elva, sjå Figur 6-16.

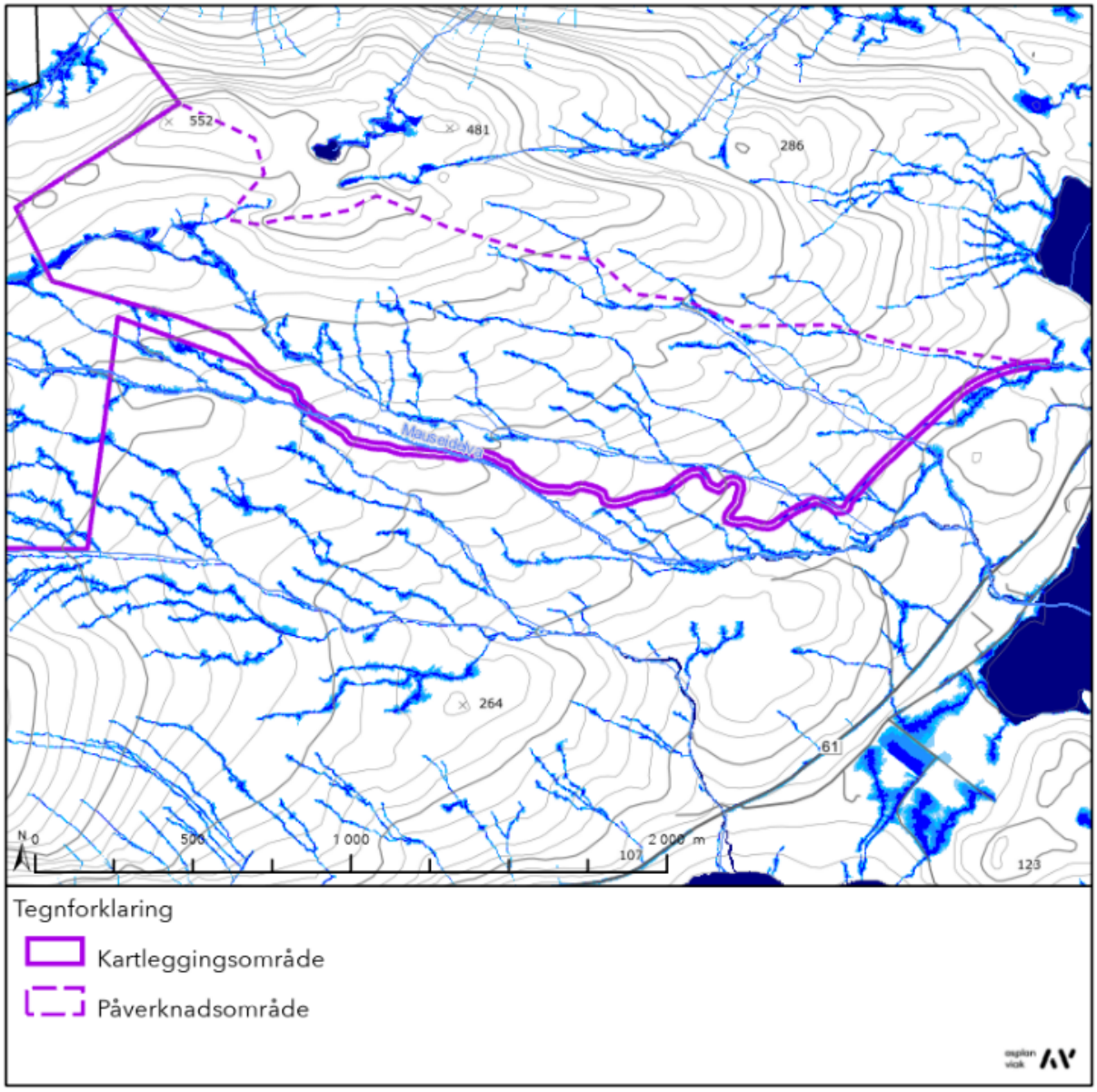


Figur 6-16: Utklipp fra kart.finn.no. Ortofoto frå 1947. Utglidingar i lausmassedekket.

6.3.2.3 Adkomstveg til Rollonhytta

Markfuktigheitskart og skuggerelieff viser at fleire dreneringsbaner passerer skissert plassering av anleggsveg. Både lausmassekart (*som angir: Humusdekke/tynt torvdekke over berggrunn: Områder hvor humusdekket ligger rett på berggrunnen. Mektigheten av humusdekket er vanligvis 0,2 - 0,5 m, men kan lokalt være tykkere. Fjellblotninger opptrer hyppig innen slike områder.*), ruheit i skuggerelieff og ortofoto tyder på eit tynt lausmassedekke frå ca. 250 moh og oppover. Terrenghellinga er i all hovudsak under 25 grader. Også lågare i terrenget er terrenghellinga låg (<25 grader). Det er ikkje spor i terrenget som kan tyde på skredhendingar, og det er skog opp til ca. 450 moh.

Ein kan ikkje utelukke mindre utglidingar av jord- og flaumskred i terreng ved tilkomstveg aust i kartleggingsområdet. Storleiken på evt. hendingar vurderast til å vere særs avgrensa. Sannsynet for at hendingane vil treffe mennesker vil vidare være særs lågt pga. avgrensa opphaldstid og låg trafikkmengde.



Figur 6-17: Utsnitt frå NIBIO sitt markfuktigheitskart.

6.3.3. Vurdering av sannsyn for at jord- og flaumskred i planområdet

Mindre utglidingar kan ikkje utelukkast fullstendig innanfor planområdet. Utløpa vurderast imidlertid til å vere små i samtlege vurderte områder.

Det er berre i Molværselva jord- og flaumskred er dimensjonerande skredtype for faresonene.

6.4. Snøskred

I høve NVE sin rettleiar er alle fjellsider og skrentar brattare enn 25° rekna for å gje fare for snøskred - så lenge snømengda i året kan overstige 0,2 meter, og det ikkje er tilstrekkeleg skogdekning i området. Snøskred vurderast basert på følgande tilhøve som ein aktuell skredprosess i området:

- **Aktsemdkart:** Kartleggingsområdet ligg delvis innanfor NVE sitt aktsemdområde for snøskred og delvis innanfor NGI sitt kombinerte aktsemdkart.
- **Terreng:** Delar av terrenget i kartleggings- og påverknadsområdet er brattare enn 25°. Hellingskriteriet er oppfylt i fleire områder.
- **Skog:** Kartleggings- og påverknadsområdet er i stor grad utan skog. Potensielle losneområder over tregrensa.
- **Snø:** Maksimal snødybde er klart over 0,2 meter.

6.4.1. Tilhøve med innverknad på snøskredfare

Følgande tilhøve har innverknad for vår vurdering av mogleg skredfare inn i kartleggingsområdet:

- **Tidlegare skredhendingar:** Det er registrert fleire snøskredhendingar innanfor kartleggingsområdet. Det er registrert fleire flakskred i nordvende skråningar, både aust for Molværsvatnet, ved Rundekornet og Vardane. Sjå avsnitt 3.6 for skildring av hendingar.
- **Terreng:** I terreng med helling 25-55° vil større mengder snø kunne akkumulerast. Terrenganalyse viser at det er store, samanhengande områder med hellingar innanfor dette intervallet i nordsida til Vardane (776 moh), Rundehornet (725 moh) og Svanshornet (552 moh). Sistnemnde har i hovudsak dreneringsretning vekk i frå kartleggingsområdet. Også over Gamlestølen er det potensielle losneområde. Mindre parti med tilsvarande helling finnast fleire stadar i kartleggings- og påverknadsområdet.
- **Vær/klima:** Ut frå temperaturdata vil nedbør stort sett komme som regn i låglandet, men ventast å kome som snø i høgda. Middelverdiar for snømengde viser at snøskred er ein aktuell skredprosess i området.
- **Vind**: Fjellsider i le for vind har generelt sett større potensial til å akkumulere snø enn fjellsider som ikkje ligg i le. Som det går fram av vindroser i avsnitt 3.5.2, er snøførande vindretning (dvs. vindretning når nedbør kjem som snø) i hovudsak frå sørvest, tilsvarande som nedbørsførande. Storparten av kartleggingsområdet

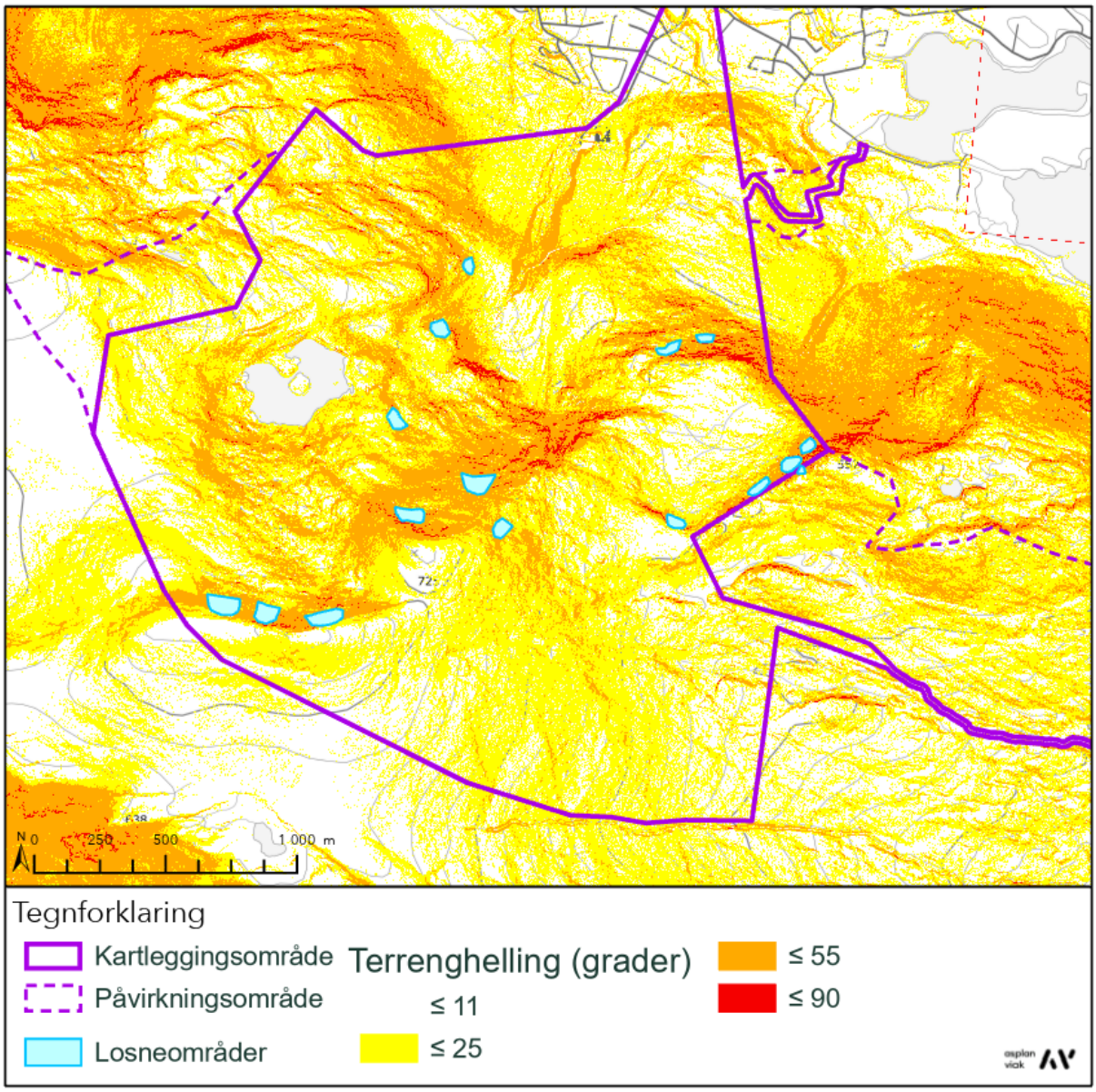
består av nordvendte skråningar. Dette betyr at terrenget delvis ligg i le for vinden, noko som er gunstig for auka moglegheit for snøansamling i terrenget. Markerte søkk/skar i terrenget kan i tillegg samle snø frå fleire retningar.

- **Akkumulering av snø:** Terrenget si evne til å samle snø er avgjerande for snøskredfare i eit område. Forutan Molværselva, har ikkje terrenget markerte forsenkingar/ skar som typisk kan akkumulere større mengder snø frå fleire vindretningar. Nordsida av Rundehornet har ei svak skålform i tillegg til ein renneformasjon.
- **Skog:** Skog, som typisk reduserer sannsynet for danning av store flakskred, er i stor grad fråverande i kartleggings- og påverknadsområdet.

På bakgrunn av ovanfornemnde forhold, er potensielle losneområder for snøskred presentert i Tabell 10. Tabellen presenterer også aktuelle tryggleikskrav som er gjeldande i område.

Tabell 10: Samanfatting av potensielle losneområder for snøskred innanfor planområdet.

Potensielt losneområde	Konstruksjon/bruksområde i dreneringsretninga	Tryggleikskrav og/eller kommentar
Vardane	Langrennstrase, anleggsveg	S1
Rundehornet	Friskitrase	S1
Koppen	Mastepunkt gondol	S3
Terreng over Gamlestølen	Anleggsveg	S1
Svanshornet	Zipline trasé	S2



Figur 6-18: Terrenghelningskart tilpasset snøskred som skredtype. Oransje farge indikerer terreng der snø kan akkumulerast og terrenghellinga er bratt nok til utløysing av snøskred. Blå polygon markerar utvalgte losneområder som er nytta i modelleringa.

6.4.2. Vurdering av losnesannsyn

Det er registrerte hendingar i området, og mangel på skog, samt terrenghelling/-retning og forsenkingar ligg til rette for akkumulering av snø.

Dei potensielle losneområda som har ei skålform og/eller er orientert slik i terrenget at det ligg til rette for tilføring av snø frå tilstøytane terreng pga. vind, vurderast å ha større losnesannsyn enn i terrenget elles. Dette gjeld øvre delar av nordsidene til Vardane og

Rundehornet, som begge ligg i le for nedbørsførande vindretning. Vardane har ei slak kurveform mot nord, medan Rundehornet har ei tydeleg skålform. Områda ligg såleis til rette for utløysing av store snøskred. Førekomsten av ur og/eller moreneblokk i nedkant av brattskrentane i topp av områda, vurderast å ha liten effekt på sannsynet for utløysing pga. store snømengder i områda. I tillegg er det historikk for utløysing av snøskred i begge identifiserte losneområda. Losnesannsynet er vurdert til å vere større enn 1/100 i skålformer nærast fjelltoppane.

Gjel i terreng nedanfor rygg mellom Rundehornet og Koppen, kan samle snø frå mange retningar. I sjølve gjelet er det brattskrentar med strøk i fleire retningar, som ventast å dele opp snødekket, slik at sannsynet for skred av same storleik som ved Vardane og Rundehornet ikkje forventast. Losnesannsynet for små snøskred vurderast å vere større 1/100. Arealet vest for gjelet har ikkje same evne til å samle snø ved fleire vindretningar, men vil ligge i le for vind frå søraust. Høvet ligg til rette for tilføring av snø frå tilstøytane terreng over ryggen. Det er samanhengande områder som har terrenghelling større enn 35 grader i området, som er terreng som dei fleste naturlege snøskred startar i (NVE, 2020). Losnesannsynet er vurdert til å vere større enn 1/100. Brattskrentar avgrensar i noko grad storleiken på potensielle skred.

Terreng ved Koppen vurderast også å ha losnesannsyn større enn 1/100. Over losneområde i området består terrenget i hovudsak av glattskurt berg, utan terrengruheit av betydning. Snø frå desse partia ventast å gli ned og samlast i terreng med helling 25 – 55 grader. Losnesannsynet er vurdert til å vere større enn 1/100.

Svanshornet har ei rett utstrekning i terrenget, samanlikna med Vardane og Svanshornet. Ved vind frå sør/søraust vil fjellsida ligge i le, men ved vind frå sørvest vil området få vinden inn frå sida. Bratt terreng i overkant av potensielle losneområder. Losnesannsynet er vurdert til å vere større enn 1/100.

Øvre terreng som på bakgrunn av terrenghelling er identifisert som potensielle losneområder, vurderast å ha eit lågare losnesannsyn. Argumentasjonen for dette er mindre emne til å samle store mengder snø pga. terrengform og vindtilhøve. På bakgrunn av historiske hendingar i den aktuelle fjellsida og/eller like tilhøve som for tidlegare skredhendingar vurderast det at losnesannsynet er større enn 1/1000 for terreng med helling 25-55 grader. For sjeldne hendingar, dvs. hendingar med stort gjentaksintervall, vil storleiken på områda som losnar vere større og forplantinga vil i større grad gå over ryggformasjonar i terrenget.

6.4.3. Vurdering av utløpslengder og sannsyn for utløp

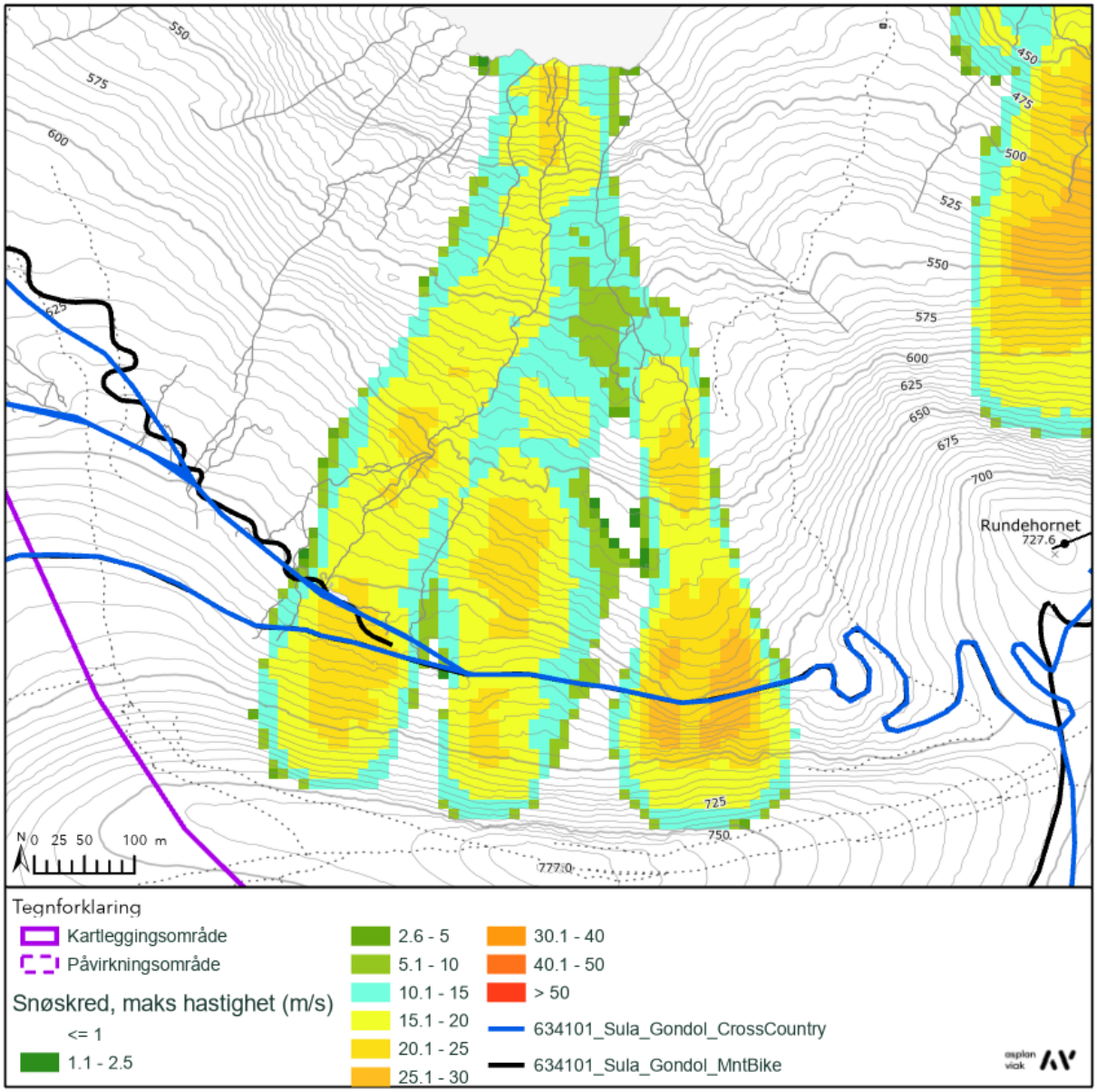
6.4.3.1 Vardane

Som det går fram over, ligg Vardane i le for nedbørsførande vindretning og har gunstig terrenghelling, og ligg såleis til rette for utløysing av store snøskred.

Det er modellert losneområde på Vardane med losneområde og flaktjukkeleik tilsvarande scenario 1/100 og 1/1000 for å sjå på utløpslengder og staumingsretningar til skredet. Modellresultata viser at hastigheita til modellerte skred er stor i terrenget ned mot Molværsvatnet og at utløpa går ut i vatnet, sjå Figur 6-19. Skredbanene dreiast i noko grad av terrenget, og utbreiinga til skredbanene for dei tre modellerte losneområda smalnar ned mot vatnet.

Faresoner for 100-års snøskred er i stor grad basert på modelleringsresultat for 100-års scenarioet. Basert på klimadata og utrekna 100års returverdi 3 døgns snømengde, vurderast storleiken på dei modellerte losneområda å vere realistiske. Terrenget er generelt bratt under losneområda, og det er ikkje venta at skred bremsast naturleg av terrenget før Molværsvatnet.

Basert på vurdert lågare losnesannsyn mot vestre kant av Vardane si nordside, pga. ryggformasjon i terrenget, er det skissert faresone for 1000-års skred heller enn 100-års skred. Identifiserte losneområder i terreng nordvest for Vardane, mellom ca. 500 moh. og 600 moh., har vurdert losnesannsyn større enn 1/1000. Skissert faresone tek utgangspunkt i modellert 1000-års scenario.



Figur 6-19: Snøskredmodellering Vardane. Merk at det topografiske kartet ligg over modellerignsresultata og at vannflata difor ligg over resultata ved Molværsvatnet. Dei modellerte skredløpa har utløp i vatnet.

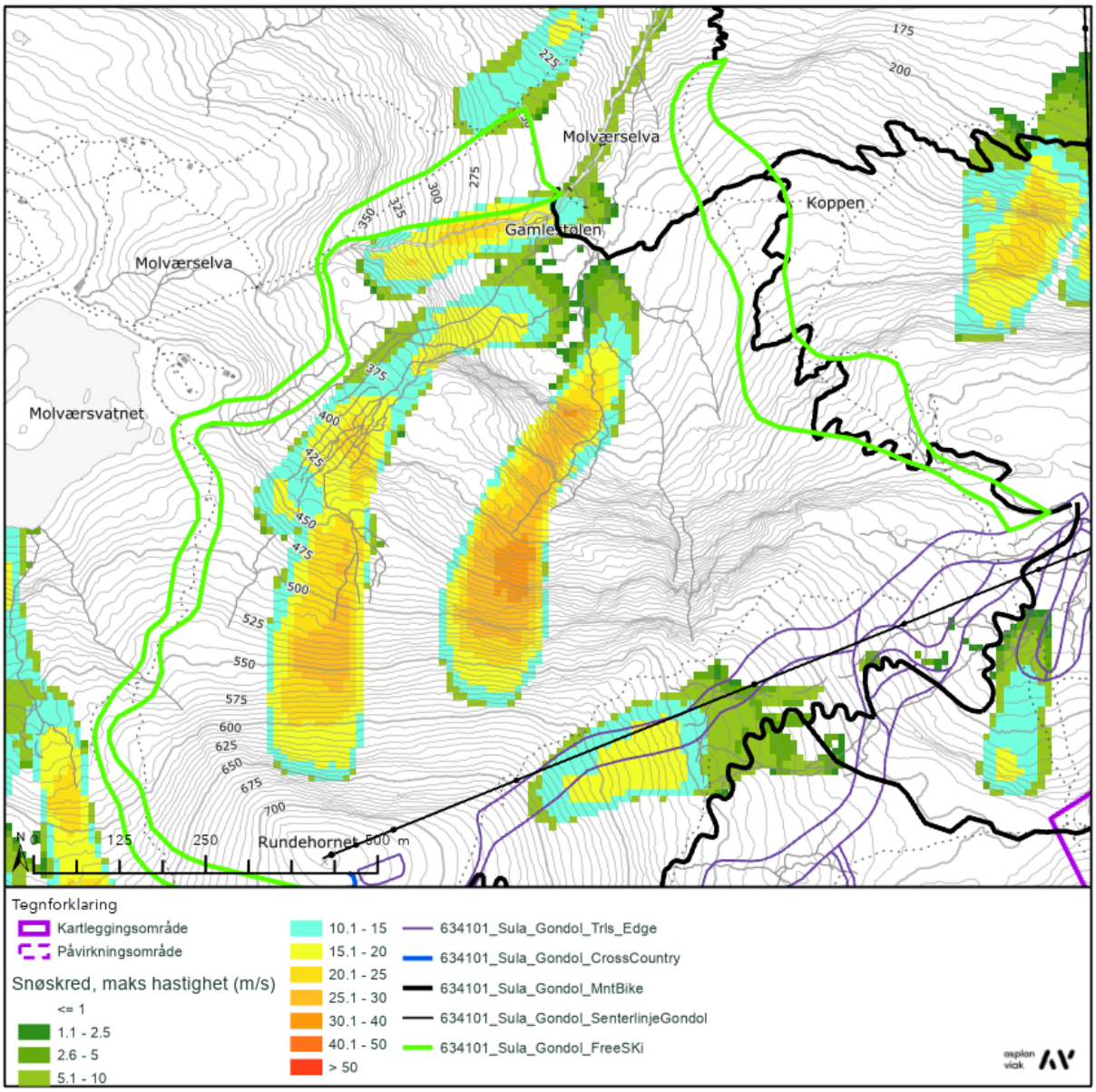
6.4.3.2 Rundehornet

Merk at tidlegare skredhendingar i området, vist i figur i Sunnfjord Geo Center sin rapport (Sunnfjord Geo Center, 2019), er lokalisert i utløpssona til losneområde frå Rundehornet.

Som det går fram over, ligg nordsida av Rundehornet i le for nedbørsførande vindretning og har gunstig terrenghelling, og ligg såleis til rette for utløysing av store snøskred.

Det er modellert losneområde på Vardane med losneområde og flaktjukkeleik tilsvarande scenario 1/100 og 1/1000 for å sjå på utløpslengder og staumingsretningar til skredet.

Modelleringsresultata viser utløp med stor hastigheit langt nedover i terrenget. Ryggen i overkant av markerte brattskrentar ved ca. 350 moh dreiar skred til side, mot nedsenkingar i terrenget. Utløpa for skred som losnar mot toppen av stoppar i slakt terreng før Gamlestølen.



Figur 6-20: Snøskredmodellering av utvalgte losneområde ved terreng over Gamlestølen, opp mot Rundehornet.

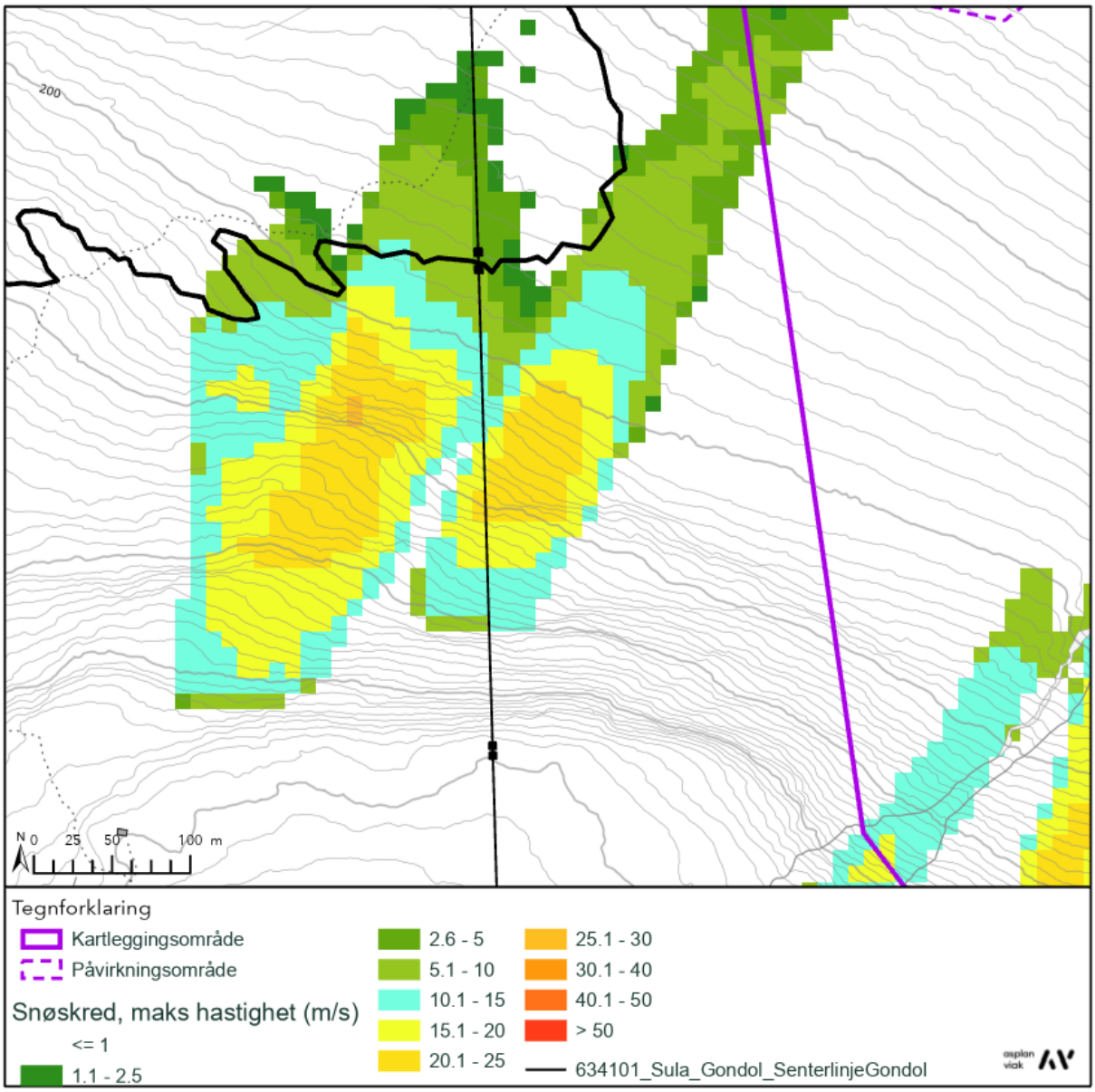
Faresoner for 100-års snøskred er i stor grad basert på modelleringsresultat for 100-års scenarioet. Basert på klimadata og utrekna 100års returverdi 3 døgns snømengde, vurderast storleiken på dei modellerte losneområda å vere realistiske. Terrenget er generelt bratt under losneområda, særleg i dei områda som dei modellerte snøskreda dreiast mot. Den asymmetriske forma i nedkant av markert gjel nedanfor rygg mellom Rundehornet og Koppen skuldast at den avgrensa storleiken på potensielle losneområder er teke omsyn til i området. Trass høgt losnesannsyn, ventast utløpa å vere korte.

Koppen

Losnesannsynet er vurdert til å vere større enn 1/100. Samanlikna med losneområda ved Rundehornet og Vardane, er storleiken på potensielle skred avgrensa. Modellerte losneområda representerer dei største skreda som ventast å losne her.

Det er modellert losneområde på Vardane med losneområde og flaktjukkeleik tilsvarande scenario 1/100 og 1/1000 for å sjå på utløpslengder og staumingsretningar til skredet. Figur 6-21 viser modelleringsresultat ved gondolmaster i nedkant av Koppen, som er resultat knytt til losneområde 3. Modelleringa viser at hastigheita (m/s) ligg i området 2,5 – 5 der mastene er plassert.

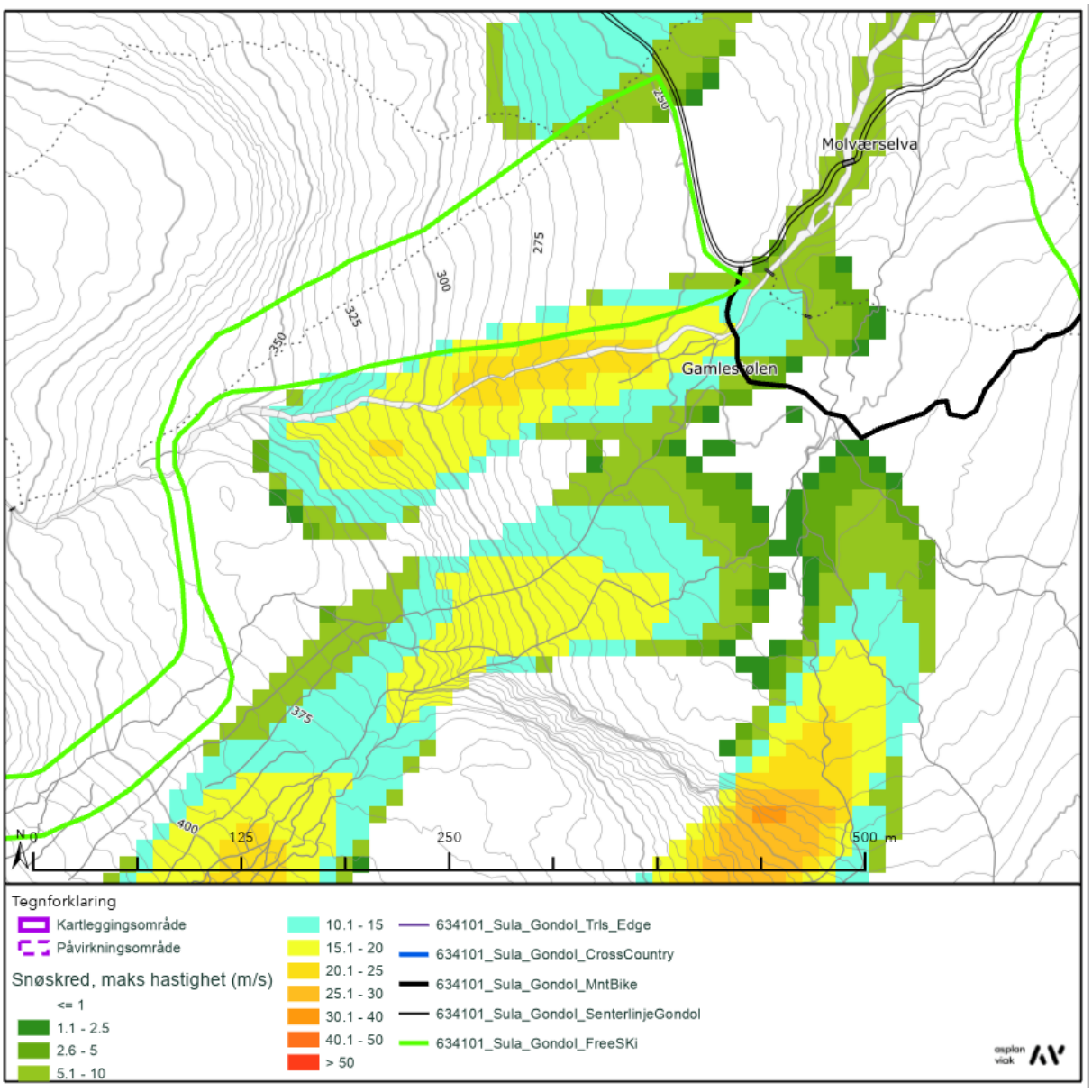
Skisserte faresoner tek i stor grad omsyn til modellerte skred. Faresone for 5000-års skred er i større grad vurdert på skjønn. Bakgrunnen for at denne er avgrensa i storleik er at brattskrentar og fallretninga terrenget, gjer at det er liten skilnad storleiken på potensielle losneområder for snøskred for dei ulike skredscenarioa.



Figur 6-21: Resultat frå modellering for mastepunkt under Koppen.

6.4.3.3 Terreng over Gamlestølen (vestsida)

Det er gjort modellering også for eit mindre potensielt losneområde like over Gamlestølen. Losneområder er definert like i overkant av skoggrensa og i områder der kronedekninga er låg. Modelleringa viser noko lengre enn utløp frå toppen av Rundehornet.



Figur 6-22: Modelleringsresultat frå losneområde vest for Gamlestølen.

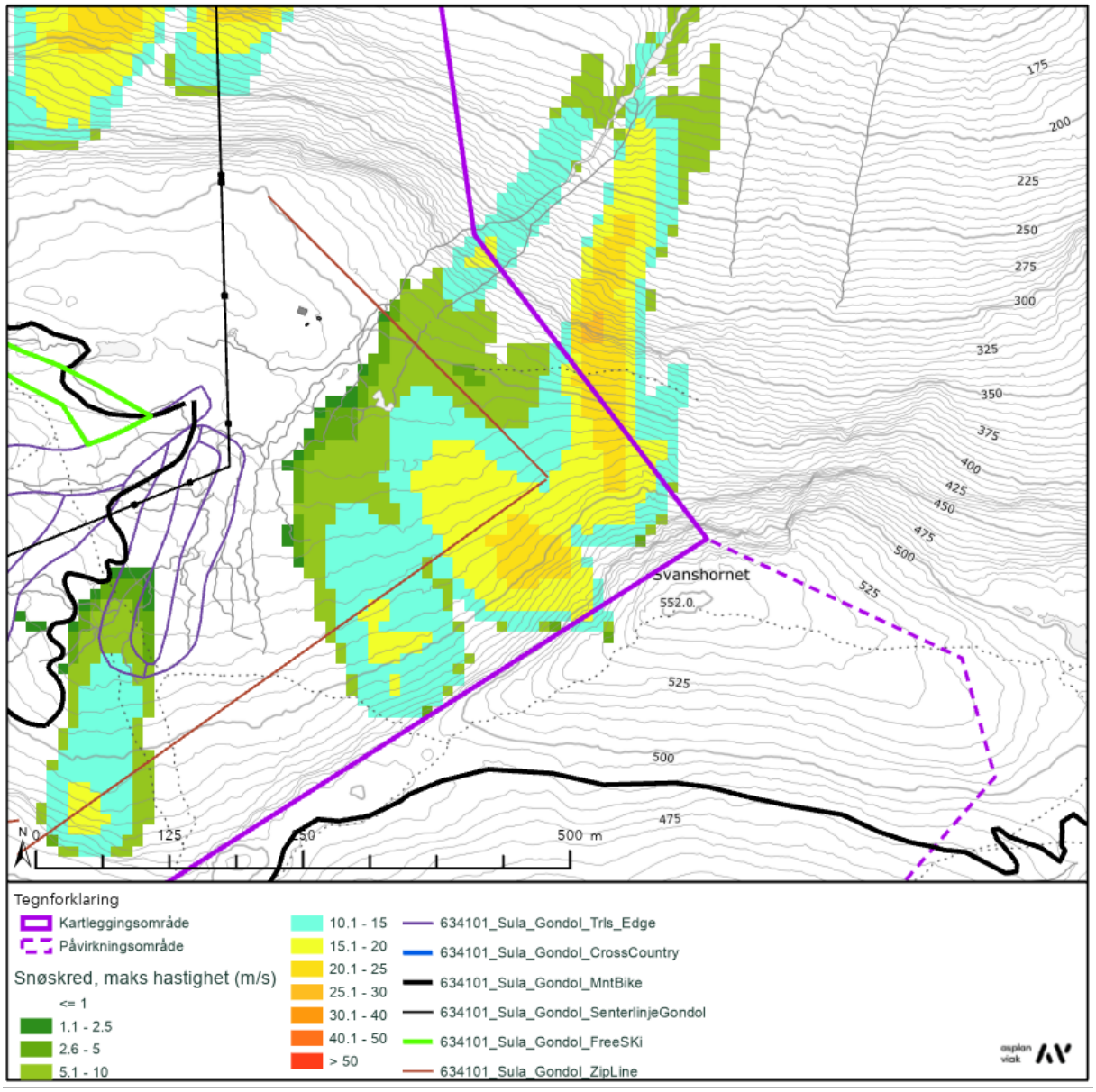
Modellert maksimal hastigheit er over 10 m/s ved terrengsykkeltrasé og over 5 m/s ved anleggsveg. Etter passering av desse går snøskredet ned i forsenkinga til Molværelva.

Faresoner er i området som følge av snøskred frå Rundehornet, justert for å ta omsyn til modellerte skred frå vestsida av Gamlestølen.

6.4.3.4 Svanshornet

Samanhengande areal med terrenghelling 25-55 grader er avgrensa i sida opp til Svanshornet med fall mot planområdet, samanlikna med dei andre identifiserte

losneområda. Sida ligg delvis i le, og kan samle snø. Brattskrentar i øvre del av sida avgrensar imidlertid moglegheita for danning av store flak heilt opp mot toppen som kan gli ut. Likevel er storleiken på potensielle snøskred relativt stor grunna større samanhengande areal med eigna helling nedanfor desse.



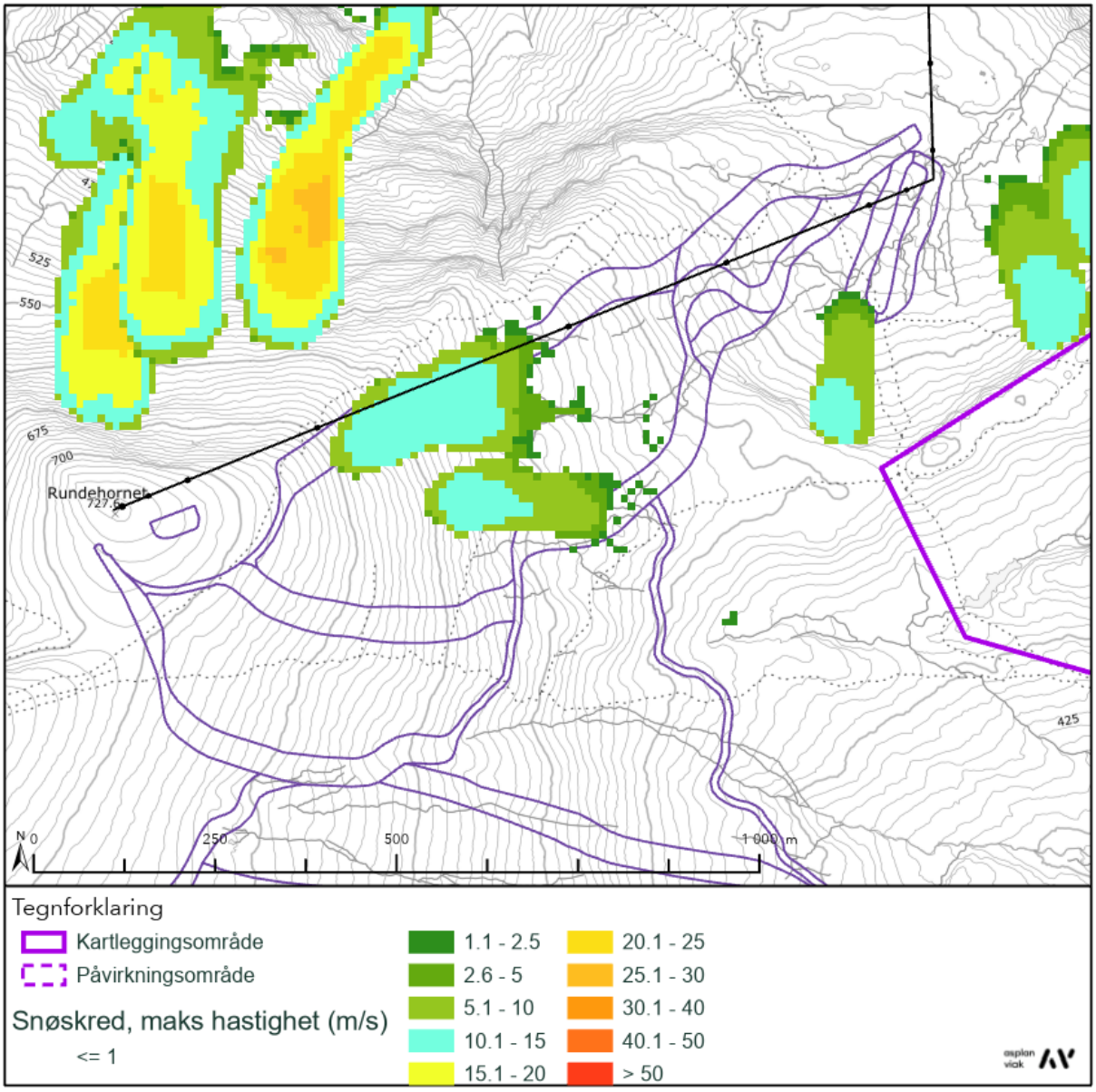
Figur 6-23: Modelleringsresultat snøskred ved Svanshornet.

Terrenghellinga er over 11 grader heilt over ei lengre strekke under losneområdet, slik at det ikkje ventast at eventuelle snøskred vil stoppast naturleg av terrenget før ein god avstand frå losneområdet ca. lenger ned enn 410 moh.

Faresoner tek i stor grad utgangspunkt i modellerte scenario. Lengst mot nord, går utløpa for modellerte snøskred inn i eit losneområde for sørpeskred, som gjer at faresona for skred i bratt terreng strekk seg lengre enn modellerte utløp for snøskred.

6.4.3.5 Austside Rundehornet

På austsida av Rundehornet er det identifisert avgrensa losneområder med terrenghelling 25-30 grader. Det er her ikkje snakk om ein terrengformasjon som typisk samlar store mengder snø, då terrenget fell jamt mot aust. Det ventast at vinden vil blåse over området utan å legge att store snømengder. Utstrekninga til faresoner i området er i stor grad skissert på bakgrunn av utført modellering.



Figur 6-24: Resultat frå RAMMS for snøskred.

6.4.4. Oppsummering snøskredfare

Basert på observasjonar i felt og simulering vurderer vi at det er ei reell fare for snøskred i større delar av terrenget. Kjente skredhendingar i området syner at snøskred er ein aktuell skredprosess, samstundes som klimadata viser at det kan vere betydelege mengder med snø i området. Det er i kart og ved synfaring identifisert fleire store, samanhengande areal med terrenghelling er eigna for ansamling av snø.

Resultat frå utførte snøskredsimuleringar viser lange utløp. Dette skuldast mellom anna bratt terreng i utløpsområdet, slik at skred kan nå langt før det bremsast opp i terrenget. Mange stadar er det basert på terrenghelling moglegheit for utløysing av snøskred ved fleire terrengnivå.

Faresoner for snøskred er teikna inn for store areal. Utstrekninga tek omsyn til losnesannsyn og modelleringsresultat.

6.5. Sørpeskred

Losneområde for sørpeskred er definert på bakgrunn av terreng- og hydrologiske analysar (markfuktigheitskrart). Ein nyare FoU studie visar at sørpeskred typisk blir utløyst i bekkeløp (50 %), men også i forseinkingar (22 %) og opne skråningar (20 %) (NVE , 2021). Det er også vist at sørpeskred kan bli danna i utløpet av snødemte vatn (overvann), myrer eller ved at snøskredavsettingar demmer opp vassdrag

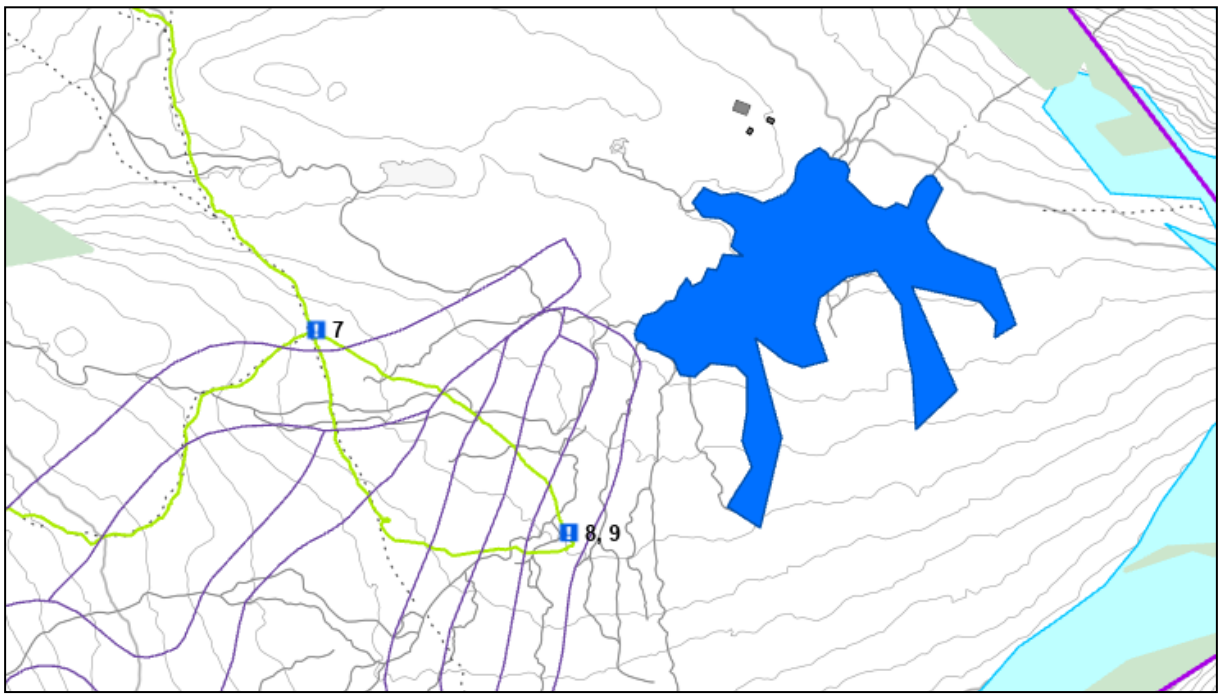
Sunnfjord Geo Center har definert eit myrområde nordvest for Molværsvatnet som eit mogleg losneområde for sørpeskred (Sunnfjord Geo Center, 2019). Det ventast at eventuelle sørpeskred vil vere styrt av topografien og eksisterande dreneringsvegar, og vil ha utløp i Molværsvatnet.

Losneområde for sørpeskred er vanskeleg å definere. Merk at det ikkje finnast ein eksisterande standard for å identifisere losneområder, mellom anna fordi dette er sjeldne hendingar og fordi det finnast mange typar losneområder. Der vi har tolka område som kan stuve opp vatn i eit snødekke, eller det kan gå snøskred ned i bekkedalar og gjel som tettar drenering er sørpeskred vurdert som aktuell skredmekanisme.

Vi har ikkje identifisert ytterlegare områder som vi definerer som potensielle losneområde for sørpeskred i nærleiken av Molværsvatnet. Terrenget på vestsida av Molværsvatnet har ei jamn helling, som vurderast å ha lite potensial for at vatn skal demmast opp i snødekket. Evt. hendingar vil vere av særs lokal karakter, med små utløpslengder og lågt skadepotensial.

Det slake terrenget nordvest for Svanshornet er vurdert til å utgjere eit potensielt losneområde for sørpeskred. Det var i felt vått i området. Det vurderast at snø kan akkumulerast og bli vassmetta. Eventuelle utløyste skred vil drenere ut av kartleggingsområdet, langs Svanselva. Dei ventast å i hovudsak følgje elveløpet ned den bratte skråninga.

Losnesannsynet vurderast å vere større enn 1/1000. Det er sjølve losneområdet som utgjer faresona for eit 1000-års skred, ettersom utløp basert på terrengtilhøva er vurdert å gå ut av kartleggingsområdet. Faresone for 5000-års skred omfattar eit noko større losneområde, basert på markfuktigheitskart i området.



Figur 6-25: Oversikt over trasear i høve skissert losneområde for sørpeskred. Figurern er eit utklipp frå registreringskart.

7. Skog med innverknad på skredfare

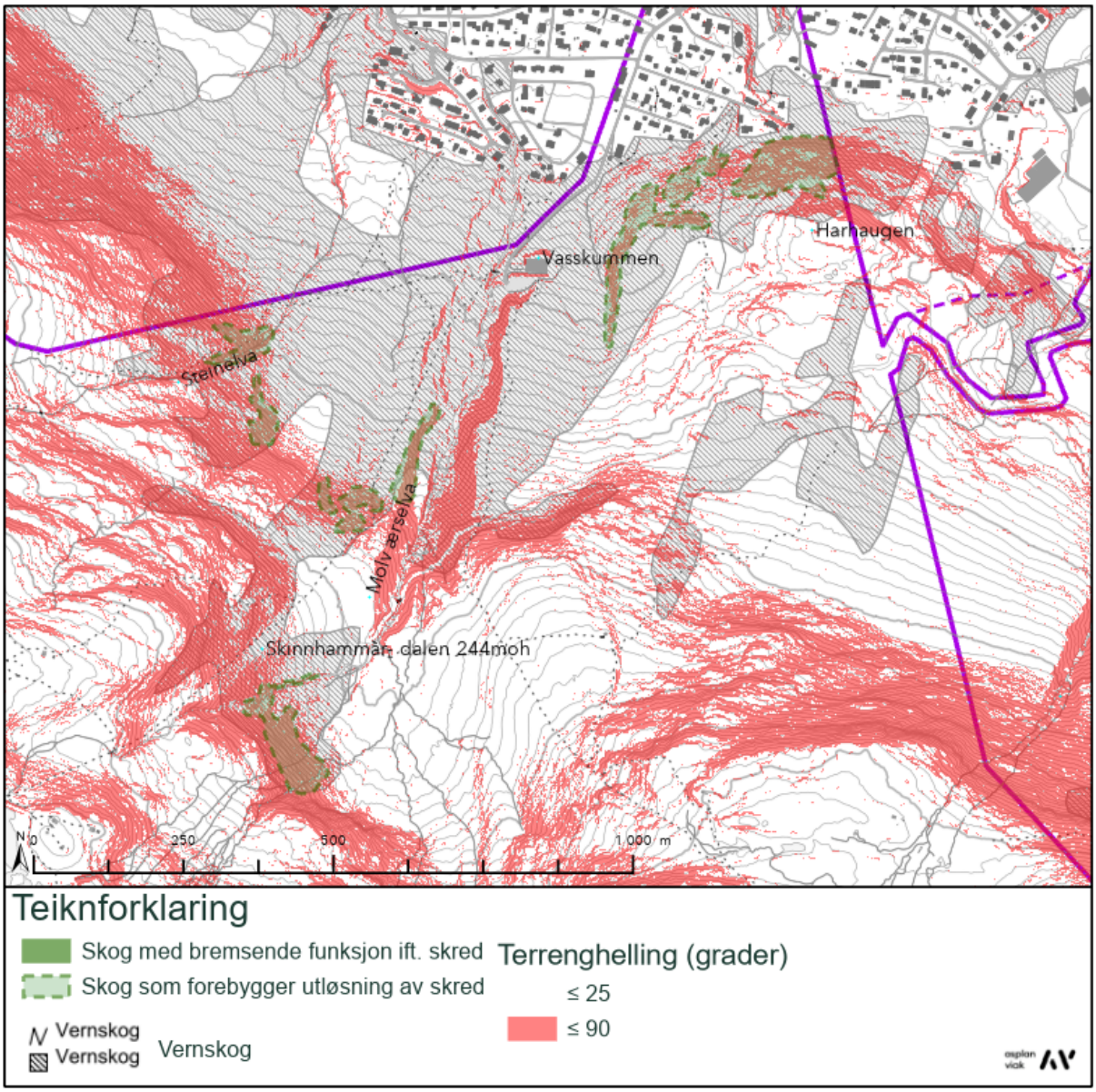
Store areal i nedre delar av kartleggingsområdet er dekka av skog definert som vernskog.

Terreng på nordvest sida av Harhaugen er ikkje tidlegare omtala med omsyn til skredfare. Området ligg innanfor skogpolygon for vernskog, og i terreng med helling over 25-30 grader er kronedekninga i høve datasett frå NIBIO større enn 70%. Skog der terrenget er 25-50°forhindrar utløysing av snøskred og reduserer sannsynet for utløysing av jordskred. Områder med terrenghelling over 45 grader særs avgrensa i utstrekning, og i nedkant av partia er det ved alle førekomstar slakare terreng, under 25 grader. Det er lausmassar i skråninga.

Eit modellert losneområde for snøskred over anleggsveg ved Molværselva, er på bakgrunn av høg kronedekning av skog vurdert til å ikkje vere eit reelt losneområde. Modelleringa er på bakgrunn av dette ikkje teke omsyn til i fastsetting av faresoner.



Figur 7-1:Ortofoto i 3D for område ved Harhaugen, henta frå NorgeIBilder.



Figur 7-2: Utsnitt som viser utstrekning av vernskog i høve NIBIOs nettressursar og skog vi har tolka til å ha innverknad på losnesannsyn.

8. Samla skredfare

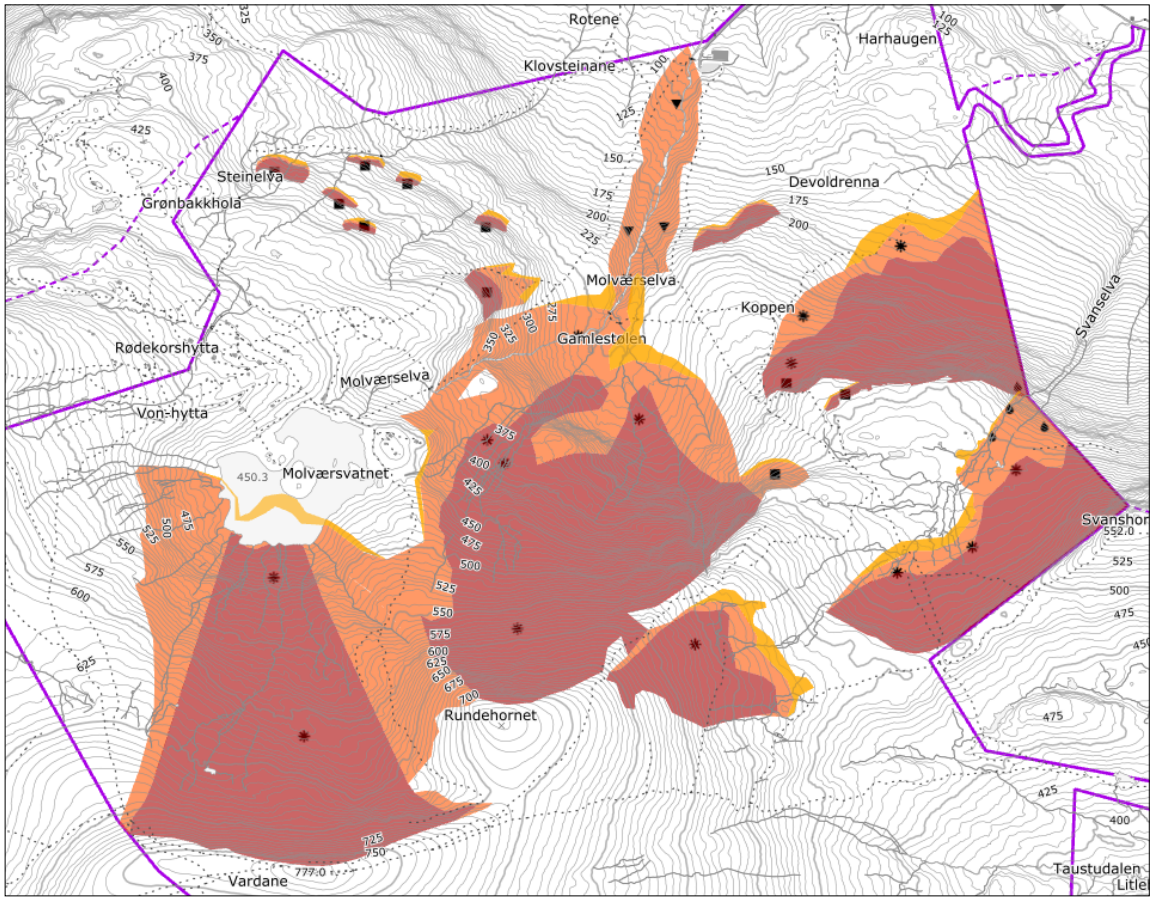
Høvesvis store areal i fjellsidene har terrenghelling som er bratte nok til å utgjere losneområde for skred. Mange av områda som er vurdert og skildra omfattar fleire skredprosessar, men tilhøyrande faresoner gjeld i hovudsak snøskred, som er vurdert til å vere dimensjonerande skredtype i storparten av området. Steinsprang vil vere ein gjeldande skredtype i nedkant av identifiserte losneområde, men i hovudsak med kortare utløp enn snøskred. Unnataket er i terreng mellom Gamlestølen og Steinelva, i lokale brattskrentar der steinsprang er vurdert som dimensjonerande skredtype. Elles er det også teikna faresone for jordskred langs nedre delar av Molværselva og faresone for sørpeskred i identifisert losneområde på nordvest sida av Svanshornet.

Det vurderast at delar av kartleggingsområdet ikkje tilfredsstiller lovverket sitt krav til tryggleik mot skred for nybygg/påbygg i tryggleiksklasser S1, S2 og S3, der årleg nominelt sannsyn for skred ikkje må overskride høvesvis 1/100, 1/1000 og 1/5000.

For detaljerte vurderingar, sjå Vedlegg. Tabell 11 i Vedlegg 11.2 samanfattar vurdering av konstruksjon/bruksområde i høve dei ulike skredtypane.

8.1. Faresoner

Faresoner er fastsett for skred med årleg nominelt sannsyn 1/100, 1/1000 og 1/5000. Faresonene gjeld samla sannsyn for alle typar skred. Figur 8-1 viser eit utsnitt av faresonekart utarbeida for planområdet til Sula Gondol. Symbol syner dimensjonerande skredtype; stjerne for snøskred, dråpe for sørpeskred, trekant for jordskred og kvadrat for steinsprang. Faresonekart er også vedlagt. I vedlegg går det fram kvar skisserte trasear går inn i faresoner, sjå også etterfølgande underkapittel.



Figur 8-1: Faresonekart. Raud viser 1/100, oransje 1/1000 og gul 1/5000. I vedlegg framgår faresonene saman med konstruksjonar og trasear innanfor planområdet.

8.1.1. Faresoner snøskred

Det merkast at losneområder teikna inn i registreringskartet inkluderer alle teoretisk moglege losneområder med omsyn til terrenghelling.

Faresoner med snøskred som dimensjonerande skredtype dekker store areal i nedkant av Vardane og Rundehornet. Store samanhengande områder er identifisert som potensielle losneområder for snøskred basert på terrenghelling. Med omsyn til vind og snøtilhøve på sørsida av toppane, ligg det til rette for tilførsel av store snømengder.

Utstrekninga til faresonene for snøskred attspeglar i stor grad modellresultat, i mangel på observasjonar.

8.1.2. Faresone sørpeskred

Faresona for sørpeskred svarar til identifisert potensielt losneområde i det slake terrenget på nordvestsida av Svanshornet. Området har dreneringsretning ut av

kartleggingsområdet noko som medfører små skildnadar på 1000-års og 5000-år sona i området.

8.1.3. Faresone jordskred

For utstrekning av faresone for jordskred, er det teke utgangspunkt i NVE sin rettleiar og tilrådingar vurdering av losnesannsyn for jordskred for terrassar. Knekkpunktet mellom skråning og sideterreng er nytta som referansepunkt.

8.1.4. Faresone steinsprang

Steinsprang vil vere gjeldande i nedkant av identifiserte losneområde, men i hovudsak med kortare utløp enn snøskred. Steinsprang er vurdert å vere dimensjonerande i nedkant i mindre brattskrentar, og faresoner er fastsett med omsyn til modelleringsresultat, i tillegg til ei skjønnsmessig vurdering terrenghøve og lausmassar i utløpsområda.

8.2. Vurdering av skredfare ved konstruksjonar/bruksområde

8.2.1.1 Gondol

Gondolen sine mastepunkt nr. 9 og 10 fell innanfor faresone 1/1000. Snøskred er dimensjonerande skredtype og losneområder er identifisert i terreng mellom Koppen og skissert mellomstasjon. Krav i TEK17 for tryggleiksklasse S3 er ikkje tilfredsstilt her.

Øvrige mastepunkt ligg utanfor faresoner for skred i bratt terreng, og tilfredsstiller med dette krav til tryggleiksklasse S3 i TEK17.

8.2.1.2 Zipline

Delar av zipline-traseen nærast Svanshornet, derunder knekkpunktet på traseen, tilfredsstiller ikkje krav for tryggleiksklasse S2. Snøskred er dimensjonerande skredtype, men steinsprang har også potensiale til å nå ned. Eventuelt sikringstiltak må ta omsyn til begge skredtypar.

8.2.1.3 Skitrekk (T-krok)

Skitrekket (T-kroken) er vurdert til å tilfredsstille krav til tryggleiksklasse S2 i TEK17.

8.2.1.4 Langrennsløyper, alpintrasear og turløyper

På bakgrunn av terrenganalyse og modelleringsresultat, kombinert med kjende snøskredhendingar i området, anbefalast det å ikkje legge til rette for auka opphald i nedkant av skråninga som utgjer nordsida av Vardane (776 moh) og vestsida av

Rundehornet (727 moh). Delar av frikjøringsløype frå Rundehornet ned Skinnhammardalen, samt terrengsykkel- og langrennstrase på nordsida av Vardane ligg innanfor faresoner. Det vurderast at større delar av strekningane ikkje tilfredsstiller krav til tryggleik mot snøskred, i høve TEK17 tryggleiksklasse S1.

To av alpintraseane på austida av Rundehornet ligg innanfor faresone 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Mindre strekningar av terrengsykkeltraseane i området går innanfor faresoner. Forutanom steinsprang som ikkje kan utelukkast ved traseen på nordsida av Vardane, er det vurdert at sannsynet for andre skred enn snøskred tilfredsstiller krav i TEK 17.

8.2.1.5 Anleggsveg

Anleggsveg frå Gamlestølen går gjennom faresoner for snøskred i fleire områder. Bruk av anleggsveg i periodan utan snø i området vil tilfredsstille krav for skred i høve TEK17.

8.3. Stadspesifikk usikkerheit

Skredfarevurderingar er komplekse vurderingar, som det alltid vil vere knytt usikkerheit til. I denne vurderinga er det knytt noko usikkerheit til realistisk brothøgde for snøskred. For å ta omsyn til usikkerheita er det lagt til 50 cm på 3 døgns snøhøgde.

8.4. Moglegheit til å redusere faresoner

Det vil vere mogleg å redusere faresonene i kartleggingsområdet, avhengig av kvar og for kva tryggleiksnivå ein vil oppnå. Forslag til moglege risikoreduserande tiltak er presentert i kapittel 9.

Dersom det er aktuelt å etablere sikringstiltak, uansett type, bør det bli utført ein meir detaljert vurdering av moglegheitene, i høve ynskja effekt av tiltaka.

9. Moglege risikoreduserande tiltak

9.1. Langrennstrasé og anleggsveg nord for Vardane

Det tilrådast i utgangspunktet å ikkje legge til rette for auka opphald i området. Under presenterast likevel tiltak som kan redusere risikoen i området til akseptabelt nivå og/eller handtering av risikoen.

Merk også at ein anleggsveg utgjer eit større inngrep i området, og at ein nøye må vurdere gjennomførbarheit av denne med omsyn til fyllingsstabilitet i området. Dette vert ikkje omtala her.

9.1.1. Varsling av snøskredfare og periodevis stenging

Varsling og periodevis stenging av trasear og/eller anlegg er eit aktuelt tiltak i området. Tiltaket føresett at skredfaren vert overvaka og handtert gjennom heile vinteren. Ein tett dialog om vêr og snøtilhøve må haldast mellom ansvarshavar og fagkyndige.

Det bør dagleg følgast opp på dei tilhøva som har innverknad på sannsynet for utløysing av snøskred (snødekkestabilitet), derunder nedbør, vind, temperatur og innstråling. Det bør jamnleg utførast synfaring av losneområde for snøskred, og det må lagast ein plan for når og kor ofte ein skal sende ut varsel, kven som skal få varsla og kva som skal til for at traseen skal stengast.

Regionale snøskredvarsel kan nyttast som grunnlag, men bør ikkje nyttast som avgjerslegrunnlag aleine. Eksempelvis kan ein legge opp til at det ved middels snøvarsel utførast synfaring der snødekket sjekkast opp og at mogleg skredstorleik vert vurdert av fagkynding innan snøskred, medan høg skredfare medfører stenging av trasé. Synfaringar bør utførast av personar med god kompetanse på snø og snøskredfare.

Varslingsplan og opplegg må definerast nærare dersom tiltakshavar går for dette. Det vil vere tiltakshavar sitt ansvar å vurdere risikoaksept. Føremålet med synfaringa vil vere å angi vurdering av sannsyn og konsekvens, som kan inngå som grunnlag for tiltakshavar si avgjersle knytt til risikoaksept.

9.1.2. Snøskredgjerder/støtteforbyggingar

Snøskredgjerder/støtteforbyggingar for å hindre utløysing av skred er også ei mogleg løysing i området. Disse settast opp i rekker på langs av skråninga i området som er utsett

for losning av snøskred. Det vil vere viktig at heile losneområdet sikrast og at støtteforbygningane når heit til toppen av snødekket. Sikringsmetoden må detaljprosjekterast dersom dette blir aktuelt.

9.2. Ziplinetrase

Det mest robuste tiltaket vurderast å vere at delar av zipline som ligg innanfor tolka utløpslengder/faresoner flyttast utanfor.

Dimensjonerande skredtype er snøskred, men steinsprang kan også nå ned. Begge skredtypar må takast omsyn til i vurdering av tiltak.

Zipline mast kan sikrast med ledevoll, som dreiar evt. skredmassar bort frå masta. Men, på bakgrunn av snøhøgde og bratt terreng er det knytt usikkerheit til gjennomførbarheit for tiltaket. Steinsprangnett vil vere aktuelt for å sikre mot steinsprang.

Sikringsmetoden må detaljprosjekterast dersom dette blir aktuelt. Ny synfaring for å fastsette omfang vil særleg vere naudsynt.

9.3. Gondolmaster

Dimensjonerande skredtype er snøskred. Gondolmaster kan sikrast med ledevoll, som dreiar evt. snøskredmassar bort frå masta.

Sikringsmetoden må detaljprosjekterast dersom dette blir aktuelt. Tiltaket vurderast som gjennomførbart, basert på snøhøgde i terrenget, samt flythøgde og fart for eventuelle snøskred i området. Førebelse resultat tyder på at ei høgde på vollen på 2 meter vil vere tilstrekkeleg.

10. Referanser

Kartverket. (u.d.). *Høydedata*. Hentet fra https://hoydedata.no/LaserInnsyn/

Meterologisk institutt. (u.d.). *Norsk Klimaservicesente*. Hentet fra https://klimaservicesenter.no/

NGU. (u.d.). *Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase*. Hentet fra http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/

NGU. (u.d.). *Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/

NIBIO. (u.d.). *Skogportalen*. Hentet fra https://kilden.nibio.no/?lang=nb&X=7195706.12&Y=275054.87&zoom=0&topic=skogportal&bgLayer=graatone_cache

Norconsult. (2019). *Flomvurdering for Sula kommune - Molværselva og Vassetelva.*

NVE . (2021). *FOU 80606 - Identifisering av løsneområder for sørpeskred (utarbeidet av NGI på oppdrag for NVE)* .

NVE. (2020). *Uttesting av eksisterende metodikk for modellering av steinsprang.* Oslo: NVE.

NVE. (2020, 11 12). *Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng*. Hentet fra https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/

NVE. (2021). *FoU 80606 - Idnetifisering av løsneområder for sørpeskred.* Oslo: NVE.

NVE. (u.d.). *NVE Atlas*. Hentet fra https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#

NVE. (u.d.). *Temakart skredhendelser*. Hentet fra https://temakart.nve.no/tema/SkredHendelser

NVE, Jernbaneverket, SVV. (2014). *NIFS Rapport 2014/22 Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentaksintervaller.*

NVE, met.no og Kartverket. (u.d.). *seNorge.no*. Hentet fra http://www.senorge.no/

Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E., & Lied, K. (1996). The Influence of Meteorological Factors on the Initiation of Debris Flows, Rockfalls, Rockslides and Rockmass

Stability. I *Landslides Proceedings of the 7th international symposium on landslides Trondheim*.

Statens vegvesen, Norsk institutt for Bioøkonomi (NIBIO) og Statens kartverk. (u.d.). Hentet fra NorgeIBilder: https://norgeibilder.no/

Sunnfjord Geo Center. (2019). *Skredfarevurdering for Hyttefelt Nøre Sulafjellet i Sula kommune*. Strongfjorden.

Sunnmørsposten ved Helge Gloppen . (2015, Januar 29). Stort ras fra Sulafjellet.

Yr. (u.d.). Hentet fra 2021: https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-181868/Norge/M%C3%B8re%20og%20Romsdal/Sula/Langev%C3%A5g?q=2020-03

11. Vedlegg

11.1. Modellering

****

RAMMS::AVALANCHE RAMMS OUTPUT LOGFILE

Output filename:
C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred_rev.out.gz

Simulation stopped due to LOW FLUX!

Simulation stopped after 136.000s

Calculation time (min.): 1.72

Simulation resolution (m): 10.00

SIMULATION RESULTS

Number of cells: 187625

Number of nodes: 188496

Calculated Release Volume (m3): 100230.

Overall MAX velocity (m/s): 33.9142

Overall MAX flowheight (m): 4.45767

Overall MAX pressure (kPa): 345.053

****

RAMMS::AVALANCHE 1.7.20 INPUT LOGFILE

Date: Tue Nov 30 19:15:06 2021

Input filename: C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred_rev.av2

Project: Sula_snoskred

Details:

DEM / REGION INFORMATION:

DEM file: C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred.xyz

DEM resolution (m): 10.00

(imported from: S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\dem.asc)

Nr of nodes: 192000

Nr of cells: 191121

Project region extent:

E - W: 47190.000 / 43200.000

S - N: 6950400.0 / 6955190.0

CALCULATION DOMAIN:

C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred.dom

GENERAL SIMULATION PARAMETERS:

Simulation time (s): 300.000

Dump interval (s): 2.00

Stopping criteria (momentum threshold) (%): 5

Constant density (kg/m3): 300

NUMERICS:

Numerical scheme: SecondOrder

H Cutoff (m): 0.000001

Curvature effects are ON!

RELEASE:

Depth: 1.40 m Vol: 12639.4 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne1.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 9319.2 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne2.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 11012.0 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne3.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 8415.3 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne4.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 11693.6 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne5.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.20 m Vol: 4705.9 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne6.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 5478.8 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne7.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 6232.7 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne8.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 2942.5 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne9.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 4720.7 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne10.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 3151.1 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne11.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 4474.1 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne12.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 4358.2 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne13.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 6007.6 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne14.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 1092.3 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne15.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.40 m Vol: 3929.0 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne16.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Estimated release volume: 100172.38 m3

FRICTION MUXI:

Altitude_limit_1: 700 m a.s.l

Altitude_limit_2: 200 m a.s.l

Format of following parameters: [< 200] - [200 - 700] - [> 700]

Open slope parameters:

Mu: 0.190 - 0.170 - 0.155

Xi: 2000 - 2500 - 3000

Channelled parameters:

Mu: 0.240 - 0.220 - 0.210

Xi: 1500 - 1750 - 2000

Gully parameters:

Mu: 0.300 - 0.285 - 0.270

Xi: 1200 - 1350 - 1500

Flat parameters:

Mu: 0.170 - 0.150 - 0.140

Xi: 3000 - 3500 - 4000

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

****

RAMMS::AVALANCHE RAMMS OUTPUT LOGFILE

Output filename:
C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred_rev_100ars.out.gz

Simulation stopped due to LOW FLUX!

Simulation stopped after 210.000s

Calculation time (min.): 2.00

Simulation resolution (m): 10.00

SIMULATION RESULTS

Number of cells: 187625

Number of nodes: 188496

Calculated Release Volume (m3): 72153.0

Overall MAX velocity (m/s): 28.1628

Overall MAX flowheight (m): 3.56725

Overall MAX pressure (kPa): 237.943

****

RAMMS::AVALANCHE 1.7.20 INPUT LOGFILE

Date: Wed Dec 01 14:11:09 2021

Input filename:
C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred_rev_100ars.av2

Project: Sula_snoskred

Details:

DEM / REGION INFORMATION:

DEM file: C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred.xyz

DEM resolution (m): 10.00

(imported from: S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\dem.asc)

Nr of nodes: 192000

Nr of cells: 191121

Project region extent:

E - W: 47190.000 / 43200.000

S - N: 6950400.0 / 6955190.0

CALCULATION DOMAIN:

C:\Users\tonje.eidset\Documents\Sula_snoskred\Sula_snoskred.dom

GENERAL SIMULATION PARAMETERS:

Simulation time (s): 300.000

Dump interval (s): 2.00

Stopping criteria (momentum threshold) (%): 5

Constant density (kg/m3): 300

NUMERICS:

Numerical scheme: SecondOrder

H Cutoff (m): 0.000001

Curvature effects are ON!

RELEASE:

Depth: 1.00 m Vol: 9028.1 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne1.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 6656.6 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne2.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 7865.7 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne3.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 6010.9 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne4.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 8352.6 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne5.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 3921.5 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne6.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 3913.4 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne7.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 4451.9 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne8.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 2101.8 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne9.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 3371.9 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne10.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 2250.8 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne11.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 3195.8 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne12.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 3113.0 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne13.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 4291.2 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne14.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 780.2 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne15.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Depth: 1.00 m Vol: 2806.4 m3 Delay: 0.00 s Name: Losne16.shp (S:\Felles\Kontor\Ålesund\Fra_Ørsta\10 Brukere\TME\1_Prosjekt\Sula\Snoskredmodellering\Rev)

Estimated release volume: 72111.93 m3

FRICTION MUXI:

Altitude_limit_1: 200 m a.s.l

Altitude_limit_2: 700 m a.s.l

Format of following parameters: [< 700] - [700 - 200] - [> 200]

Open slope parameters:

Mu: 0.200 - 0.180 - 0.165

Xi: 2000 - 2500 - 3000

Channelled parameters:

Mu: 0.250 - 0.230 - 0.220

Xi: 1500 - 1750 - 2000

Gully parameters:

Mu: 0.315 - 0.300 - 0.280

Xi: 1200 - 1350 - 1500

Flat parameters:

Mu: 0.180 - 0.160 - 0.150

Xi: 3000 - 3500 - 4000

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

RETURN PERIOD (y): 100

VOLUME category: Large

COHESION:

No COHESION specified.

MAP / ORTHOPHOTO INFO:

11.2. Oppsummering – oppfylling av tryggleikskrav i TEK17

Tabell 11: Oppsummering av tryggleikrav, sortert på skredtype og identifiserte losneområde. Oransje farge angir områder der TEK17 krav ikkje er tilfredsstilt, men skredtypen ikkje er vurdert som dimensjonerande. Raud viser tilsvarande for dimensjonerande skredtype. Tilhøyrande merknadar er nummerert.

Steinsprang				
Potensielt losneområde	**Konstruksjon/ bruksområde i dreneringsretninga**	**Tryggleikskrav og/eller kommentar**	**Tryggleikskrav tilfredsstilt**	**Dimensjonerande skredtype**
Skrentar på nordsida av Vardane (776 moh).	Terrengsykkel- og langrennsløype.	S1.	Nei. [1]	Nei.
Vertikale brattskrentar mot toppen av Rundehornet	Ingen. Heller ikkje lagt opp til auka opphald i området som følgje av tiltaket.	IA.	IA.	Nei.
Brattskrentar i forsenking/skålform langs rygg I terreng over Gamlestølen	Anleggsveg.	S1.	Nei [4]	I avgrensa område[2]
Fjellsida vest for Svanshornet (552 moh)	Zipline.	S2.	Nei. [3]	Nei.
Fjellsida under/nord for Mellomstasjon - Koppen	Gondol (mastepunkt).	S3.	Ja.	Nei.
Lokale brattskrentar i terreng vest/nordvest for Gamlestølen	Anleggsveg langs eksisterande veg opp til Molværsvatnet.	S1.	Ja	Ja.

Fallhammaren	Anleggsveg langs eksisterande veg mot Rollonhytta.	S1.	Nei [5]	Ja
Jord- og flaumskred				
Potensielt losneområde	**Konstruksjon/ bruksområde i dreneringsretninga**	**Tryggleikskrav og/eller kommentar**	**Tryggleikskrav tilfredsstilt**	**Dimensjonerande skredtype**
Steinelva og omliggande terreng	Anleggsveg	S1.		
Molværselva inkl. dreneringsfelt, over Gamlestølen	Terrengsykkel trasé. Fri-ski trasé.	S1.	Ja	Nei
Molværselva inkl. dreneringsfelt, nedanfor Gamlestølen	Terrengsykkel trasé.	S1	Ja	IA
Langs eksisterande veg			Ja[6]	
Vestsida av Molværsvatnet	Ingen. Ikkje lagt opp til auka personinnhald i området.	IA	Ja	Nei
Anleggsveg til Rollonhytta	Anleggsveg.	S1	Ja	IA
Snøskred				
Potensielt losneområde	**Konstruksjon/ bruksområde i dreneringsretninga**	**Tryggleikskrav og/eller kommentar**	**Tryggleikskrav tilfredsstilt**	**Dimensjonerande skredtype**
Vardane	Langrennstrase, anleggsveg	S1	Nei	Ja

Rundehornet	Friskitrase	S1	Nei	Ja
Koppen	Mastepunkt gondol	S3	Nei	Ja
Terreng over Gamlestølen	Anleggsveg	S1	Ja[7]	Ja
Svanshornet	Zipline trasé	S2	Nei	Ja
Sørpeskred				
Potensielt losneområde	**Konstruksjon/ bruksområde i dreneringsretninga**	**Tryggleikskrav og/eller kommentar**	**Tryggleikskrav tilfredsstilt**	**Dimensjonerande skredtype**
Terreng nordvest for Svanshornet	Ingen	IA	Ja[8]	Ja

[1] Snøskred er dimensjonerande skredtype, men sjeldne steinsprangløp kan ikkje utelukkast å gå ned til skissert plassering. Modelleringsresultat viser utløp som klart går forbi skissert langrennsløype/ sykkelsti på nordsida av Vardane, mot aust også ned til skissert anleggsveg. Det vurderast imidlertid at det vil vere sjeldan at blokker losnar og utløpet vil vere langt. Argumentasjonen for dette er fråvær av fersk aktivitet og sår i fjellsida, samt observasjonar av blokker i terrenget. Ansamlingar av blokker sjåast berre like i nedkant av lokale losneområder, det er ikkje et velutvikla ur. Ved etablering av vegen vil denne kunne nyttast på sommarstid, grunna låg forventa opphaldstid på vegen. Ein bør derimot ikkje legge til rette for permanent opphald i området.

[2] Snøskred vurdert til å vere dimensjonerande skredtype i store delar av området. Berre lengst mot aust er det losneområde for steinsprang i eit område, med utløp lenger enn snøskred.

[3] Modelleringsresultat syner enkelte utløp til knekkpunktet i zipline-traseen.

[4] Steinsprang er ein gjeldande prosess i området under brattskrenten. Utløp går ikkje ut til veg

[5] Enkle lokale tiltak som bergbolting eller etablering av fanggrøft vil vere aktuelle. Eventuelle steinsprang ventast å stoppe opp i terreng like under skrenten. Det tilrådast ikkje å legge vegen heilt inn til skrenten, men ved behov kan det utførast lokale sikringstiltak i skrenten. I høve N200 vil ei fanggrøft på 3,5 meter vere eigna for ei skrenthøgde på ca. 10 meter.

[6] Det er ikkje teikna lagt opp til nye trasear i området, berre bruk av eksisterande veg. Geoteknikar bør engasjerast ved ytterlegare inngrep. Sideskråningar i vegen står i dag bratt, utan vegetasjon og det ventast at lausmassar vil erodere ut av skråningane ved nedbør og vedvarande fryse-/tine prosessar.

[7] I losneområdet vest for Gamlestølen, på vestsida av Molværselva. Tilstadevering av skog er føresetnad for faresone. Fråvær av skog vil auke sannsynet for utløysing. /// Hyppige hendingar (oftare enn 100 år) ventast å vere av mindre storleik enn modellert hending, og ha lågare hastigheit. Sannsynet for utløp som treff anleggsvegen vurderast då å vere mindre enn 1/100. Med dette *tilfredsstiller* traseane krav til tryggleik i høve TEK17 tryggleiksklasse S1.

[8] Faresone for sørpeskred samsvarar med utstrekninga til identifisert losneområde. Det potensielle losneområdet er vurdert til å ligge i nedkant av skisserte trasear.

asplan viak