

Oppdragsgiver	Navn Krefter AS	Kontaktperson Oliver Horvei
Oppdrag	Nummer og navn 22247 Vågå, Lalm - (HP 22176, 22246) Sikringstiltak, testanlegg for datasenter. Sør for Kvennbergvegen 27	Oppdragsleder Pål Lohne
Dokument	Nummer 22247-01-2 Utført av Pål Lohne, Kalle Kronholm, Hedda Breien og Hallvard S Nordbrøden	Dato 2022-09-30 Kontrollert av Hallvard S Nordbrøden, Kalle Kronholm og Hedda Breien

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2022-09-30	PL, KK, HB, HSN	HSN, KK, HB	Original
2	2022-11-11	PL, HSN, HB	HB	Retting av feil i figur for faresone med skog

Revurdering av faresoner og mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred

Sammendrag

Skred AS har på oppdrag fra Krefter AS gjort en revurdering av faresoner for sikkerhet mot skred, samt utført en mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred for planlagt utbygging av datasenter. Mulighetsstudien har til hensikt å vurdere behovet for sikringstiltak for ulike områder, basert på planlagt arealbruk.

Basert på diskusjon i møte med oppdragsgiver 26/4-22 og 24/8-22, er følgende sikkerhetsklasser fastsatt:

- Område A – Sikkerhetsklasse S1
- Område B – Sikkerhetsklasse S3
- Område C – Sikkerhetsklasse S3
- Område D – Sikkerhetsklasse S2

Revurdering av faresonene viser at det kun er område B som ikke tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred, verken med og uten skog, iht. angitt sikkerhetsklasse. Det er derfor sett på mulige sikringstiltak for å redusere faresonene. Basert på dette, anbefales det verving av skog/tilpassing av hogst i kombinasjon med fangvoll eller tilpassing av bygg til skredlaster.

For detaljprosjektering av sikringstiltak, anbefales det tverrfaglig prosjektering i samråd med RIB og ARK, da dette vil kunne redusere kostnadene av evt. tiltak betraktelig.

Innhold

1	Bakgrunn.....	5
1.1	Innledning	5
1.2	Formål med denne rapporten	6
1.3	Grunnlag	7
1.4	Skredfarekartlegging.....	7
1.5	Tidligere utredninger sikringstiltak.....	8
2	Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere	9
2.1	Plan og bygningsloven	9
2.2	Fare for økt ulempe på omliggende områder	9
2.3	Valg av sikkerhetsnivå etter TEK17 §7-3	9
2.4	SAK 10	10
2.5	Benyttede håndbøker og veiledere	10
2.6	Føringer fra oppdragsgiver	10
2.7	Kartgrunnlag	10
2.8	Eiendomsforhold	11
2.9	Reguleringsplan, kommuneplan	11
2.10	Vedlikehold og tilsyn	11
2.11	Miljø-, natur- og kulturverdier	11
3	Beskrivelse av området	12
3.1	Topografi og hydrologiske forhold	12
3.2	Vegetasjon	14
3.3	Geologi.....	15
3.4	Befaring.....	17
3.5	Klima	18
3.5.1	Fra skredfarekartleggingen i 2018.....	18
3.5.2	Supplerende klimaanalyse	18
4	Skredfarevurdering	20
4.1	Snøskred	20
4.2	Sørpeskred	21
4.3	Løsmasseskred	22
4.4	Skred i fast fjell	24
4.5	Faresoner for skred.....	26
5	Sikringsalternativer	31
5.1	Alternativ 1: Verne skogen og plassere tiltak utenfor faresone	32
5.2	Alternativ 2: Fangvoll.....	32
5.3	Alternativ 3: Tilpasse bygg til skredlaster	34
6	Drift og vedlikehold	36
7	Sammenligning og anbefalinger.....	36

8 Referanser 37

Tabeller

Tabell 1. Oversikt over delområder og fastsatte sikkerhetsklasser.	6
Tabell 2: Ideelle og kritiske verdier for vernskog fra PROALP, Baurehansl et al. (2010), basert på Meyer-Grass og Schneebeli (1992). Tabellen er hentet fra NVEs oppsummeringsrapport for skog og skred (NVE, 2015).	14
Tabell 3: Anbefalte parametere for modellering av jordskred med RAMMS::Debris Flow (Skred AS, 2020b).	23
Tabell 4. Utvalgte skredparametere med (grønn) og uten (grå) skog for 5000-års designscenario. Maksverdiene er tatt ved områdegrensen mot nord.	32

Figurer

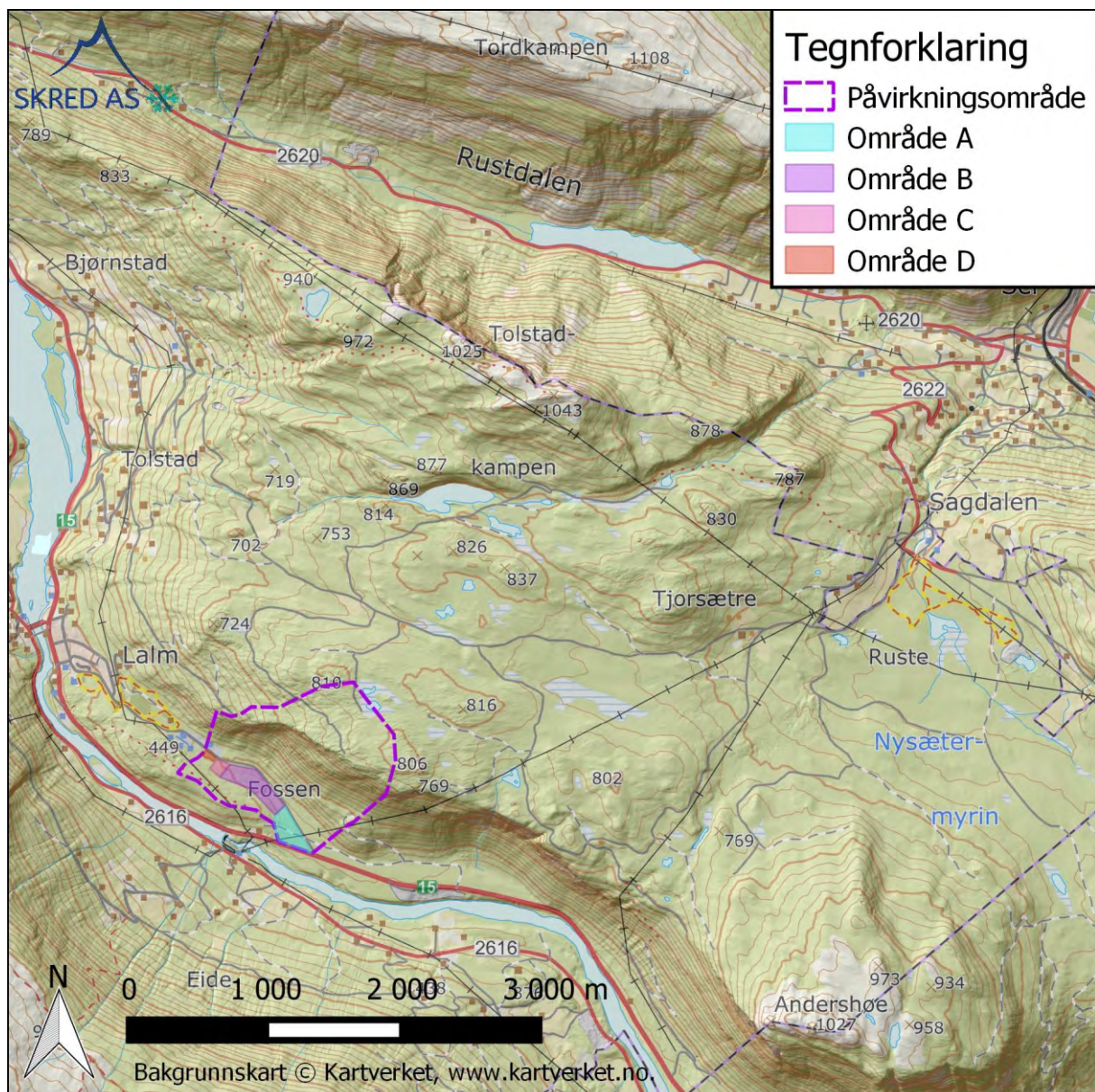
Figur 1: Lokalisering av det vurderte området, som ligger rett sørøst for Lalm sentrum.	5
Figur 2. Oversikt over de ulike delområdene, samt gjeldende faresoner i fra NVE Atlas.	6
Figur 3. Vernskog angitt av NGI med betydning for faresonene.	7
Figur 4: Faresoner med dimensjonerende skredtype fra NGI sin skredfarevurdering (NVE, 2018).	8
Figur 5. Oversiktsbilde tatt med drone under befaring 2022-08-30. De fire områdene er omtrentlig tegnet inn, hvor område A er lyseblått, område B er lilla, område C er rosa og område D er rødt.	12
Figur 6: Oversikt over det vurderte området med terrenghelning og skyggekart.	13
Figur 7. Skog med tilstrekkelig kronedekning til å effektivt hindre utløsning av snøskred. Data fra SR16 beta (NIBIO, 2022).	15
Figur 8. Løsmasse- og berggrunnskart fra NGU, i hhv. 1:50.000 og 1:250.000 målestokk.	16
Figur 9. Registeringskart med de utvalgte observasjoner i fra befaring.	17
Figur 10: Analyse av 3 døgns nysnødybde, dvs. maksimal endring i snødybde over 3 døgn, med fremskrevne returperioder.	19
Figur 11: Analyse av maksimal snødybde gjennom en vinter, med fremskrevne returperioder.	19
Figur 12. Skiserte løseområder for snøskred og modellert skredutløp med RAMMS.	21
Figur 13. Bilder fra siden opp mot Tolstadværnberget, hvor det er angitt faresoner for 100, 1000 og 5000-års gjentaksintervall med løsmasseskred som dimensjonerende skredtype.	22
Figur 14. Modeller skredutbredelse for 5000-års hendelse med RAMMS::DebrisFlow.	24
Figur 15: Dronebilde av løseområde over område B og C, som viser de dominerende sprekkesystemene for berggrunnen i området.	25
Figur 16: Eksempel på resultater fra modellering med Rockyfor3D med blokker på 10 m ³	26
Figur 17. Faresoner for skred med skog. Løsmasseskred og steinsprang er dimensjonerende skredtype.	27

Figur 18: Faresoner for skred uten skog. Snøskred og løsmasseskred er dimensjonerende skredtype.	28
Figur 20. Skog av betydning for faresone med skog. Skogen i dette området bør ha tilpasset skjøtsel/drift eller vernes for at faresonene skal være gjeldene.	29
Figur 19. Sammenligning av faresoner fra 2018 opp mot revurderte faresoner med skog. ...	30
Figur 21: Eksempel på voll med bratt støtside bygd som en tørrmur av store steinblokker. .	33
Figur 22: Eksempel på bygg som er bygd inn i en skråning slik at snøskred kan passere over taket. Foto: Skred AS	35

1 Bakgrunn

1.1 Innledning

NGI utførte, på oppdrag fra NVE, skredfarekartlegging i Lom, Skjåk og Vågå kommune i 2018 (NVE, 2018). Kartleggingen omfattet blant annet området langs Kvennbergvegen, hvor Krefter AS nå ønsker å etablere virksomhet knyttet til datasenter mm. Fra NGI sin skredfarekartlegging i 2018 er samtlige område omfattet av 5000-års faresonen fra dalsiden i nord, hvor område A, B og D er i tillegg delvis er omfattet av 1000-års faresonen. I tillegg er det tegnet faresoner (100-, 1000- og 5000-års faresone) innenfor område B fra kollen i sør.



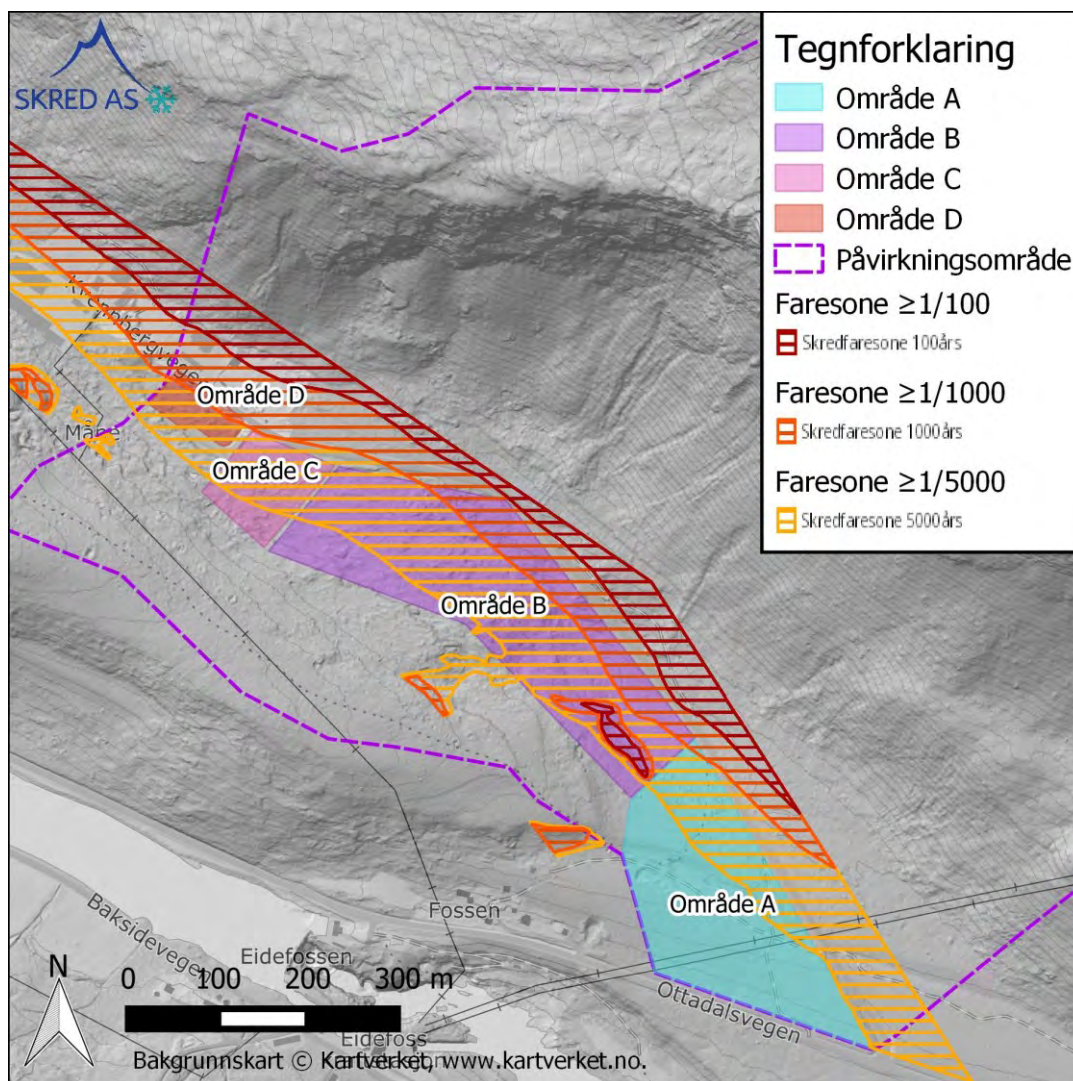
Figur 1: Lokalisering av det vurderte området, som ligger rett sørøst for Lalm sentrum.

1.2 Formål med denne rapporten

Som en del av reguleringsarbeidet er det ønskelig å få vurdert mulige tiltak for å sikre mot skred slik at kravene til sikkerhet mot skred iht. TEK17 er tilfredsstillt. Tabell 1 angir sikkerhetsklasse og ønsket arbeidsomfang for de ulike delområdene til Krefter AS. Sikkerhetsklassene er fastsatt av Vågå kommune.

Tabell 1. Oversikt over delområder og fastsatte sikkerhetsklasser.

Område	Farge	Sikkerhetsklasse TEK17 §7-3	Omfang/Kommentar
A	Lyseblå	S1, kun omfattet av faresone 1/5000.	Se på skredfare uten skog, og evt. sikringstiltak ved behov.
B	Lilla	S2 og S3, omfattet av faresone 1/100, 1/1000 og 1/5000.	Se på mulige sikringstiltak med og uten skog.
C	Rosa	S2 og S3, omfattet av faresone 1/1000 og 1/5000.	Se på mulige sikringstiltak med og uten skog.
D	Rød	S2, omfattet av faresone 1/1000 og 1/5000.	Se på skredfare uten skog, og evt. sikringstiltak ved behov.



Figur 2. Oversikt over de ulike delområdene, samt gjeldende faresoner i fra NVE Atlas.

Denne rapporten tar utgangspunkt i detaljnivået for mulighetsstudier som beskrevet av NVEs sikringshåndboka (<https://sikringshandboka.nve.no/sikring-mot-flom-og-erosjon/fase-1-planlegging-av-tiltak-mot-flom-og-erosjon/>).

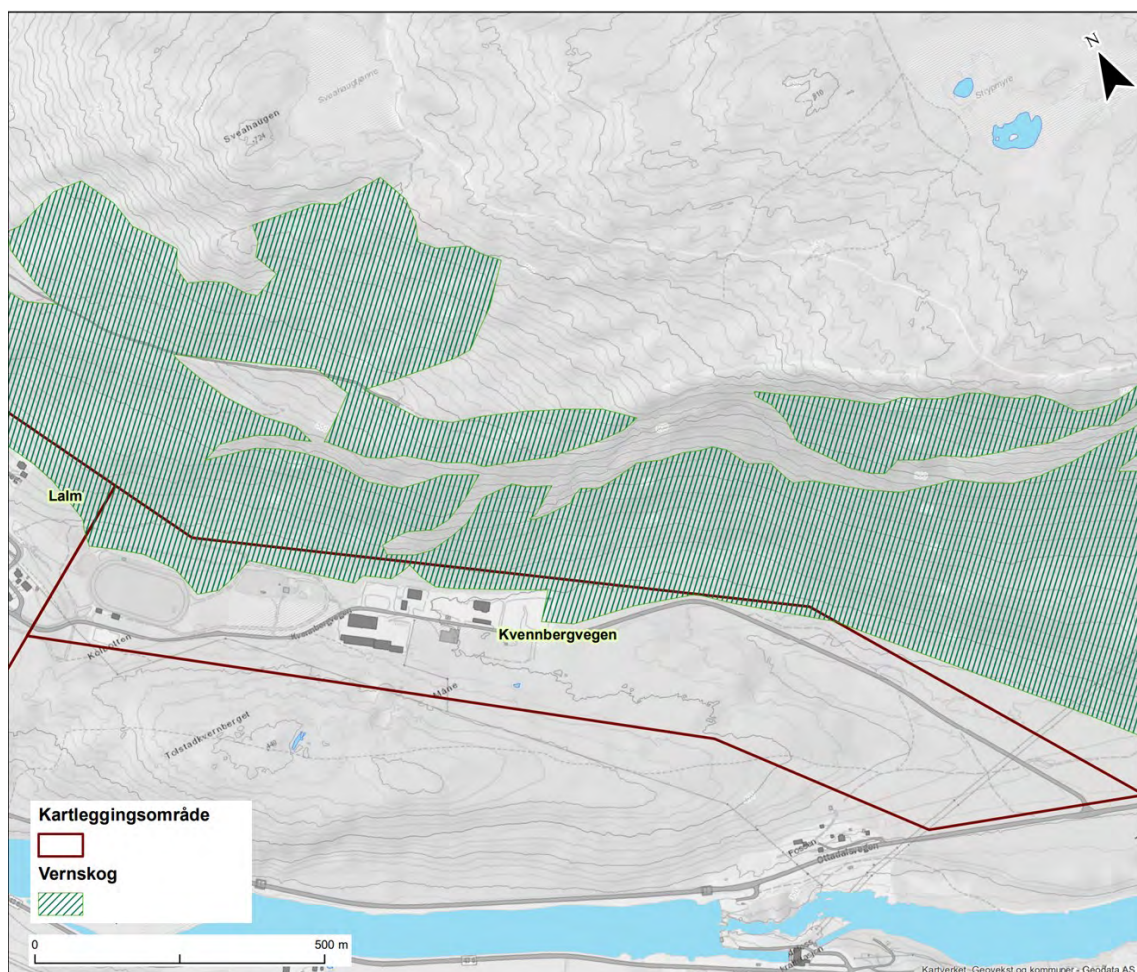
1.3 Grunnlag

Følgende grunnlag er benyttet:

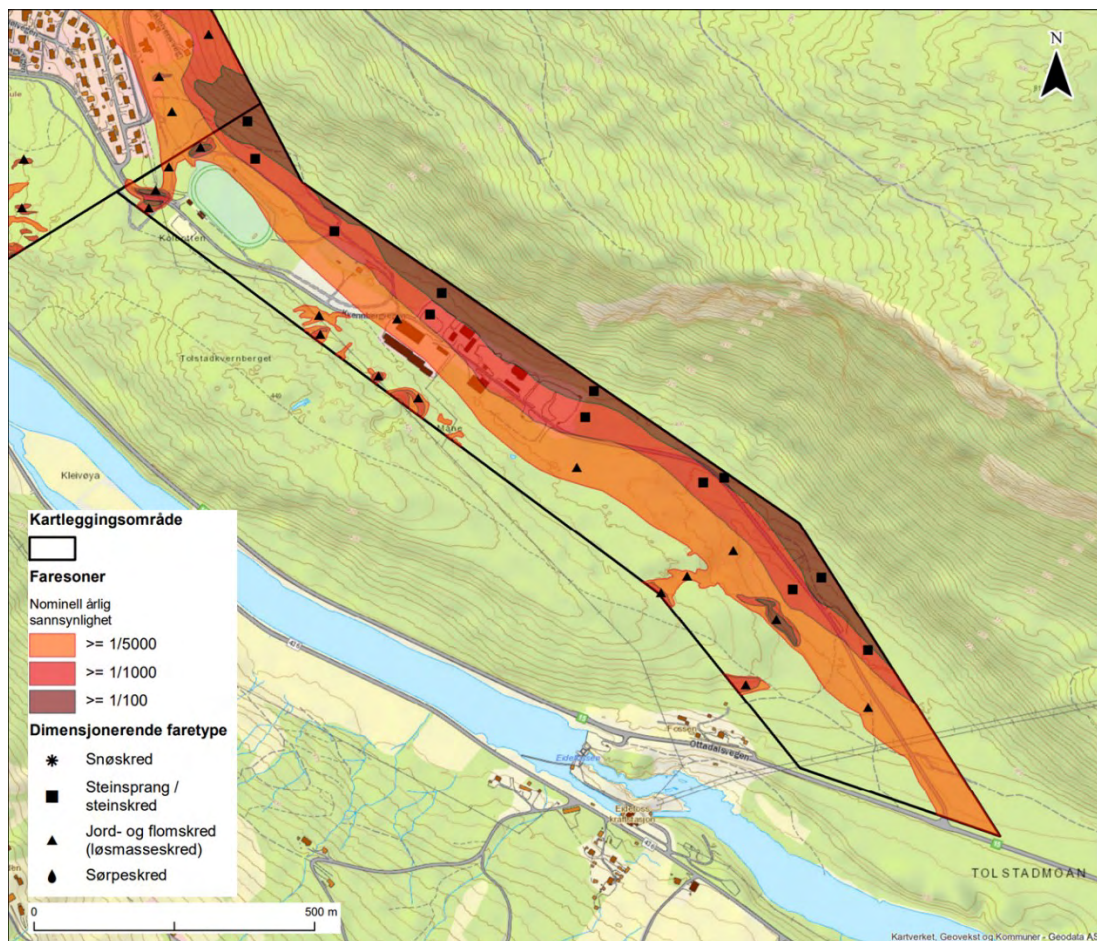
- Skredfarekartlegging utført av NGI på oppdrag fra NVE (NVE, 2018).
- Nasjonal høydemodell med 1x1 m oppløsning, som er lagd basert på en terrengmodell med 5 pkt. oppløsning fra 2013, lastet ned fra hoydedata.no
- Områdene innmålt i kommunekartet:
<https://www.kommunekart.com/?urlid=05296d2c-84a0-46b8-8dee-508ef3b4b803>.

1.4 Skredfarekartlegging

Skredfarekartleggingen konkluderte med at skogen i området hindrer utløsning av snøskred, og skogen i området er dermed angitt som vernskog/skog av betydning for skredfare (Figur 3). 100-års og 1000-års faresonene er videre dimensjonert av steinsprang fra dalsiden i nord, mens 5000-års faresonen og samtlige faresoner i fra dalsiden i sør er dimensjonert av jordskred (Figur 4). Slik Skred AS har forstått er skogen ikke vernet i dag.



Figur 3. Vernskog angitt av NGI med betydning for faresonene.



Figur 4: Faresoner med dimensjonerende skredtype fra NGI sin skredfarevurdering (NVE, 2018).

Det opplyst at terrengeanalysefunksjonene i Plankurvatur og FlowAcc i ArcMap er benyttet som hjelpemidler i vurderingen, men det er ikke vist til modellering for løsmasseskred, som er den dimensjonerende skredtypen fra påvirkningsområdet i sør, samt 5000-års faresonen fra påvirkningsområdet i nord.

NVEs veileder (NVE, 2020) gir eksempler på ulike forutsetninger som kan utløse behov for revurdering av eksisterende faresoner. Eksempler som ny metodikk er nevnt, hvor tilgang på flere relevante FoU prosjekter for modellering av steinsprang og løsmasseskred er gjort etter at eksisterende skredfarekartlegging ble utført, anses som relevant. Mangel på modellering av dimensjonerende skredtype vurderes også som en tydelig feil og mangel ved skredfarevurderingen, jfr. eksemplene i veilederen. I tillegg anses kap. 4.16.5.4 Jord- og flomskred i rapporten (NVE, 2018) som svært kort og mangelfull.

Skred AS mener det derfor er grunnlag for revurdering av faresonene. Ønsket om revurdering av faresonene er oversendt NVE for innspill, uten at de fremmet noe innsigelser.

1.5 Tidligere utredninger sikringstiltak

Vi kjenner ikke til andre utredninger av sikringstiltak av relevans for det vurderte området ut over skredfarekartleggingen i 2018.

2 Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere

2.1 Plan og bygningsloven

Plan og bygningslovens kapittel 28 *krav til sikker byggegrunn* sier at

«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.»

I tillegg angis krav til tiltaket i kapittel 29, hvor det blant annet står:

«Ethvert tiltak skal prosjekteres og utføres slik at det ferdige tiltaket oppfyller krav til sikkerhet, helse, miljø, energi og bærekraftighet, og slik at vern av liv og materielle verdier ivaretas.»

For beskrivelse av krav til sikkerhet viser vi til byggteknisk forskrift (TEK 17).

Naturpåkjenninger er omtalt i §7 hvor sikkerhet mot skred i §7-3 er relevant for dette arbeidet.

Foruten kravene gitt i TEK 17 §7-3 har vi lagt til grunn DIBK temaveileder *Utbygging i fareområder* (DiBK, 2022) for arbeidene.

2.2 Fare for økt ulempe på omliggende områder

Nabolovens §2 fastsetter at

«Ingen må ha, gjera eller setja i verk noko som urimeleg eller uturvande er til skade eller ulempe på granneeigedom. Inn under ulempe går òg at noko må reknast for farleg»

Det er lite nærliggende bebyggelse som vil bli påvirket av evt. sikringstiltak, da tilstøtende eiendommer ligger oppstrøms.

2.3 Valg av sikkerhetsnivå etter TEK17 §7-3

Som angitt i kap. 1.2, er ønsket sikkerhetsnivå for de ulike områdene som følger:

- Område A – Sikkerhetsklasse S1
- Område B – Sikkerhetsklasse S3
- Område C – Sikkerhetsklasse S3
- Område D – Sikkerhetsklasse S2

Basert på listen over, og faresonene angitt av NGI i Figur 4, er det behov for sikringstiltak for område B og C. I tillegg er nordlige deler av område D omfattet av 1000-års faresonen, men her antas det at bygget kan plasseres lengre mot sør, utenfor faresonen, og at det dermed ikke er behov for sikringstiltak.

Krefter AS har en pågående dialog med kommunen rundt sikkerhetsklasse for område B og C, da det vil være begrenset med personopphold i de planlagte datasentrene. Det er derfor ønsket at disse områdene settes ned til sikkerhetsklasse S2. Mulighetsstudiet er gjort med utgangspunkt i sikkerhetsklasse S3 for de to områdene, og enkelte tiltak vil derfor kunne utgå om sikkerhetsklassen reduseres til S2.

2.4 SAK 10

De foreslåtte sikringstiltakene vil være søknadspliktige etter SAK 10. I senere fase må tiltakene derfor omsøkes og behandles etter SAK 10.

2.5 Benyttede håndbøker og veiledere

Foruten kravene i plan- og bygningsloven (PBL) og byggteknisk forskrift (TEK 17) har vi støttet oss på:

- Håndbok V138 Veger og snøskred
- Håndbok V139 Flom- og sørpeskred
- VD rapport nr. 32 Sikring av veger mot steinskred
- NVE sin veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng
- De delene av NVEs sikringshåndboka (NVE, 2022) som er publisert og relevante, i all hovedsak faseinndeling og overordnede prinsipper

Følgende internasjonale retningslinjer og veiledere for å supplere (manglende) norske retningslinjer og veiledere:

- Østeriske retningslinjer for snøskred: Permanent technical avalanche protection — Design of structures (ONR, 2010; ONR, 2011)
- Østeriske retningslinjer for steinsprang: Technical protection against rockfall – Terms and definitions, effects of actions, design, monitoring and maintenance (ONR, 2020)
- Sveitsiske retningslinjer for snøskredvoller: Anleitung zur Dimensionierung von Lawinauffangdämmen (Baillifard, Kern, & Margreth, 2007)
- Sveitiske retningslinjer for sikring mot løsmasseskred (jord- og flomskred, steinsprang): Protection against Mass Movement Hazards (BAFU, 2016)
- The design of avalanche protection dams (Johannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009)
- The Technical Protection Avalanche Handbook (Rudolf-Miklau, Mears, & Sauermoser, 2015)
- Practical guide for debris flow and hillslope debris flow protection nets (Berger, Denk, Graf, Stieglitz, & Wendeler, 2021)
- Rockfall Engineering (Wyllie, 2017)

2.6 Føringer fra oppdragsgiver

Vi har ikke fått noe spesielle føringer fra oppdragsgiver ut over hvilke sikkerhetsklasser som gjelder for de ulike områdene, samt at det ønskes en vurdering av behov for verneskog eller tilpassing av skjøtsel/drift slik at det ikke medfører ulemper mtp. skredfaren.

2.7 Kartgrunnlag

Ifm. vurderingene har vi benyttet siste tilgjengelige kartgrunnlag på www.hoydedata.no, dataene ble hentet inn i 2013, opprettet i 2016 og sist endret i 2022. Vi har benyttet nasjonal høydemodell med 1 m x 1 m oppløsning basert på laserdata.

2.8 Eiendomsforhold

For område D er det tilstøtende eiendommer som ligger mellom området og den skredutsatte dalsiden. For de øvrige områdene er det ingen tilstøtende eiendommer med næring eller bebyggelse, annet enn Kvennbergvegen som går gjennom dalsøkket.

2.9 Reguleringsplan, kommuneplan

Denne vurderingen er for å ivareta sikkerhet mot skred ifb. utarbeidelse av reguleringsplan. Vi forutsetter derfor at øvrige fagområder, interesser, mm håndteres av oppdragsgiver. Skred AS utarbeider en egen rapport for vurdering av flomfare (22246-01-1).

2.10 Vedlikehold og tilsyn

Vi er ikke kjent med planlagte eieforhold for de foreslåtte tiltakene etter endt utbygging.

DIBKs veileder Utbygging i fareområder (DiBK, 2022) beskriver i kap. 9.3 dokumentasjon for drift og vedlikehold av sikringstiltak. I veilederen påpekes det at en løsning som sikrer fremtidig vedlikehold må være på plass før byggetillatelse gis, hvis sikringstiltaket krever vedlikehold for at sikkerhetsnivået skal opprettholdes.

Vi vil kort kommentere behovet for vedlikehold dersom det vurderes å være nødvendig for å opprettholde sikkerhetsnivået. Ved valg av endelig sikringsløsning, bør slike hensyn tas med i betraktningene.

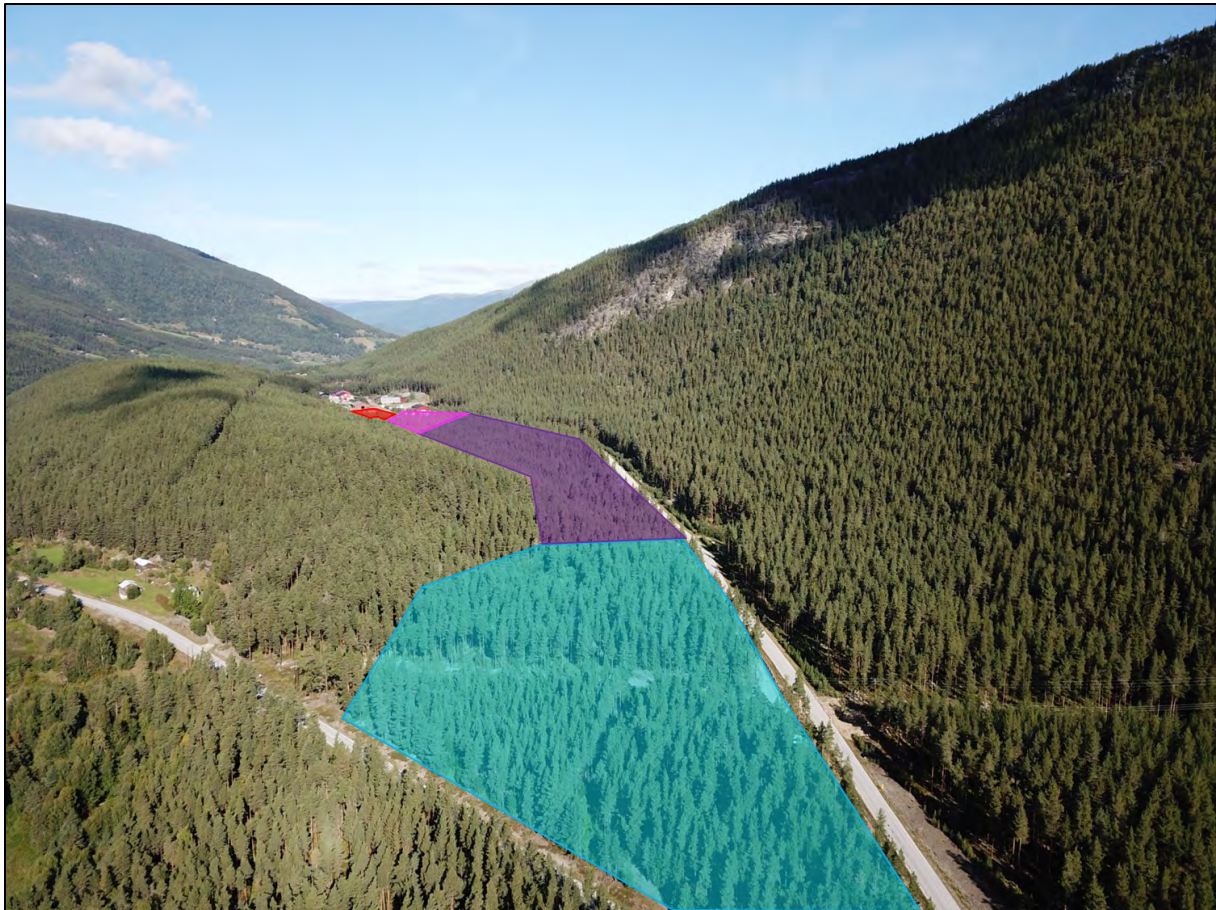
2.11 Miljø-, natur- og kulturverdier

Det er som del av arbeidet ikke videre undersøkt hvilke andre hensyn som vil kunne påvirke mulighetsrommet for etablering av sikringstiltak. Eksempelvis registrerte naturvernområder, naturtyper, arter av regional eller nasjonal forvaltningsinteresse, eller kulturminner. Dette er forhold som normalt må utredes i forbindelse med reguleringsplan.

Det forutsettes at oppdragsgiver eller andre engasjerte fagmiljø selv vurderer behovet for andre relevante utredninger.

3 Beskrivelse av området

Området som Krefter AS ønsker å utvikle er delt i fire forskjellige områdene, hvor alle er plassert på sørsiden av Kvennbergvegen. Kvennbergvegen går i en mindre sidedal, og ligger rett sørøst for Lalm sentrum.



Figur 5. Oversiktsbilde tatt med drone under befaring 2022-08-30. De fire områdene er omtrentlig tegnet inn, hvor område A er lyseblått, område B er lilla, område C er rosa og område D er rødt.

3.1 Topografi og hydrologiske forhold

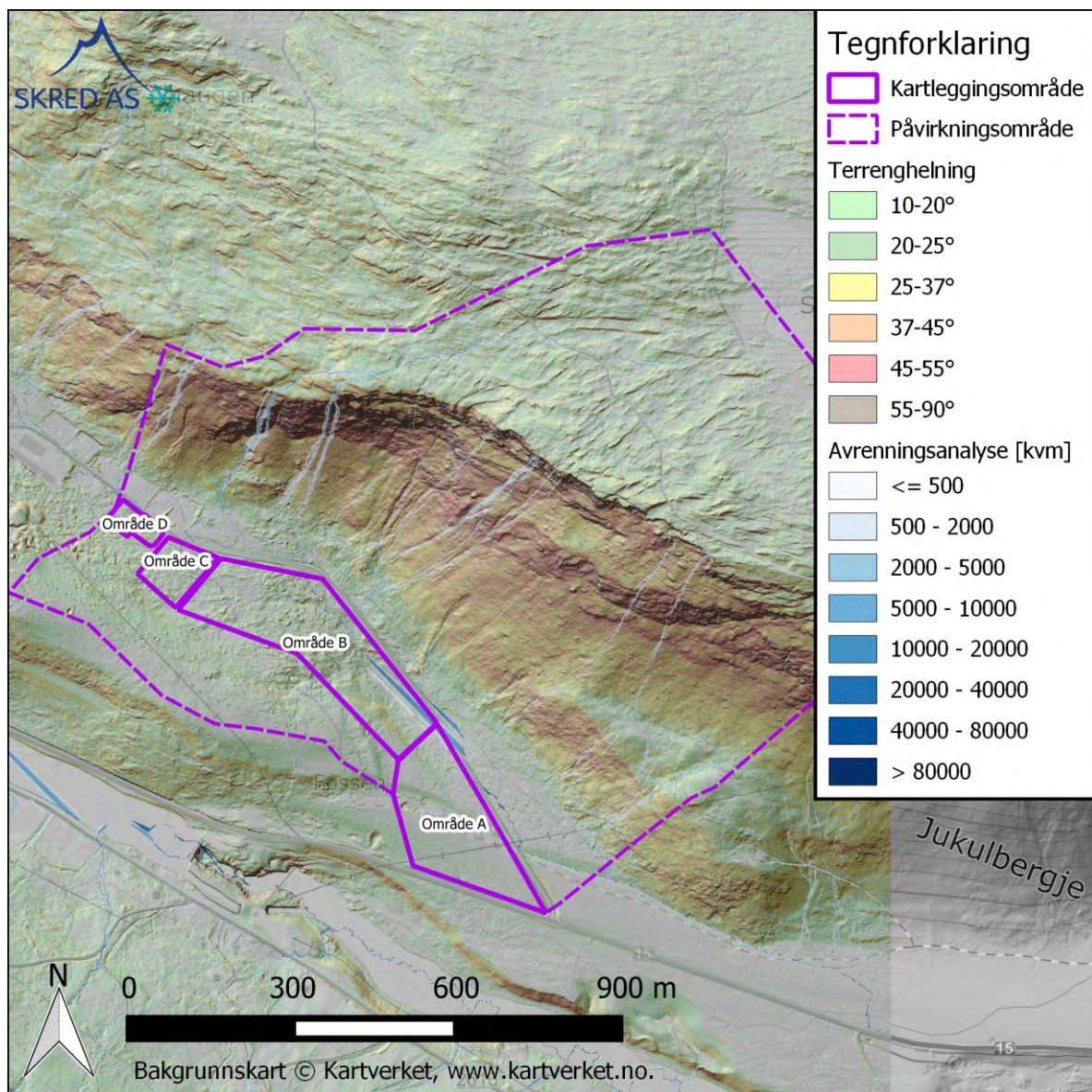
Terrenganalysen er basert på en nasjonal terrengmodell med horisontal oppløsning 1 m x 1 m. Kart med terrenghelning og avrenningsanalyse er vist i Figur 6.

Det vurderte området ligger i en liten sidedal for elven Otta, adskilt av en liten kulle kalt Tolstadsvernberget. Nord for de aktuelle områdene (A-D) er terrenget slakt ($<20^\circ$) de første ca. 10-20 høydemetrene. Dalsiden i nord består videre av en løsmasseskråning på $30-45^\circ$, som brytes av at klippebånd opp mot platået mot Jukulberget. Høyden på løsmasseskråningen varierer fra ca. 60 høydemetre i vest til ca. 120 høydemetre i øst. Platået mot Jukulberget og Strypmyre stiger jevnt mot nordvest, og har en helning på $<20^\circ$.

Sørvest for område B, C og D ligger Tolstadsvernberget på 449 moh., som har en slak rygg ned mot område A i øst på ca. 375 moh. De tre områdene B, C og D ligger i bunn av den lille

sidedalen og strekker seg fra 375 moh. i øst til ca. 400 moh. i vest. Terrenget opp mot Tolstadsvernberget er generelt slakt ($<20^\circ$), avbrutt av enkelte fremstikkende bergrygger som går i øst-vestlig retning.

Det er utført en avrenningsanalyse ved bruk av MFD-metoden for å generere teoretiske flomveger på bakgrunn av terrenget med 1 m x 1 m. Fra midtre del av område B og østover er avrenningen i den dalsiden nord for områdene relativt begrenset. Ned mot område C går imidlertid flomvegen fra Strypmyre, og det totale nedbørsfeltet er på ca. 2000 kvm. I siden ned fra Tolstadsvernberget, syd for de vurderte områdene, er det ingen flomveger som har større nedslagsfelt enn 500 kvm. For avrenning gjennom planområdene og dalsøkket utfører Skred AS en egen flomfarevurdering 22246-01-1.



Figur 6: Oversikt over det vurderte området med terrenghelning og skyggekart.

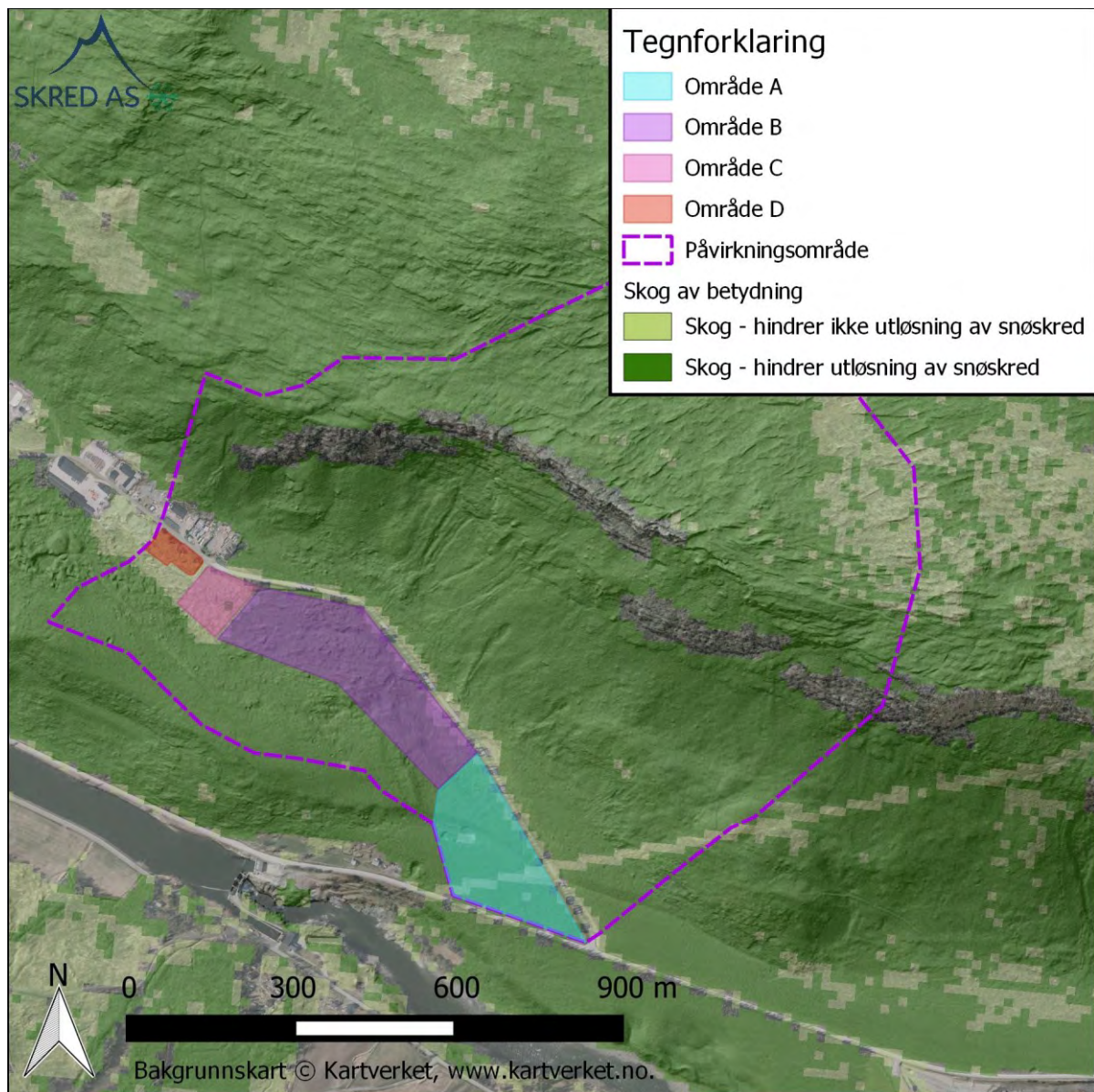
3.2 Vegetasjon

Områdene og fjellsiden ovenfor dem er dekket med skog, hvor furu er dominerende treslag. Det er også enkelte gran og lauvtrær i området. Flyfoto fra 1958, 1964, 1965, 1969, 1988, 2004, 2009, 2011, 2015 og 2020 viser en liten fortetning av skogen, samt at det har vært uttak av skog på noen mindre områder. Flyfotoene viser ellers ingen tegn på skred i området.

Skog som har betydning for skred er oppsummert i NVEs oppsummeringsrapport for skog og skred (NVE, 2015). Tabell 2 er hentet fra rapporten og viser gjeldende verdier for hva som regnes som skog tett nok for å forhindre utløsning av snøskred. Av parameterne i tabellen er konedekning den mest tilgjengelige og målbare ut fra tilgjengelig datagrunnlag, og er derfor vist i Figur 7. Data i figuren er hentet fra NIBIOs SR16 data for skog. Skogen har en forankrende effekt på snødekket, og reduserer samtidig mulighet for oppbygning av større, sammenhengende flak.

Tabell 2: Ideelle og kritiske verdier for vernskog fra PROALP, Baurehansl et al. (2010), basert på Meyer-Grass og Schneebeli (1992). Tabellen er hentet fra NVEs oppsummeringsrapport for skog og skred (NVE, 2015).

Parameter	Forest type									
	Deciduous forest		Mixed forest: deciduous, coniferous trees		Evergreen coniferous forest		Mixed forest larch, stone pine		Larch forest	
	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.
Crown cover (%)	<80	>80	<70	>70	<35	>50	<30	>50	<35	>50
Stem number per ha	>450	>550	<280	>300	<190	>210	>200	>280	>180	>230
Gap width (m)	>5		>5	none	>10	<5	>10	<5	>10	<10
Ground vegetation (%)	>50	<35	>50	<50						
Slope gradient(°)	>38		>42		>38		>35		>32	



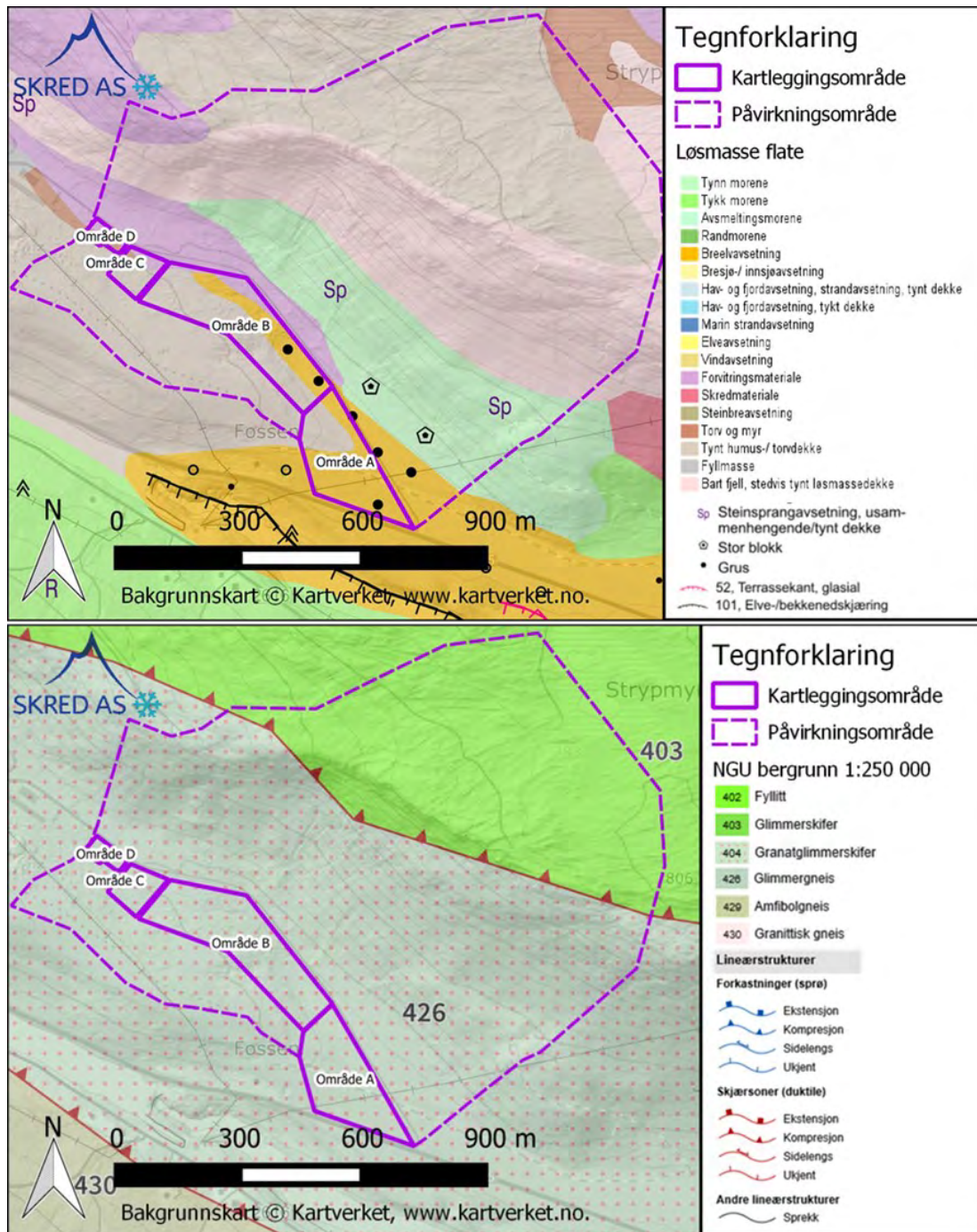
Figur 7. Skog med tilstrekkelig kronedekning til å effektivt hindre utløsning av snøskred. Data fra SR16 beta (NIBIO, 2022).

3.3 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:250 000 (NGU, 2022a) og består av granatglimmerskifer i de sentrale delene rundt kartleggingsområdet, og det sørlige påvirkningsområdet. Den nordligste delen av påvirkningsområdet i nord er bergarten kartlagt som sandig fyllitt. Dette stemmer godt overens med observasjoner fra befaringen.

Løsmassene er kartlagt i målestokk 1:50 000 (NGU, 2022b), hvor kartleggingsområdet ligger i et område med breelvavsetninger, forvittringsmateriale og tynt humus-/torvdekke. Dominerende kornstørrelse i breelvavsetningene er grus. Løsmassene i det sørlige området består av et tynt humusdekke, hvilket ble bekreftet under befaring. Det ble i tillegg observert flere fjellblotninger som hadde en vest-østlig orientering, altså på tvers av fallretning mot

kartleggingsområdet. Flere av områdene som var brattere en 20° ble observert til å være fjellblotninger uten overdekkene løsmasser under befaring. Løsmassene i det nordlige påvirkningsområdet består av forvittringsmateriale i vest, mens det mot øst er kartlagt som tynt morenedekke. I området med morenedekke er det også kartlagt for steinsprangavsetning (Sp), usammenhengende eller tynt dekke, samt enkelte store blokker på >10 m³. Disse steinblokkene ble også observert under befaring, men steinsprangavsetningene fremsto som mindre fersk/aktiv. Ovenfor morenedekket er det bart fjell med stedvis tynt humusdekke.



Figur 8. Løsmasse- og berggrunnskart fra NGU, i hhv. 1:50.000 og 1:250.000 målestokk.

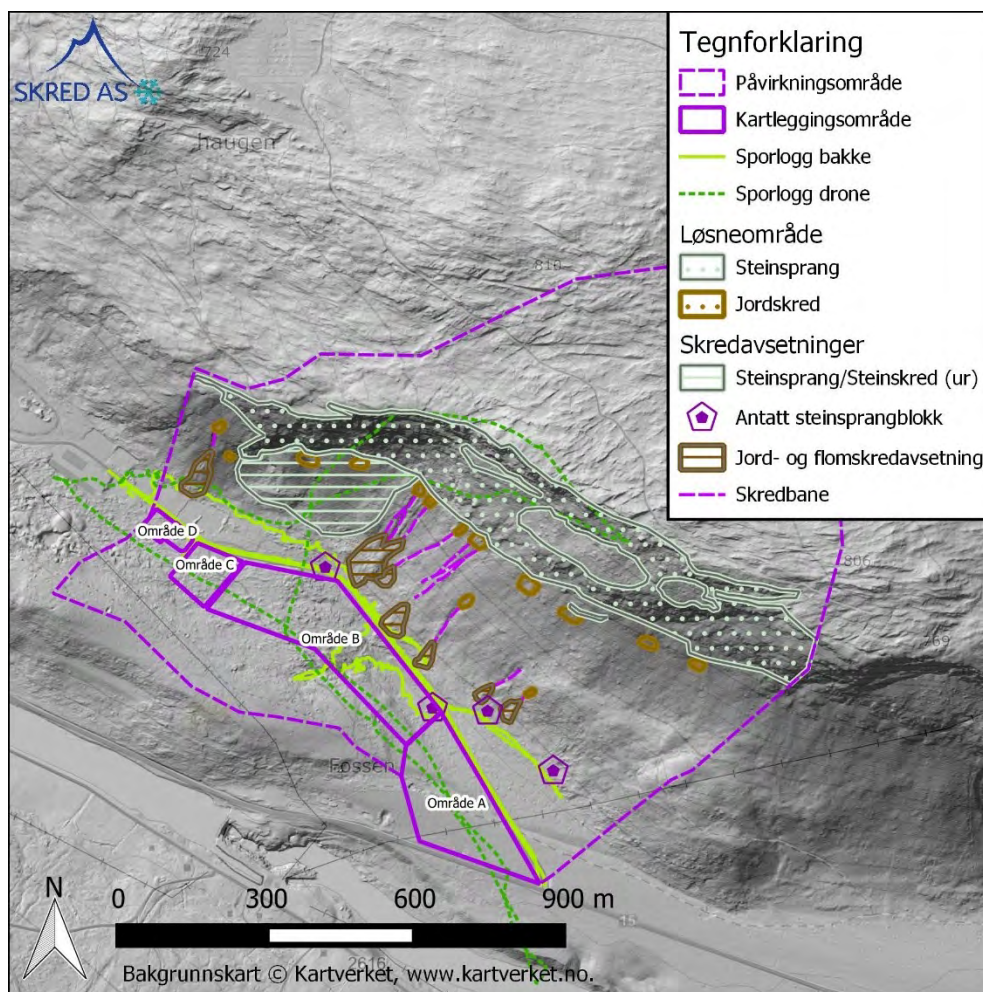
3.4 Befaring

Skred AS v/Pål Lohne gjennomførte befaring av området 2022-08-30. Befaring ble gjennomført til fots og med drone, hvor fokus var på:

- Løsneområder for ulike typer skred; størrelse på løsneområde, generelt inntrykk av mektighet på løsmassene i området, oppsprekningsgrad, mulige baksprekker osv.
- Terrengformasjoner som påvirker skreddynamikken; rygger, fjellhyller, søkk, forsenkninger mm.
- Plassering og skredmaterialer i fra tidligere skredhendelser, som var identifisert fra skyggekart før befaring.

I tillegg ble det gjennomført innmåling av flere stikkrenner, samt bekkeløp i kartleggingsområdet for flomfarevurderingen.

De viktigste registreringene er sammenstilt i et registreringskart Figur 9. På nordsiden av Kvennbergvegen ble det registrert steinsprangsblokker langs så å si hele dalsiden. Dette er ikke tegnet inn i registreringskartet, da steinspranguren mot øst fremsto mindre aktiv/tydelig, samt at de fleste mindre steinblokkene tydelig ikke vil påvirke planområdene. Fokus var dermed på større steinblokker som representerer det mer sjeidende hendelsene.



Figur 9. Registreringskart med de utvalgte observasjonene fra befaringen.

3.5 Klima

3.5.1 Fra skredfarekartleggingen i 2018

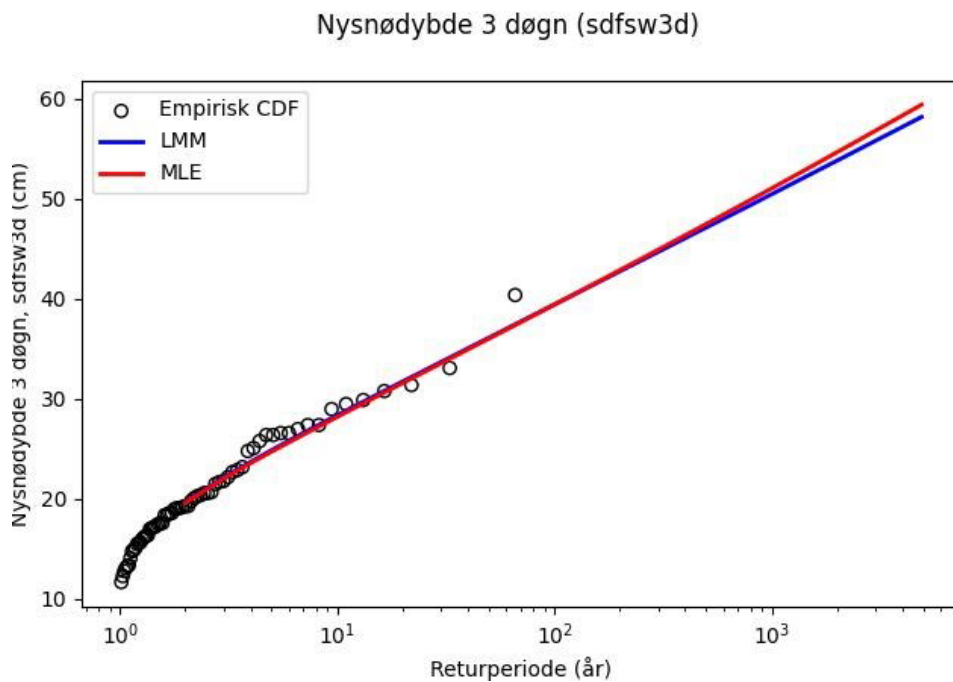
I skredfarekartleggingen utført av NGI på oppdrag for NVE (NVE, 2018) ble det utarbeidet en klimaanalyse basert på historiske data fra målestasjoner (punktmålinger). En utfordring med punktmålinger er at stasjonene står relativt langt fra hverandre og kan til dels ha korte dataserier. Analyser basert på punktmålinger fanger dermed ikke opp lokale klimatiske effekter. Vi oppsummerer kort funnene, for ytterligere detaljer se skredfarevurderingen (NVE, 2018).

- Årsnedbør er mellom 370 og 484 mm på de utvalgte stasjonene. Dette er relativt lite gitt høyden stasjonene ligger i (700-1000 moh.) og betyr at det er et tørt innenlandsklima.
- 3 døgns nedbør vinterstid med 1000 års gjentaksintervall er ikke spesifikt vurdert for området, da skogen anses som tett nok til å utelukke snøskred. Basert på nærliggende områder i NGI sin vurdering antas bruddanten å være rundt 50 cm for 1000 års gjentaksintervall.
- Fremherskende vindretninger vinterstid er fra sørvest.

3.5.2 Supplerende klimaanalyse

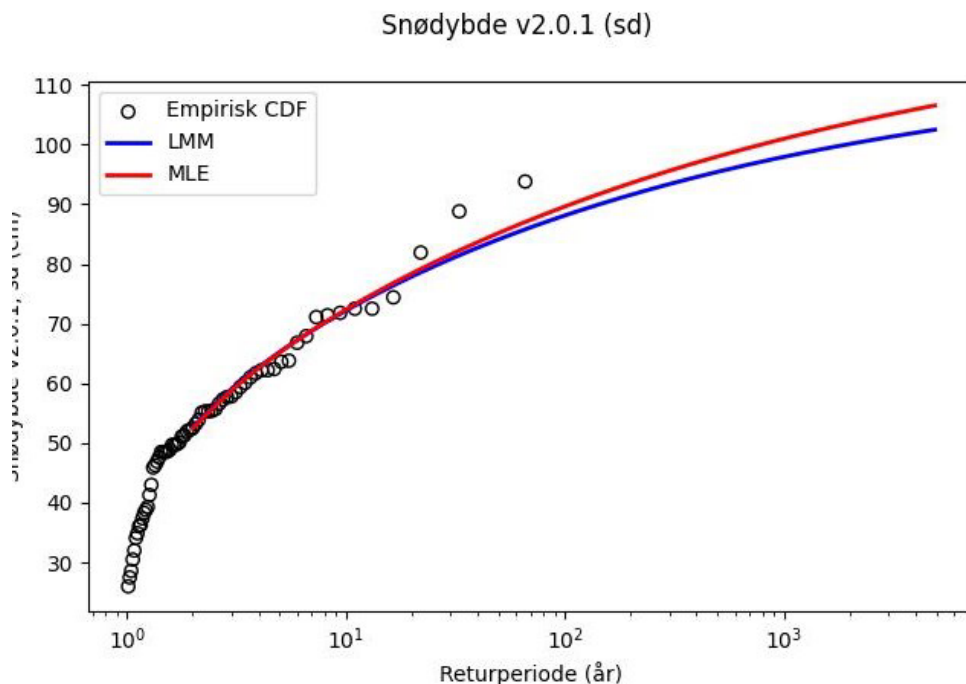
Vi har gjort en supplerende klimaanalyse for å kunne vurdere klimatiske trekk av betydning for snøskred dersom skogen ikke blir tatt hensyn til. Analysen er gjort ved studie av griddede, dvs. interpolerte, data fra xgeo.no. Dataene bygger på måleserier fra 1957, som er noe kortere dataserie enn analysene basert på punktmålinger i skredfarevurderingen. Dataperioden har for kort måleserie til å gi pålitelig indikasjon på returperioder større enn 1000 år, men indikerer også større returperioder. Siden dataene er interpolerte, gir de en verdifull indikasjon på topografiens påvirkning på klimatiske trekk som stasjonsdata i mange tilfeller ikke gir et godt bilde av. Dataene er hentet ut fra en gridcelle a 1 km x 1 km på gjennomsnittlig høyde 741 moh.

Figur 10 viser en analyse av 3 døgns nysnødybde (nysnøtilvekst), dvs. faktisk endring i snødybde over 3 dager. Det tar dermed hensyn til sammensynking av snødekket. Verdier for hhv. 100, 1000 og 5000 års returperiode er hhv. 39, 51 og 59 cm nysnøtilvekst. Maksimal observert (empirisk interpolert) verdi er ca. 42 cm.



Figur 10: Analyse av 3 døgns nysnødybde, dvs. maksimal endring i snødybde over 3 døgn, med fremskrevne returperioder.

Figur 11 viser en analyse av maksimal snødybde på flatmark gjennom en vinter med fremskrevne returperioder. Analysen indikerer at maksimal snødybde for hhv. 100, 1000 og 5000 års returperiode kan være 89, 101 og 107 cm. Maksimal observert (empirisk, interpolert) verdi er ca. 95 cm.



Figur 11: Analyse av maksimal snødybde gjennom en vinter, med fremskrevne returperioder.

4 Skredfarevurdering

Basert på feltbefaring 2022-08-30 sammen med vurdering av skyggekart, terrenghelning, geologi mm. gir inntrykk av at 5000-års faresonen, samt samtlige faresoner fra Tolstadværnberget syd for det vurderte området, er svært konservativ og lite realistisk. Skredfarekartleggingen i fra 2018 (NVE, 2018) er også gjort etter gammel veileder, og det er ikke vist til modelleringsresultater for jordskred som er dimensjonerende for de nevnte faresonene. Det foreligger heller ikke sporlogg i fra registeringskartet, og det er usikkerhet om området opp mot Tolstadværnberget faktisk er .

Skred AS mener derfor det er grunnlag for revurdering av faresonene.

Jfr. kap 1.2 vurderes område A og D for skredfare uten at skogen er til stede, mens det for område B og C vurderes skredfare både med og uten skogens effekt på denne.

4.1 Snøskred

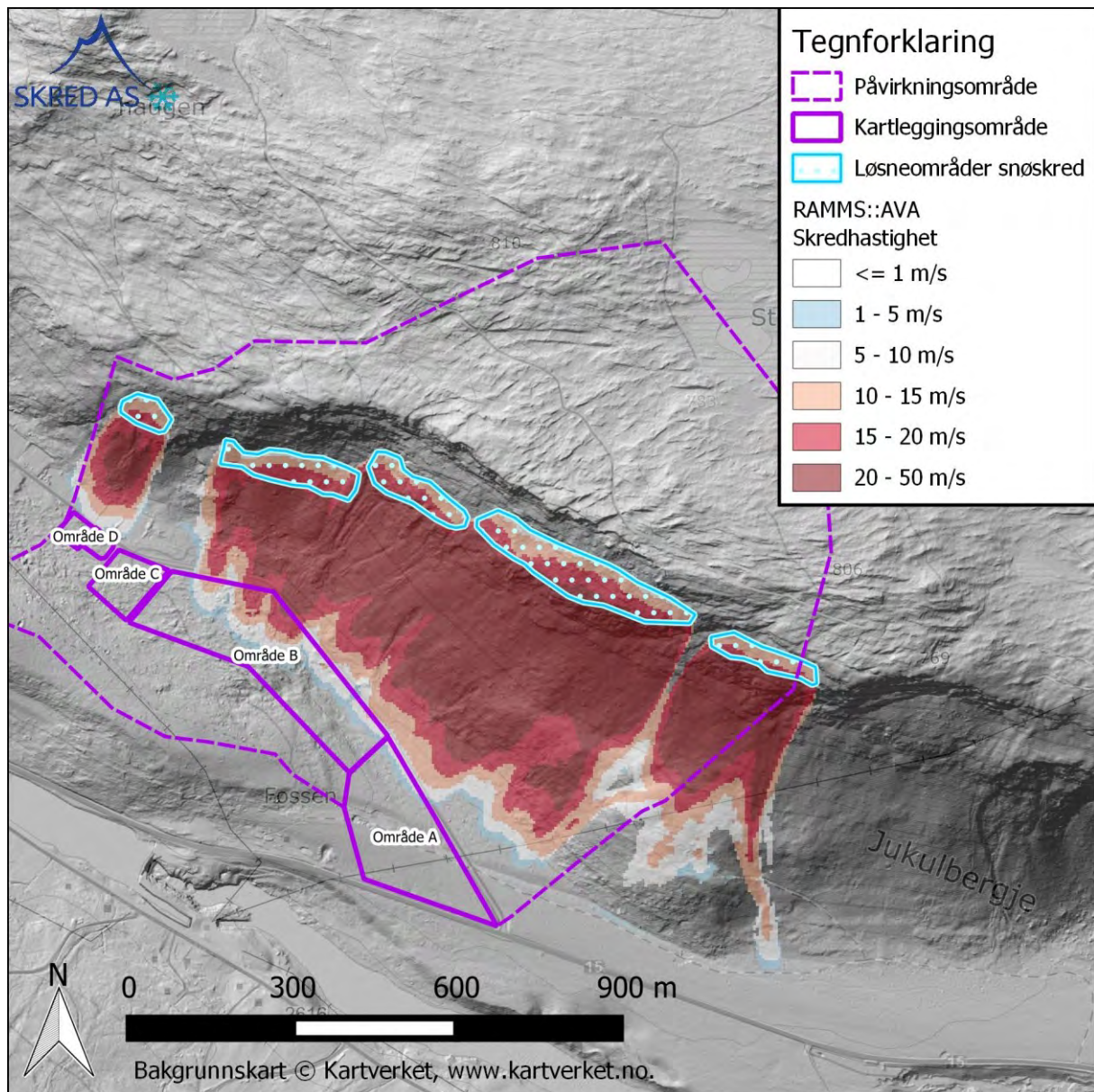
Basert på topografi og terrenghelning alene er hele dalsiden i nord teoretisk mulige utløsningsområder for snøskred. Som angitt i kap. 3.2 er imidlertid de potensielle løsneområder er imidlertid fullstendig dekket av skog (Figur 5 og Figur 7), i vesentlig grad furu-/barskog som vurderes som tett nok til at snøskred ikke vil løses ut. Dette sammenfaller med vurdering i skredfarekartleggingen fra 2018 (NVE, 2018).

Under dagens vegetasjonsforhold er det ingen reelle løsneområder for snøskred med årlig sannsynlighet for utløsning $\geq 1/5000$ i påvirkningsområdet.

Det er likevel gjort vurdering av snøskredfare, hvor skogen ikke er tatt betraktning. Basert på supplerende klimaanalyse er det valgt en konservativ bruddkanthøyde på 100 cm for et større sammenhengende løsneområder (Figur 12), hvor løsnevolumet varierer mellom 5 500-30 000 m³. Grunnen for bruddkanthøyde på 100 cm er de store henteområdene ovenfor løsneområdet, samt fremherskende vindretning som gir særlig vindpålagring i de nordvestlige løsneområdene. Det er i tillegg benyttet 150 cm for mindre konkave terrengformasjoner, hvor løsnevolumet varierer mellom 2 000-6 500 m³. Vi har videre valgt å benytte den dynamiske modellen RAMMS::Avalanche (Christen, Kowalski, & Bartelt, 2010) til å simulere utløp av snøskred fra de aktuelle løsneområdene. Standard friksjonsverdier i RAMMS (μ og ξ), basert på volum og gjentakintervall 300 år, er benyttet for simulering av skredhendelser med 5000 års gjentakintervall i mangel på større returperioder i programvaren. Høydenivåene (standardinnstillingen er 1500 og 1000 moh.) er endret til 1000 og 500 moh. basert på skjønn, kalibrering mot kjente hendelser i andre prosjekter og sensitivetsanalyser. Basert på NIFS rapporten (NIFS, 2015) skal høydenivåene settes til 1150 og 650 moh., og de lavere angitte høydene på 1000 og 500 vil derfor gi noe lengre utløp. Det er benyttet 5 m x 5 m oppløsning på beregningene.

Modellresultatene indikerer at snøskred under forutsetning at skogen er borte kan gå relativt langt ned i fjellsiden, men at det hovedsakelig er de nordligste delene av område B som kan bli berørt. Modellresultatet i Figur 12 angir det som anses som mest representativt

for en 5000-årshendels. Modelleringsresultat med mindre løснеområder knyttet til konkave terrengformasjoner berør de 4 planområdene i svært liten grad (ikke vist i figur).



Figur 12. Skisserte løснеområder for snøskred og modellert skredutløp med RAMMS.

Basert på tolkning av modellresultater, terreng og faglig skjønn vurderes sannsynligheten for snøskred inn i område B som større enn 1/5000 hvis skogens effekt på skredfaren ikke tas i betraktning.

4.2 Sørpeskred

Sørpeskred er ikke kjent i området, og det er ingen tydelige forsenkninger i terrenget eller stor nok avrenning, der sørpeskred vil kunne utløses.

Årlig sannsynlighet for sørpeskred i påvirkningsområdet vurderes derfor som mindre enn 1/5000.

4.3 Løsmasseskred

Løsmasseskred fra det sørlige påvirkningsområdet vurderes ikke som en aktuell prosess, ettersom skrentene som er bratt nok enten er har berg i dagen eller et tynt usammenhengende humusdekke (Figur 13). Det er heller ingen tegn i skyggekart etter utglidninger eller skredkanter fra tidligere jordskred, og det er ingen avsetningsformer som viser avsetninger av slike skred.

Vi vurderer derfor at årlig sannsynlighet for løsmasseskred inn i det vurderte området fra sør som mindre enn 1/5000.



Figur 13. Bilder fra siden opp mot Tolstadkvernberget, hvor det er angitt faresoner for 100, 1000 og 5000-års gjentaksintervall med løsmasseskred som dimensjonerende skredtype.

Fra påvirkningsområdet i nord er det flere tegn i skyggekart etter utglidninger og vifteformer fra tidligere hendelser. Skredviftene kunne også tydelig ses under befarings, der den ene traktorvegen rett nord for sørlige delen av område B skjærer seg igjennom en skredvifte.

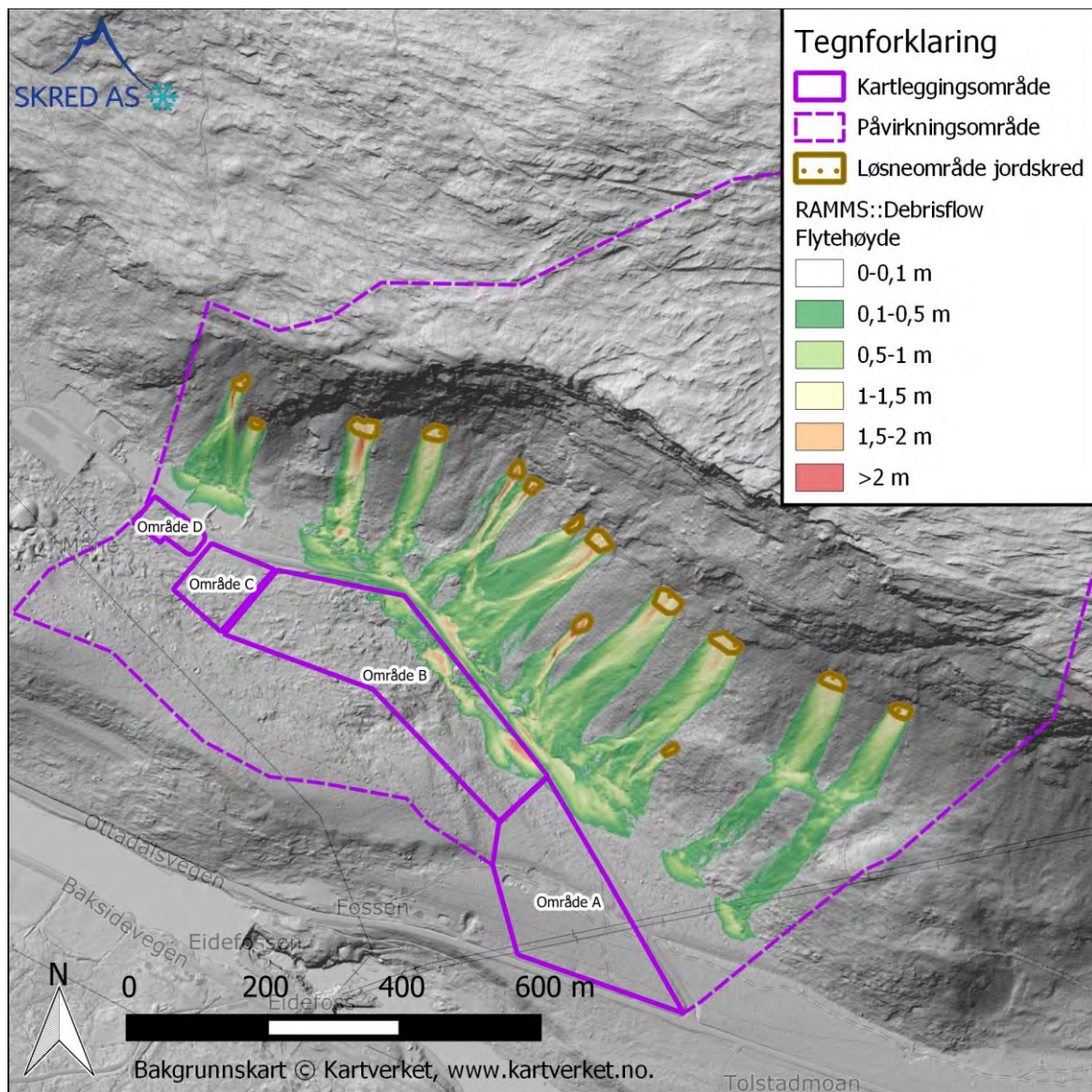
Vi har derfor modellert mulige utløp av jordskred ved hjelp av programvaren RAMMS: Debris Flow (Christen, et al., 2012). Vi har benyttet «block release» som utløsningsmekanisme, standard friksjonsparametre for jordskred og erosjonsmodul etter gjeldende anbefalinger (Tabell 3) fra nylig utført FoU-prosjekt (Skred AS, 2020b). Utløst volum varierer mellom 220-1010 m³. Det modellerte resultatet (ikke vist i figur) sammensvarer godt med skredvifter som er synlig i skyggekartet, og antas å være representativ for en hendelse med gjentaksintervall på 1000 års.

Det er i tillegg gjort modellering med lavere Coulomb-friksjon (μ), som er friksjonen som oppstår i den faste delen av skredet og dominerer når skredet er nær ved å stoppe, hvilket er tiltenkt å bedre representere et ekstremtilfelle (5000-års hendelse), hvor jordskred mer tenderer mot et flomskred. Friksjonsparameterne er her satt til $\xi=200 \text{ m/s}^2$ og $\mu=0,1$. Modellresultatet viser at det i hovedsak er område A og B som er påvirket av jordskred fra dalsiden i nord (Figur 14).

Det var ingen dominerende elve-/bekkeløp i påvirkningsområdene, og modellering av kanaliserte flomskred er derfor ikke sett som relevant.

Tabell 3: Anbefalte parametere for modellering av jordskred med RAMMS::Debris Flow (Skred AS, 2020b).

	Oppløsning DTM (m)	Friksjonspar.	Løsneomr.	Høyde blokk (m)	Erosjonsrate (m/s)	Potens. erosjons- dybde (m/kPa)
Fjellsider med tegn på / potensial for større jordskred med over 300 – 400m fallhøyde	5	$\xi = 200 \text{ m/s}^2$ $\mu = 0,2$	25 m høydeforskjell	1	0,013 (std. verdi for tett lagret løsmasse)	0,1
Skråninger med tegn på / potensial for jordskred med 50 - 300 m fallhøyde	2 - 5	$\xi = 200 \text{ m/s}^2$ $\mu = 0,2$	10 -15 m høydeforskjell	1	0,013 (std. verdi for tett lagret løsmasse)	0,05 eller 0,01



Figur 14. Modeller skredutbredelse for 5000-års hendelse med RAMMS::DebrisFlow.

Resultat fra modelleringen av 5000-års scenario er vist i Figur 14. Utbredelsen og krefter som gir skade av betydning, er i likhet med snøskred, avgrenset til den nordlige delen av område B.

Sannsynlighet for løsmasseskred med skadepotensiale vurderes derfor som lavere enn 1/5000 i område A, C og D, men høyere enn 1/1000 for deler av område B.

4.4 Skred i fast fjell

Det er flere skrenter brattere enn 45° i det nordlige påvirkningsområder og dermed potensielle løснеområder for skred i fast fjell. Berggrunnen i området ble observert til å være stedvis relativt godt oppsprukket (Figur 15), og hvor det kunne ses flere lyse partier som antyder relativt nylige utfall. De fleste blokkene i utløpsområdet, samt synlige avløste blokker i løснеområdet er på <math>< 1 \text{ m}^3</math>, men som vist i registeringskartet (Figur 9) er det enkelte

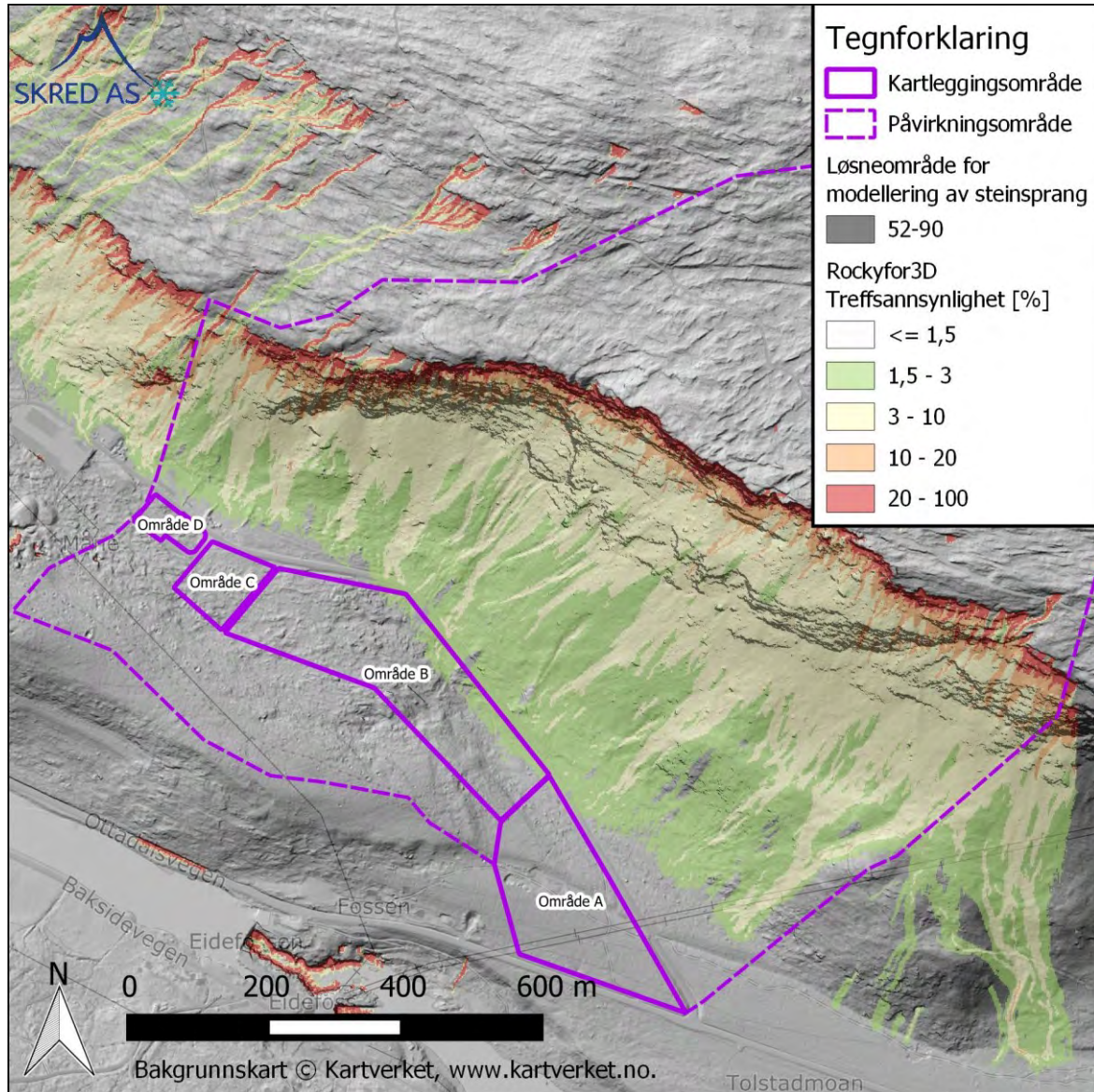
blokker på over 10 m³ nord for Kvennbergvegen. Det er derfor utført numerisk analyse for å se på bevegelsesmønsteret til steinblokker, hvor det er brukt 1 og 10 m³ blokker.



Figur 15: Dronebilde av løseområde over område B og C, som viser de dominerende sprekkesystemene for berggrunnen i området.

For å beregne mulig utbredelse og bevegelsesmønster for steinsprang fra kildeområdene fra bergskrenter, er programvaren Rockyfor3D (Dorren, 2015) tatt i bruk. Det ble benyttet en terrengmodell med horisontal oppløsning på 2 m x 2 m. Kildeområdene er definert automatisk som alle områder brattere enn $\alpha=55^\circ * \text{cellestr}^{-0,075}$, hvilket blir 52° med en cellestr. på 2 m. Det ble simulert 100 steinsprang fra hver celle med metoden *Rapid Automatic Simulation* (RAS), hvor ruhetsparameterne er definert automatisk på grunnlag av terrenghelningen i utløpet. I en FoU-rapport utarbeidet for NVE om bruk av steinsprangmodeller i faresonekartlegging (NGI, 2020), vurderes det at denne metoden i stor grad representerer terrenget på en tilfredsstillende måte sammenliknet med detaljert innsamling av terrengdata i felt for utløpsmodellering. Det bemerkes også at modellen ikke sier noe om utløps sannsynlighet, eller forskjell i løsnings sannsynlighet mellom ulike kildeområder, samt at de lengste modellerte utløpene er urealistiske (NGI, 2020). Sistnevnte beskrives også i brukermanualen til modellen, hvor simuleringene med 1 - 1,5% treffsannsynlighet (ved 100 simuleringer), dvs. lengst utløp, vurderes som statistiske uteliggere og bør filtreres bort (Dorren, 2015). Det er derfor fjernet simuleringer med $\leq 1,5\%$ treffsannsynlighet.

Modelleringsresultatet (Figur 16) samsvarer relativt godt med observasjoner i felt, selv om det er knyttet noe usikkerhet til hva som er flyttblokker, og hva som er steinsprang hendelser.



Figur 16: Eksempel på resultater fra modellering med Rockyfor3D med blokker på 10 m³.

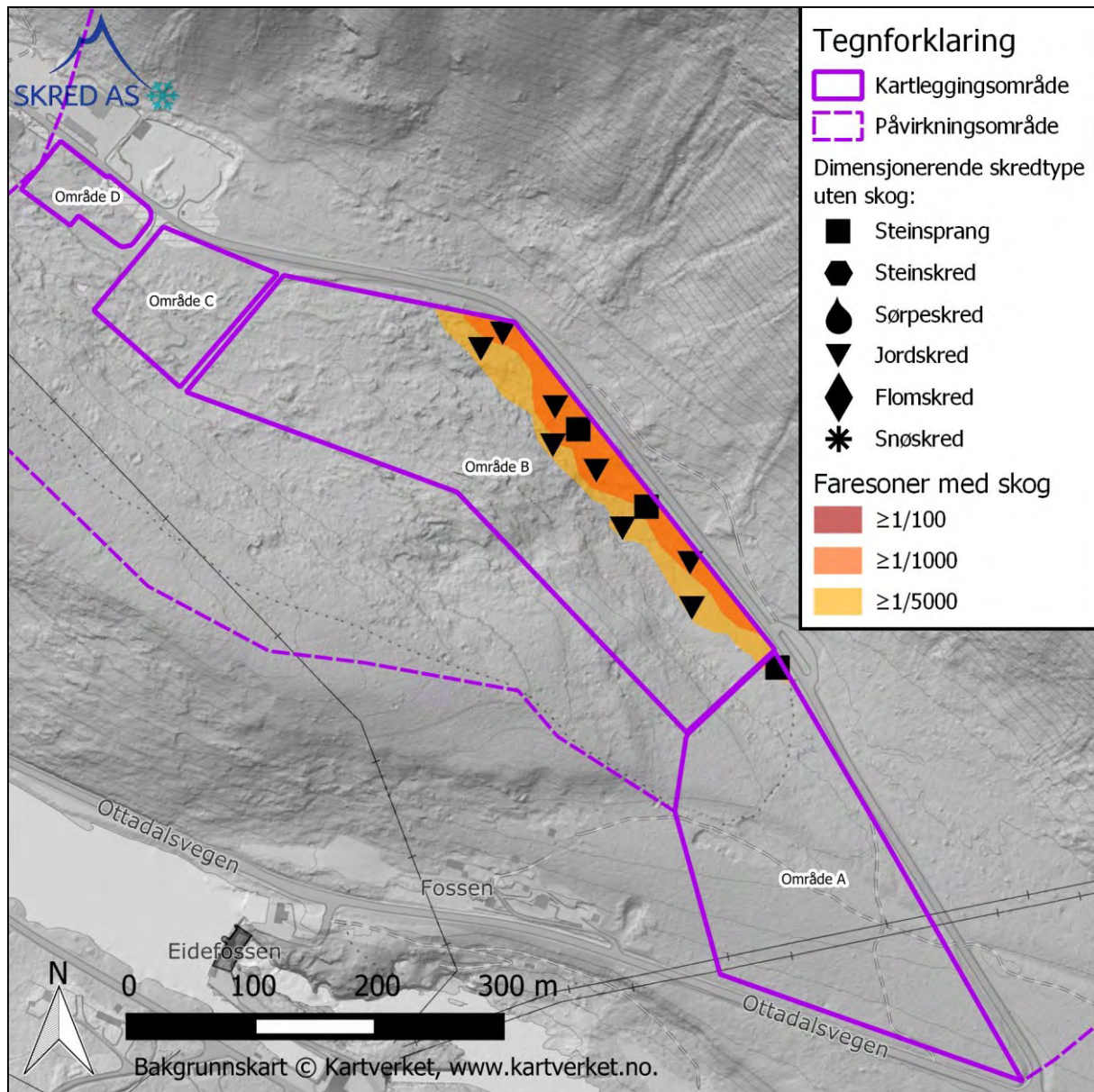
Basert på en helhetlig vurdering av bruddstrukturer, topografi, feltobservasjoner og modellresultat vurderer vi den årlige sannsynligheten for steinsprang til å være større enn 1/5000 for deler av område A og B.

Vi har ikke observert større, løse partier eller baksprekker og vurderer derfor ikke steinskred som prosess med årlig sannsynlighet større enn 1/5000.

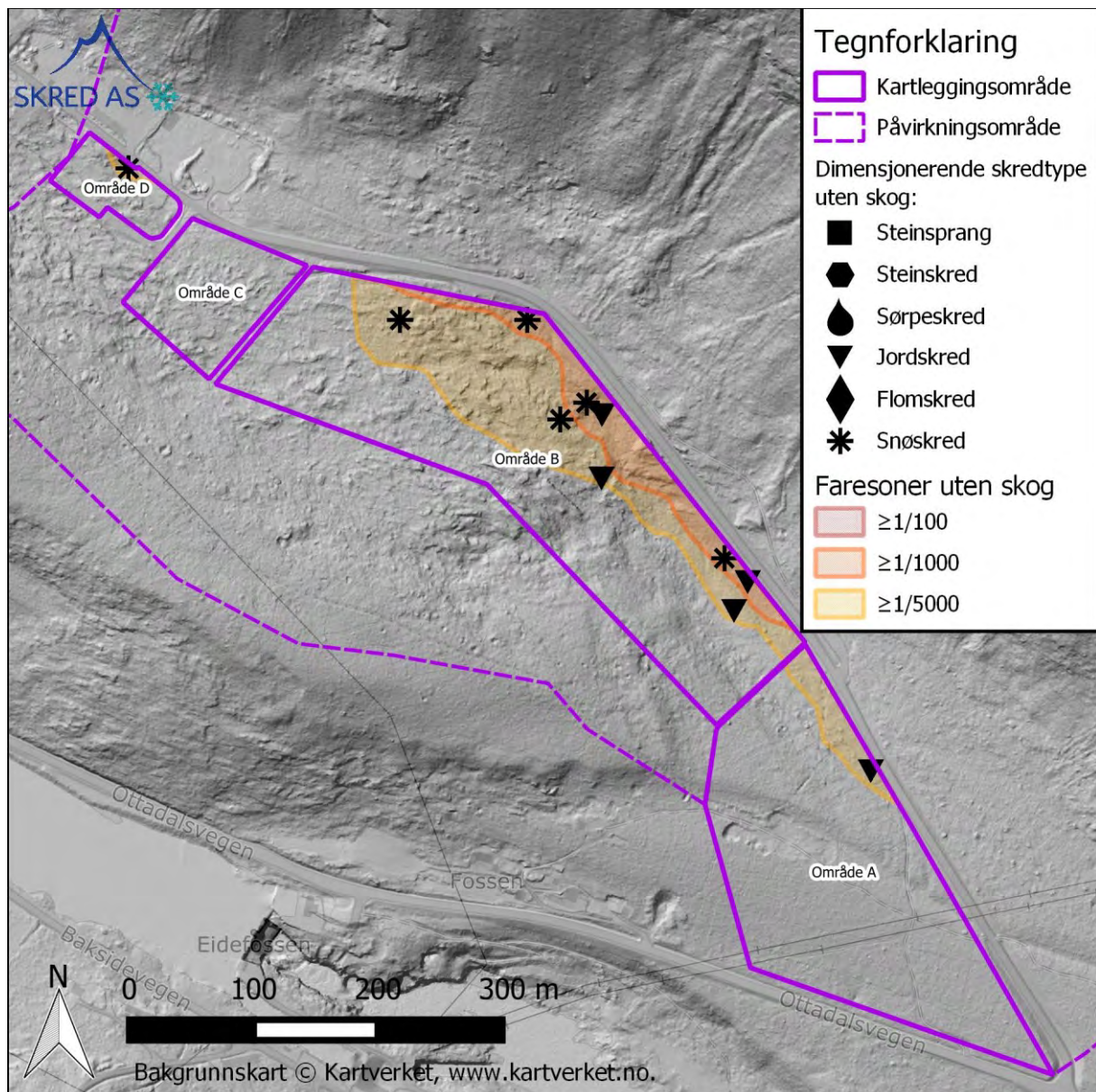
4.5 Faresoner for skred

Reviderte faresoner er gitt både med og uten skog for de fire områdene, hhv. Figur 17 og Figur 18. Dimensjonerende faresone med skog er, i likhet med skredfarekartleggingen fra

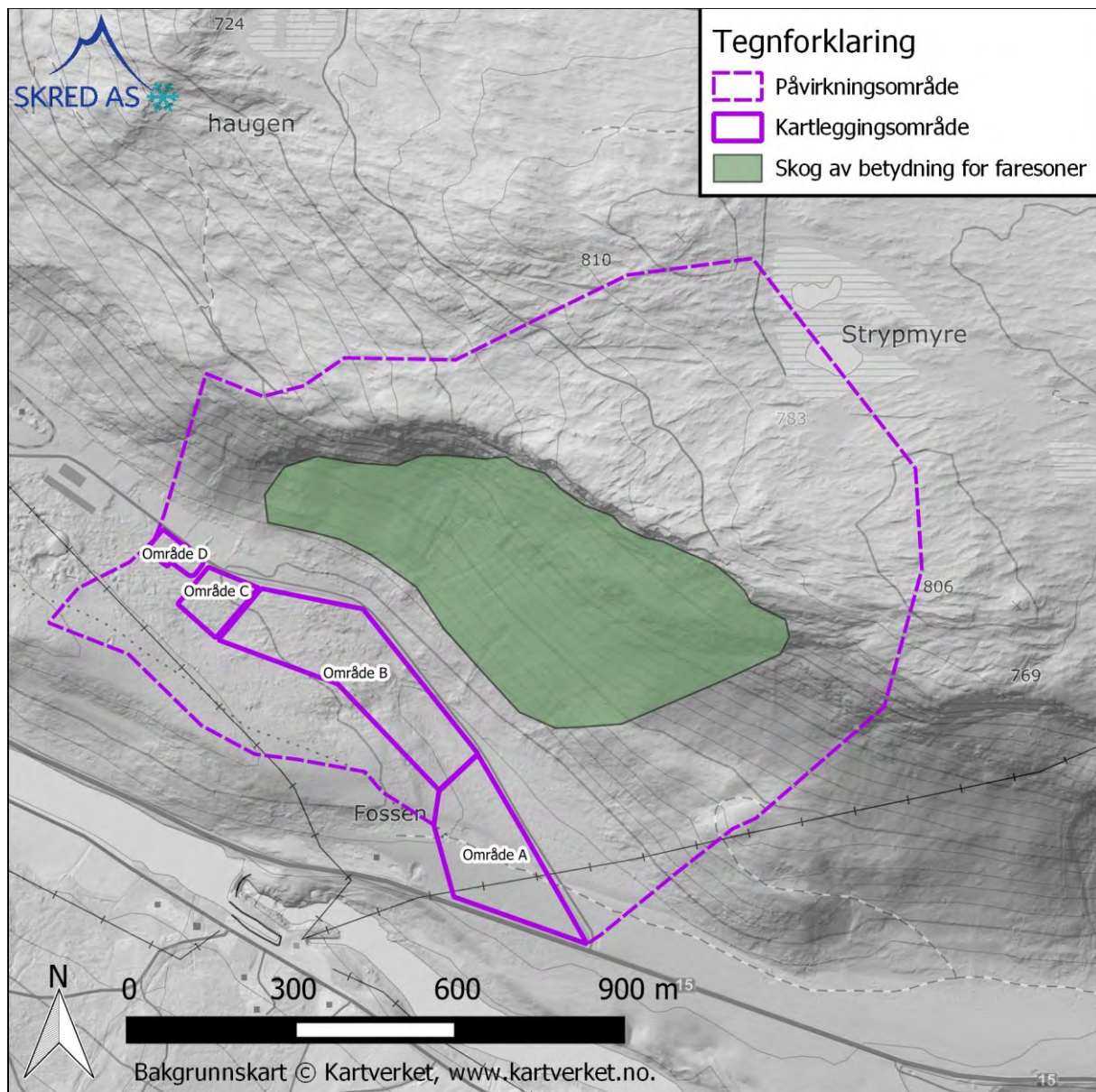
2018, vurdert til å være løsmasseskred og steinsprang (Figur 17). Dimensjonerende faresone uten skog er snøskred i den nordvestlige delen, mens det i nordøst er styrt av løsmasseskred (Figur 18). Skog av betydning for faresone med skog er vist i Figur 19. Skogen i dette området bør ha tilpasset skjøtsel/drift eller vernes for at faresonene skal være gjeldene. Faresoner fra 2018 er illustrert opp mot nye revurderte faresoner med skog i Figur 20.



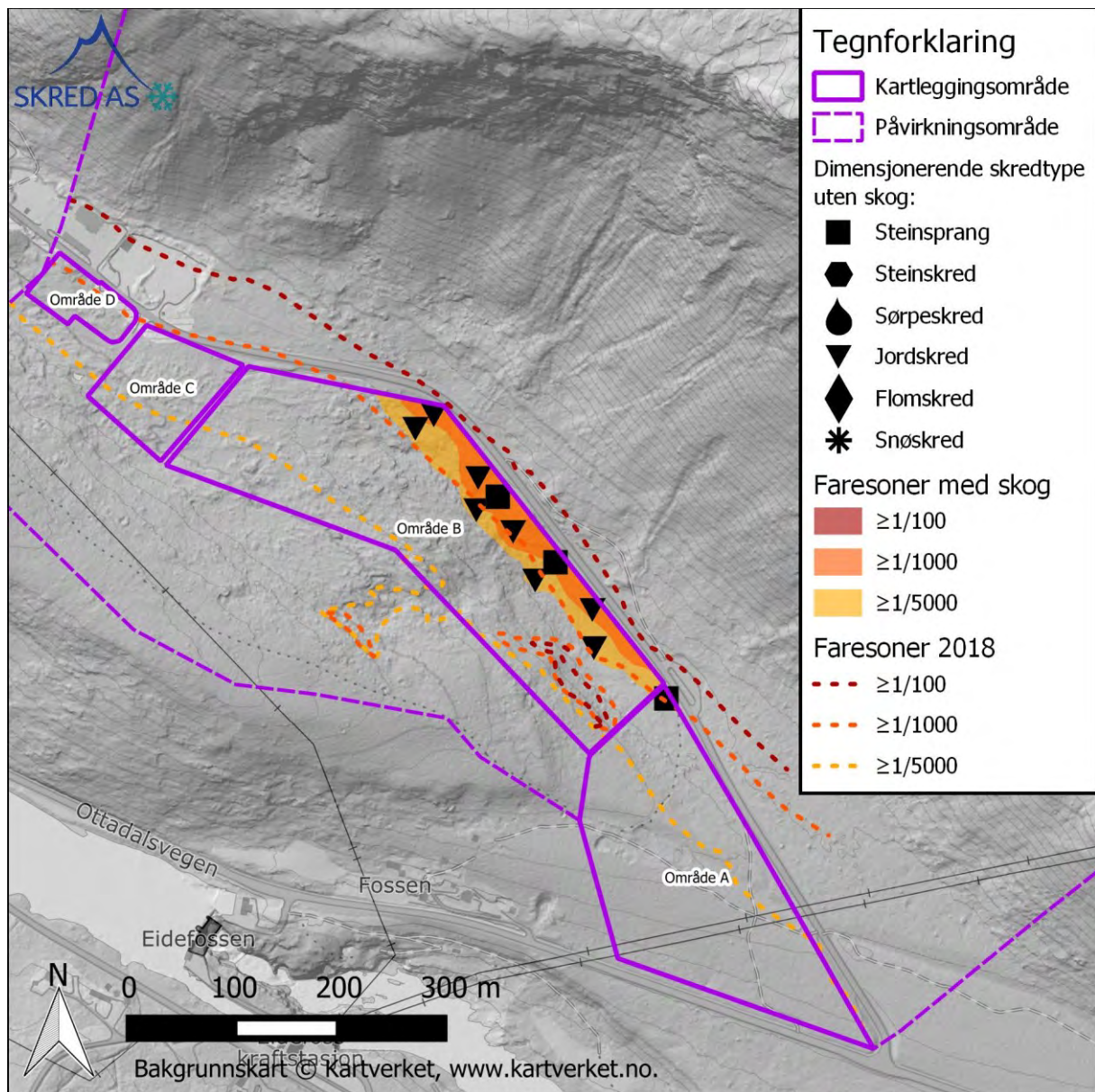
Figur 17. Faresoner for skred med skog. Løsmasseskred og steinsprang er dimensjonerende skredtype.



Figur 18: Faresoner for skred uten skog. Snøskred og løsmasseskred er dimensjonerende skredtype.



Figur 19. Skog av betydning for faresone med skog. Skogen i dette området bør ha tilpasset skjøtsel/drift eller vernes for at faresonene skal være gjeldene.



Figur 20. Sammenligning av faresoner fra 2018 opp mot revurderte faresoner med skog.

5 Sikringsalternativer

Det er generelt tre metoder for skredsikring av et område:

1. Sikring av løsneområdet – Her etableres det bergsikring, støtteforbygninger o.l. som hindrer sannsynligheten for at et skred utløses.
2. Sikring av skredløpet/utløpsområdet – Etablering av fang-/ledevoll, fanggjerde o.l. som hindrer at et skred treffer den aktuelle tomten. Sikringstiltaket kan enten ha til funksjon å stoppe, bremse eller lede skredmassene vekk fra det aktuelle området. Dvs. at sikringstiltaket reduserer konsekvensen av et evt. skred.
3. Konstruktive sikringstiltak av selve tiltaket – Selve bygget dimensjoneres opp til å tåle kreftene fra et skred. Maksimal skredlast bør ikke være større enn 50-60 kPa (DiBK, 2022).

Sikringstiltak i løsneområdet anses som lite hensiktsmessig, da det er flere skredprosesser involvert som gjør denne type løsning svært krevende. Eksakt kvantifisering av effekt på løsmasseskred er også vanskelig. Eksisterende skog har imidlertid en effekt på løsnansynligheten for snøskred, og delvis løsmasseskred. Kostnaden for verning eller tilpasset skjøtsel/drift av skog bør derfor ses opp mot kostnaden av sikring mot snøskred i utløpsområdet/dimensjonering av byggverk der det er mulig.

Som angitt i kap. 1.2, er ønsket sikkerhetsnivå for de ulike områdene som følger:

- Område A – Sikkerhetsklasse S1
- Område B – Sikkerhetsklasse S3
- Område C – Sikkerhetsklasse S3
- Område D – Sikkerhetsklasse S2

Område A, C og D tilfredsstillers dermed de angitte sikkerhetsklassene, både med og uten skog, og det er derfor ikke behov for sikringstiltak i disse områdene. For område B er det behov for sikringstiltak både med og uten skog, om en ikke kan plassere bygg utenfor faresonene som er angitt i kap. 4.5. For løsmasseskred og steinsprang er skogen vurdert å liten betydning på et 5000-års designskredscenario. Utvalgte skredparametere med og uten skog er oppsummert i Tabell 4. Verdiene er hentet fra modelleringen som er gjort ifm. revurdering av faresonene.

Tabell 4. Utvalgte skredparametere med (grønn) og uten (grå) skog for 5000-års designscenario. Maksverdiene er tatt ved områdegrensen mot nord.

		Område B
Løsmasseskred	Skredvolum	5500 m ³ (samlet volum fra alle skredløp)
	Gjennomsnittlig flyte høyde	0,3 m
	Maks flyte høyde	1,6 m
	Maks skredhastighet	3,6 m/s
	Maks trykk	28 kPa
Steinsprang	Kinetisk energi	2600 kJ (Q90)
Snøskred	Maks skredhastighet	20 m/s
	Maks skredtrykk	110 kPa
	Maks flyte høyde	2 m

5.1 Alternativ 1: Verne skogen og plassere tiltak utenfor faresone

Ved verning eller tilpassing av skjøtsel/drift av skogen ovenfor område B, vil en trenger en ikke å ta hensyn til snøskred, da løsnanssynligheten er vurdert til å være mindre enn 1/5000. Det er fullt mulig å bedrive hogst i skogen som er markert som betydningsfull for faresonene (Figur 19), men dette må gjøres på en slik måte at det ikke oppstår større åpne felt for løsneområder eller skred glenner. Skred AS eller andre selskaper med kompetanse på skredfaget vil kunne bistå med tilpasset skjøtelsesplan om ønskelig. Faresonen dimensjonert av løsmasseskred og steinsprang er relativt beskjeden, og muligheten for å etablere tiltaket utenfor faresonene bør derfor vurderes.

Kostnader ved tiltaket er ikke vurdert, da Skred AS ikke har kjennskap til Krefter AS sin avtale med grunneier rundt verning av skog, samt hvilke behov og krav som stilles for planlagt tiltak mtp. utforming og størrelse.

5.2 Alternativ 2: Fangvoll

En fangvoll (Figur 21) er en konstruksjon som plasseres normalt på skredretningen, og har til hensikt å stoppe skred. En fangvoll må dimensjoneres både mot laster fra skred, forventet klatrehøyde og nødvendig avlagringsvolum for avsetning av skredmassene.

Støtsiden av en fangvoll må normalt bygges bratt, med helning på minst 3:1, for at skredmassene ikke skal klatre over vollen. Denne delen av en skredvoll bygges ofte som en tørrmur med store kantede steinblokker (dvs. blokker med høyde på 0,3 – 0,5 m og lengde og bredde på 0,5 – 1,5 m), som vist i Figur 21 og med jordarmering inne i vollkonstruksjonen. Støtsiden kan alternativt bygges med gabioner fylt med stein. Uansett løsning, er den bratte støtsiden ofte den største enkeltposten i kostnadsoverslaget for en skredvoll.



Figur 21: Eksempel på voll med bratt støtside bygd som en tørrmur av store steinblokker.

Resten av «kroppen» av vollen kan normalt, og trolig også i det aktuelle tilfellet, bygges med stedlige løsmasser, noe som reduserer kostnaden. Toppen av vollen bør anlegges bred nok for en anleggsvei for maskiner. Langs foten av vollen bør det også anlegges en vedlikeholdsvei for adkomst med maskiner, samt en grøft for avledning av overvann. Ved nærmere planlegging må det defineres et konsept for hvordan overvann avledes.

Om en ikke ønsker vern av skogen i dalsiden nord for delområde B, er snøskred dimensjonerende for høyden på vollen. Lengden på vollen vurderes til å måtte være 500-550 m for å sikre hele området. Lengden kan reduseres hvis sikkerhetsnivået til utearealet kan nedklassifiseres og byggene har begrenset utstrekning. Som vist i Tabell 4 er det svært høy skredhastighet for snøskred (ca. 20 m/s) ved områdegrensen mot nord. Ved å beregne fangvollen etter tradisjonell metode for klatrehøyde gitt av formelen

$$d_{tot} = \left(d_f + \frac{v^2}{2g\lambda} \right) + d_s$$

Der:

d_f : flyte høyde skred

d_s : snø på bakken

v : Skredhastighet

λ : empirisk faktor som tar hensyn til energitap ved treff av en vegg.

Vi har satt $\lambda=1,5$ etter (Salm, 1990) og snø på bakken til 1 m. Det er i tillegg sett på klatrehøyde ved bruk av den hydrodynamiske metoden basert på sjokkteori (Johannesson, Gauer, Issler, & Lied, 2009). Dette gir en estimert vollhøyde på **16-19 m**. Ved å flytte vollen innover (mot sørvest) i område B, vil hastighetene for snøskred avta og vollhøyden vil dermed kunne reduseres. For betydelig effekt må imidlertid vollen flyttes såpass mye inn i området, at planlagt tiltak uansett havner utenfor 5000-års faresonen med skog.

For løsmasseskred vil geometrisk utforming med avlagringskapasitet på støtsiden ofte viktigere enn å benytte skredhastigheten. Det er imidlertid ikke forventet kanaliserte løsmasseskred, og bruk av samme metode som for snøskred anses derfor som relevant. λ settes til 3 for løsmasseskred som for tyngre skred (f.eks. våte snøskred). I mangel på verdier i litteraturen. Det vil også være nødvendig å oppnå tilstrekkelig avlagringskapasitet i bakkant. Gitt at det er relativt flatt og beskjedne skredvolum for løsmasseskred, vurderes det som mulig å oppnå. Basert på verdiene i Tabell 4 vurderes nødvendig vollhøyde til å være ca. 2 m om den settes opp langs yttergrense i nord av område B. Fangvollen vil ved riktig prosjektering av blant annet internstabilitet kunne håndtere steinspranghendelser.

Sikringseffekten ved voll i kombinasjon med vern av skog i dalsiden nord for området, anses å være tilstrekkelig til å fjerne faresonene i område B. Faresonene er derfor ikke tegnet eller illustrert i figur, og planlagte tiltak kan dermed oppføres fritt innenfor planområdet.

Skissert fangvoll med høyde på ca. 2 m, vil måtte være ca. 500 m lang og ha en bredde på ca. 3-6 m. Basert på tall fra NVEs rapport Flom og Skred – skredsikringsbehov (FOSS) (NVE, 2021) har vi lagt til grunn en meterpris på 15 000 kr/m for en fangvoll på 2 m. Det gir en total kostnad på 7 500 000 kr. Kostnaden er imidlertid med utgangspunkt i 2021-priser, samt at prisen vil avhenge sterk av fundamentering, valg av fasademateriale og tilgang på masser.

For en fangvoll som også skal kunne håndtere snøskred som beskrevet over, er meterprisen på en 16 m høy voll vurdert til ca. 100 000 kr/m. Dette gir en total kostnad på 50 000 000 kr. Prisestimatet er gjort på grunnlag av intern prisstatistikk som Skred AS sitter på.

5.3 Alternativ 3: Tilpasse bygg til skredlaster

Bygg kan tilpasses og dimensjoneres slik at laster fra skred ikke vil utgjøre fare for personer som oppholder seg i bygget eller føre til større materielle skader. Slik tilpasning kan gjøres ved arkitektoniske grep som reduserer belastningen fra skred og ved forsterkning av byggverket. I de fleste tilfeller vil en gjøre begge deler hvis mulig. Eksempler på arkitektoniske tilpasninger kan være å bygge inn bygget i en skråning (Figur 22) og å utforme bygget slik at lasten virker minst mulig ugunstig på byggverket. Takutstikk, vinduer og dører vendt mot skredet bør unngås eller minimeres, men det avhenger av lastene fra skredet og skredtype.



Figur 22: Eksempel på bygg som er bygd inn i en skråning slik at snøskred kan passere over taket. Foto: Skred AS

DiBK åpner for at byggverk kan dimensjoneres for å motstå krefter fra skred i temaveileder Utbygging i fareområder (DiBK, 2022) såfremt skredlastene ikke er for store. Maksimal skredlast bør ikke være større enn anslagsvis 50 – 60 kPa.

En forutsetning for at en skal kunne tilpasse bygget til laster fra skred er at utearealet kan settes i en lavere sikkerhetsklasse enn selve bygget, noe TEK17 §7-3 åpner for. Momenter som må vurderes i en slik sammenheng er eksponeringstid for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet. Det er her f.eks. mulig å legge parkeringsplasser o.l. på motsatt side av bygget ift. hvor skredet kommer fra.

Som angitt i Tabell 4 er trykket fra snøskred for høyt til at lastene kan tas opp i bygget. For å komme under 50 - 60 kPa, må bygget plasseres utenfor 5000-års faresonen med skog.

For løsmasseskred er maks trykk godt under 50 kPa, og tilpassing av bygget vil derfor være fullt mulig. Steinsprang vil imidlertid kunne være mer krevende å håndtere, da dette gir en større punktlast på bygget. Bruk av dempningsmaterialer er en mulighet for å spre punktlasten fra steinsprang utover et større område.

Lastene fra skred avhenger av geometrien til bygget. Trykkverdien oppgitt i Tabell 4 vil bare være i denne størrelsesorden over skredets flyte høyde, og avta mot 0 til toppen av skredets klatrehøyde. I en evt. senere fase må derfor lastene vurderes ut fra ønsket geometri for byggene, gjerne i samråd med RIB.

Faresonene vil forbli uendret rundt bygget som tilpasses skredlastene. Da planlagt bygg ikke er kjent for Skred AS, er heller ikke nye faresoner etter tiltak skissert i figur.

Vi har ikke kostnadsberegnet tiltaket da dette vil avhenge av valgt løsning for utforming og dimensjonering av byggene, som vanskelig lar seg kvantifisere på nåværende tidspunkt.

6 Drift og vedlikehold

Alle sikringstiltak krever drift og vedlikehold for å ivareta sin funksjon. Omfanget og hvor kritisk for funksjonen drift og vedlikeholdet er avhenger av type tiltak og skredprosess.

Jfr. DiBK veileder utbygging i fareområder kap. 9.3 (DiBK, 2022) må tiltak som krever vedlikehold for at sikkerhetsnivået er opprettholdt ha en løsning som sikrer fremtidig vedlikehold når byggetillatelse gis. Videre påpekes det at når sikringstiltak er en forutsetning for å gi byggetillatelse på det aktuelle stedet, bør det vurderes å gi vilkår som ivaretar denne forutsetningen som fungerer uavhengig av eierskifter. Området som skal sikres består av eksisterende bebyggelse og en slik forutsetning vil først bli gjeldende hvis det omsøkes byggetillatelse innenfor sikringstiltakene.

I en detaljprosjektering skal prosjekterende fastsette krav til drift og vedlikehold, mens det er opptil eier av tiltaket å utføre drift og vedlikehold i tråd med det som er prosjektert. Kommunen har ansvar for å påse at kravene til drift og vedlikehold følges.

7 Sammenligning og anbefalinger

Skred AS har lite kjennskap til hvordan planlagte bygge er tenkt utformet og hvor stor arealutnyttelse av område B Krefter AS trenger. Kostnaden ved å verne skogen er heller ikke kjent for Skred AS, men basert på tidligere erfaringer anses den til å være betraktelig lavere enn hva sikringstiltak mot snøskred vil være.

Da plassering og utforming av bygg ikke er kjent er også dimensjonerende skredparametere tatt ut som maksverdier langs områdegrensen mot nord. Ytterligere kjennskap rundt plassering vil derfor kunne medføre at høyde og lengde på f.eks. fangvoll kan reduseres. Det samme vil gjelde for hvor mye krefter bygget må ville kunne ta opp, samt hvor stor høyde som ikke bør utformes med vinduer etc.

Det anbefales derfor at skogen i dalsiden nord for området vernes, samt at det utføres en tverrfaglig detaljprosjektering om det er ønske om å utnytte arealet innenfor nye faresoner. Ifm. en evt. detaljprosjektering vil endelige dimensjonerende skredkrefter fastsettes av skredfaglig rådgiver (RISK). Tett samarbeid mellom RIB, ARK og RISK vil kunne redusere evt. sikringskostnadene betraktelig.

8 Referanser

- Christen, M., Kowalski, J., & Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Reg. Sci. Technol.*, ss. 63, 1–14.
- Christen, M., Perry, B., Bühler, Y., Leine, R., Glover, J., Schweizer, A., . . . Volkwein, A. (2012). *Integral hazard management using a unified software environment: numerical simulation tool 'RAMMS' for gravitational natural hazards*. 12th Congress INTERPRAEVENT 2012 – Grenoble / France, Conference Proceedings.
- DiBK. (2022). *Temaveileder: Utbygging i fareområder*. Internettside <https://dibk.no/saksbehandling-tilsyn-og-kontroll/temaveiledning-utbygging-i-fareomrader/>, sist besøkt 19.08.2022.
- Dorren, L. K. (2015). Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. *EcorisQ paper (www.ecorisq.org)*.
- Johannesson, T., Gauer, P., Issler, P., & Lied, K. (2009). *The design of avalanche protection dams*.
- NGI. (2020). *Uttesting av eksisterende metodikk for modellering av steinsprang*. NVE Eksternrapport nr. 24/2020.
- NGU. (2022a). *Nasjonal begrunnsdatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>
- NGU. (2022b). *Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- NIBIO. (2022, 09 14). *NIBIOs hovedkartløsning Kilden*. Hentet fra Kilden: https://kilden.nibio.no/?topic=arealinformasjon&lang=nb&X=7195706.12&Y=284337.75&zoom=0.46512717889302596&bgLayer=graatone_cache
- NIFS. (2015). *Sammenligning av modelleringsverktøy for norske snøskred. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7 Skred og flomsikring. Rapportnr. 107-2015*. NVE.
- NVE. (2015). *Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet. Samanstilling av rapportar frå prosjektet*. NVE Rapport 92-2015.
- NVE. (2018). *Ekstern rapport nr 7-2018. Skredfarekartlegging i Lom, Skjåk og Vågå kommuner*. NVE.
- NVE. (2020). *Sikkerhet mot skred i bratt terreng - utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak*. Versjon datert 12.11.2020. Webområde hentet fra <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>. Hentet fra <https://www.nve.no/skredfarekartlegging/startsidene/?ref=mainmenu>
- NVE. (2021). *Flom og skred – sikringsbehov for eksisterende bebyggelse (FOSS)*.
- Salm, e. a. (1990). *Berechnung von Fliesslawinen*.

Skred AS. (2020b). *FOU 80607 - RAMMS::Debris Flow for beregning av jordskred. Casestudier og anbefalinger for bruk*. NVE Eksternrapport nr. 20/2020.

Oppdragsgjevar: Krefter AS
Oppdragsnamn: Krefter AS - Uavhengig kontroll av skredrapport
Oppdragsnummer: 638952-01
Utarbeida av/KS: Steinar Nes / Jan Helge Aalbu
Oppdragsleiar: Steinar Nes
Dato: 11.11.2022
Tilgjenge: Åpent

Uavhengig kvalitetssikring; Revurdering av faresoner og mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred

Versjonslogg:

01	11.11.22	Krefter AS – Uavhengig kontroll av skredrapport	SN	JHA
VER.	DATO	BESKRIVING	AV	KS

Samandrag

Asplan Viak har gjennomført uavhengig kontroll av rapport «Revurdering av faresoner og mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred», utført av Skred AS på vegne av Krefter AS.

Hovudinstrykket av rapporten er at arbeidet er godt gjennomarbeidd og følgjer NVE sine retningslinjer for skredfarevurderingar [1].

Det er brukt relevant og dekkande grunnlagsdata og feltarbeidet er vurdert til å vera tilstrekkeleg. Berekningsverktøy er utført med anbefalte verktøy. Resultata er jamt over diskutert tilstrekkeleg. Klimaanalysen er tilfredstillande.

Utgreiing av skredtypane jord- og flaumskred, snøskred, sørpeskred, steinskred og steinsprang er utført på ein god måte. Det er generelt eit godt samsvar mellom losneområde og faresoner, med eitt unntak. Mellom registreringskart, modellresultat er det generelt god samanheng.

Vi er usikre på kvifor faresone i sørleg del av område B er større med skog, enn utan (Kapittel 4.7). Er det teiknefeil? I så fall må denne rettast opp, eller så må sona argumenterast for før godkjenning av rapport. **Rapporten er ikkje godkjent.**

1. Innleiing

Asplan Viak har fått tildelt jobben som uavhengig kvalitetssikrar av rapport «Revurdering av faresoner og mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred», utført av Skred AS på vegne av Krefter AS.

Krefter AS skal detaljregulera eit område som ligg innafor faresoner for skred i bratt terreng utarbeidd av NGI, på oppdrag for NVE, for skredfarekartlegging i Lom, Skjåk og Vågå kommune i 2018.

Skred AS har utført ein revurdering av faresoner og mogleighetsstudie for sikringstiltak mot skred.

Skredfarekartlegginga skal gå inn som grunnlag i ein detaljreguleringsplan, og det skal vurderast faresoner i tryggleiksklassane S1, S2 og S3. Vurderingar i tryggleiksklasse S3 utløyser behovet for uavhengig kvalitetssikring.

Kvalitetssikringa skal dokumentere at kartlegginga er i samsvar med gjeldande rettleiar for skredfare i bratt terreng [1], og at innhaldet har tilstrekkeleg kvalitet. Innhaldet skal i følge NVE si vegleiing innehalde følgjande vurderingar:

- Om det er brukt relevant og dekkande grunnlagsdata, inkludert tidlegare skredfarevurderingar for same området
- Om feltarbeid/synfaringar kan sjåast på som dekkande og tilstrekkeleg
- Om klimadata er brukt der det er relevant
- Om berekningsverktøy er brukt fornuftig, og resultat av modelleringa er diskutert
- Om det er samanheng mellom registreringskart, eventuelle modellresultat og skredfareutgreiingar/faresoner

Det skal gjennomførast ein samla vurdering av konklusjonar og grunningar ut frå tilgjengeleg grunnlagsdata og berekningsresultat. Gjennomført kvalitetssikring skal alltid beskrivast og dokumenterast.

2. Kommenterarar

Rapporten er over det jamne presist formulert, ryddig, og utan større manglar.

Tabell 1 skildrar kommentarar vi har til rapporten. Vi nyttar OK som kontrollert og godkjent, IG som kontroll ikkje godkjent og ANM som kontroll der vi vurderer det bør vurderast utbetringar.

Kapittel	Kommentar	Skildring
Samandrag	OK	Godt og effektivt samandrag. Kunne ha sagt kva faresoner som er reviderte (vise til NVE 2018).
1. Bakgrunn		
1.1 Innleiing	OK	Oppsummert tidlegare arbeid.
1.2 Formål	OK	Godt klargjort kva som er formålet med arbeidet.
1.3 Grunnlag	OK	Grunnlag lista opp
1.4 Skredfarekartlegging	OK	Godt argumentert for kvifor ein bør revurdera faresoner frå 2018. Kan med fordel kalle kapitlet Tidlegare kartleggingar/grunnlag for å revurdere faresoner
2. Premisser for sikringstiltak, regelerk og veiledere	OK	Gir god avklaring på kva val av tryggleiksnivå ein har gjort for delområda
3. Beskrivelse av området.	OK	Generelt gode og informative kart og oversiktsbilete. Kunne med fordel hatt stadnamn i karta, då det vises til dette i skildringane.
3.1 Topografi og hydrologisk forhold	OK	MFD analyse som illustrerer avrenninga i fjellsida godt.
3.2 Vegetasjon	OK	Viser til gjennomgang av flyfoto, og kart som viser skog med potensiale

<p>3.3 Geologi</p> <p>3.4 Befaring</p> <p>3.5 Klima</p>	<p>OK</p> <p>OK</p> <p>ANM</p> <p>OK</p>	<p>til å hindre snøskred med henvisning til kronedekning.</p> <p>Befaring gjennomført i nedre del av fjellsida+drone. Ikkje gitt infopunkt.</p> <p>Utført tilfredstillande klimaanalyse.</p>
<p>4. Skredfarevurdering</p> <p>4.1 Snøskred</p> <p>4.2 Sørpeskred</p> <p>4.3 Lausmasseskred</p>	<p>OK</p> <p>OK</p> <p>OK</p> <p>ANM</p>	<p>Ryddig utgreiing utført i høve rettleiaren (NVE, 2020).</p> <p>Skog og klima brukt som grunnlag, og brotkanthøgder godt argumentert for. Vegetasjonen sin påvirkning er tatt i betrakning. Viser til kronedekning. Utan skog: Oppløsning på modeller og parameter følger anbefalinger.</p> <p>Argumenterer for bruk av inputparameter i modellering og baserer løsneområder på skyggerelieffkart.</p>

4.4 Skred i fast fjell	OK	Det er ikkje vurdert om faren for lausmasseskred i tilfelle utan skog i fjellsida aukar skredfaren. Samanlikna modelleringar og observasjonar i felt på ein tilfredstillande måte.
4.7 Faresoner for skred skredfare	IG	Kva er grunnen til at faresona med skog går lenger ut enn faresona utan skog i sørleg del av område B? Bør diskuterast nærare/argumenterast for. Feilteikning av faresonene?
5 Anbefalte tiltak	OK	Ulike tiltak vurdert og diskutert basert modelleringer og faresoner.
6 Drift og vedlikehold	OK	Samsvarer med tidlige vurderinger.
7 Sammenligning og anbefalinger	OK	
Eigenerklærings skjema	OK	

3. Referanser

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

Oppdragsgiver	Navn Krefter AS	Kontaktperson Oliver Horvei
Oppdrag	Nummer og navn 22247 Vågå, Lalm - (HP 22176, 22246) Sikringstiltak, testanlegg for datasenter. Sør for Kvennbergvegen 27	Oppdragsleder Pål Lohne
Dokument	Nummer 22247-02-1 Utført av Pål Lohne	Dato 2022-11-14 Kontrollert av Kalle Kronholm

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2022-11-14	PL	KK	Notat til uavhengig kvalitetssikring av rapport 22247-01-1

Notat til kommentarene fra uavhengig kvalitetssikring av rapport nr. 22247-01-1

Sammendrag

Skred AS har utført en revurdering av faresoner og mulighetsstudie for sikringstiltak mot skred ved Kvennbergvegen i Lalm kommune, for Krefter AS (Skred AS rapport nr. 22247-01-1).

Ifølge NVEs [veileder](#) stilles det krav om [uavhengig kvalitetssikring](#) for alle skredfareutredninger som berører sikkerhetsklasse S3 i TEK17 §7-3.

Oppdragsgiver ba Asplan Viak om å utføre kvalitetssikringen, og deres kommentarer til vår rapport er oppsummert i Asplan Viaks *rapport 638952-01*. Skred AS setter pris på tilbakemeldingene og har nå rettet opp i avvikene og svart ut anmerkningene.

Våre kommentarer til avvikene, og hvordan de er svart ut og implementert i rapporten er oppsummert i tabellen under. Avvikene er delt i 4 kategorier med tilhørende kontrollstatus:

Kontrollstatus	Betydning
IG	Ikke godkjent, manglende samsvar/behov for avklaring
ANM	Kontrollert med anmerkning, godkjent med forbehold.
OK	Kontrollert og godkjent med ev. kommentar.
IR	Ikke relevant.

Vi forstår det slik at avvik med status IG skal endres og implementeres i rapporten, ANM kan endres og OK krever ikke endring. Vi har limt inn tabellene med avvik direkte fra Asplan Viak sin rapport, og lagt til en kolonne hvor vi beskriver status på avviket.

Dette notatet er satt opp på samme måte som Asplan Viak sin uavhengige kvalitetssikring, hvor første kapittel går på områdebeskrivelser og grunnlag og de følgende er per delområde.

1 Kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring

Kapittel	Kontrollstatus	Kommentar Asplan Viak	Svar Skred AS
Sammendrag	OK	Godt og effektivt samandrag. Kunne ha sagt kva faresoner som er reviderte (vise til NVE 2018).	
1 Bakgrunn			
1.1 Innledning	OK	Oppsummert tidlegare arbeid.	
1.2 Formål	OK	Godt klargjort kva som er formålet med arbeidet.	
1.3 Grunnlag	OK	Grunnlag lista opp	
1.4 Skredfarekartlegging	OK	Godt argumentert for kvifor ein bør revurdere faresoner frå 2018. Kan med fordel kalle kapittelet Tidlegare kartleggingar/grunnlag for å revurdere faresoner	
2 Premisser for sikringstiltak, regelverk og veiledere	OK	Gir god avklaring på kva val av tryggleiksnivå ein har gjort for delområda	
3 Beskrivelse av området	OK	Generelt gode og informative kart og oversiktsbilete. Kunne med fordel hatt stadnamn i karta, då det vises til dette i skildringane.	
3.1 Topografi og hydrologiske forhold	OK	MFD analyse som illustrerer avrenninga i fjellsida godt.	
3.2 Vegetasjon	OK	Viser til gjennomgang av flyfoto, og kart som viser skog med potensiale til å hindre snøskred med henvisning til kronedekning.	
3.3 Geologi	OK		
3.4 Befaring	OK	Befaring gjennomført i nedre del av fjellsida+drone.	
	ANM	Ikkje gitt infopunkt.	Infopunkt fra befaring er benyttet som egne notater, og registreringskartet er ment som en visuell sammenstilling av de viktigste registreringene.
3.5 Klima	OK	Utført tilfredstillande klimaanalyse.	
4 Skredfarevurdering	OK	Ryddig utgreiing utført i høve rettleiaren (NVE, 2020).	

4.1 Snøskred	OK	Skog og klima brukt som grunnlag, og brotkanthøgder godt argumentert for. Vegetasjonen sin påvirkning er tatt i betraktning. Viser til kronedekning. Utan skog: Oppløsning på modeller og parameter følger anbefalinger.	
4.2 Sørpeskred	OK		
4.3 Løsmasseskred	ANM	Argumenterer for bruk av inputparameter i modellering og baserer løsneområder på skyggerelieffkart. Det er ikke vurdert om faren for lausmasseskred i tilfelle utan skog i fjellsida aukar skredfaren.	Både sannsynlighet og trolig utløp vil bli påvirket av vurdering med skog, men for et 5000-års scenario er usikkerheten til dette såpass stor at skogen ikke er særlig vektlagt i modellering og vurdering.
4.4 Skred i fast fjell	OK	Samanlikna modelleringar og observasjonar i felt på ein tilfredstillande måte.	
4.5 Faresoner for skred	IG	Kva er grunnen til at faresona med skog går lenger ut enn faresona utan skog i sørleg del av område B? Bør diskuteras nærare/argumenteras for. Feilteikning av faresonene?	Feil i figur for faresone med skog. Figuren er rettet opp i revidert rapport.
5 Anbefalte tiltak	OK	Ulike tiltak vurdert og diskutert basert på modelleringer og faresoner.	
6 Drift og vedlikehold	OK		
7 Sammenligning og anbefalinger	OK	Samsvarer med tidligere vurderinger.	
Egenerkæringsskjema	OK		

2 Konklusjon

Skred AS har gjennomgått den uavhengige kvalitetssikringen utført av Asplan Viak. Anmerkninger er svart ut, og det er gjort revisjon av rapport for kontrollstatus IG. Som bemerket av Asplan Viak skyldes forskjellen mellom faresone med og uten skog i den sørlige delen av område B en tegnefeil. Faresoner og figurer er oppdatert.