

Oppdragsgiver	Navn Lyngen kommune	Kontaktperson Kåre Fjellstad
Oppdrag	Nummer og navn 25265 Lyngen, Furuflaten - Mulighetsstudie for skredsikring av Furuflaten for skred fra Pollfjellet	Oppdragsleder Hallvard Skaare Nordbrøden
Dokument	Nummer 25265-01-1 Utført av Hallvard Skaare Nordbrøden, Sondre Lunde, Siiri Wickström	Dato 2025-06-18 Kontrollert av Espen Eidsvåg

Versjon	Dato	Utført	Kontroll	Beskrivelse
1	2025-06-18	HSN, PL, SW	EE	Første utgave

Mulighetsstudie for skredsikring av Furuflaten, Lyngen kommune

Sammendrag

Skred AS har på oppdrag for Lyngen kommune gjort en mulighetsstudie for skredsikring av Furuflaten. Opp mot 40 bygg i sikkerhetsklasse S2 og en skole/barnehage (S3) har ikke akseptabel sikkerhet mot skred i bratt terreng for sikkerhetskravene til ny bebyggelse. Dimensjonerende skredtype er i hovedsak «*skredvind*», dvs. lufttrykket fra snøskred, som kan ha lang rekkevidde. I ett område er steinsprang dimensjonerende i tillegg til skredvind. Sikringsmålet i mulighetsstudien er at det skal oppnå samme krav til sikkerhet mot skred i bratt terreng som for ny bebyggelse i sikkerhetsklasse S2 for all bebyggelse. Lyngsdalens oppvekstsenter (skole og barnehage) skal tilfredsstille sikkerhetskravene for S3.

Mulighetsstudien dokumenterer skredhendelser, skredskadet skog og gir en karakteristikk av de aktuelle skredbanene. Snøskred løsner fra flere deler av fjellsiden nedenfor Pollfjellet, som har en konveks form som sprer skredene ut i flere løp. Dette begrenser potensialet for skred med stor rekkevidde noe, spesielt mot den østlige delen av Furuflaten. I den vestlige delen er det en større konkav formasjon som samler mye snø, hvor det også er tegn til skredaktivitet av betydelig størrelse. Med bakgrunn i det, er det definert 4 «sikringssoner» (A-D) for å kunne differensiere kostnadsestimatet – se Figur 2. Det er registrert flere skader

på bebyggelse, blant annet tak som har løsnet og eldre vitneutsagn om skadede bygg. Det går årlig skred med støvsky mot Furuflaten, men de færreste gir skade på bebyggelse i bygda. Enkelte større skred har gitt vesentlig skade på skogen, også i nyere tid.

Steinsprang løsner fra en berghammer på ca. 50 moh. i sikringssone D. Det er registrert minst 5 steinsprang mot bebyggelsen de siste tiårene. Bergarten er fyllitt som forvitrer lett og er en typisk svak bergart.

Det gjort en klimaanalyse som er tilpasset spesifikt til den masseavhengige beregningsmodellen som er benyttet for å modellere rekkevidden av skredvind. Basert på denne og funn på feltarbeid er det definert dimensjonerende skredscenario for skredvind og steinsprang. Disse scenarioene er benyttet til å skissere ulike sikringstiltak som må bygges for å oppnå sikringsmålet. Vurderte sikringstiltak for hhv. steinsprang og snøskred er:

Steinsprang:

- Alternativ 1 – Bergsikring:
 - Sikre alle avløste blokker og bergpartier som er mulige kildeområder til steinsprang med nett montert på bergoverflaten.
 - Det er estimert behov for 9800 m² nett. Nettet må monteres fra tau av kvalifisert personell og festes med bolter.
 - Bergsikring er en robust løsning som krever lite vedlikehold, men som er kostnadsestimert en del dyrere enn alternativ 2.
- Alternativ 2 – Steinspranggjerdje:
 - Å bygge et kraftig stålgerdje som kan stanse steinsprang i utløpssonen, plassert mellom byggene som sikres og berghammeren.
 - Det er estimert behov for 230 m steinspranggjerdje med styrke 2000 kJ og 4 m høyde.
 - Steinspranggjerdjer krever en del vedlikehold etter treff, spesielt der det er vanskelig adkomst, men er kostnadsberegnet utbyggingskostnad er vesentlig lavere enn bergsikring.

Snøskred:

- Eneste aktuelle sikringsmetode er vurdert å være støtteforbygninger i løснеområdet som skal hindre utløsning av snøskred. Dette er en robust sikringsmetode, hvor det er kritisk å vurdere nedre avgrensning av områdene som sikres («sikringsfeltene»)
- Det er estimert behov for totalt 5200 m støtteforbygninger med ca. 50/50 fordeling på 4 og 5 m høyde. I tillegg er det estimert 30 virveltavler for å redusere sannsynligheten for skavlnefall på forbygningene.

Basert på vurderte sikringstiltak er det gjort et overordnet kostnadsestimat i Tabell 1. Kostnadsestimatet er basert på erfaringspriser og estimerte mengder. I samme tabell viser antall antatte bygg i hver sikkerhetsklasse etter en automatisk klassifisering fra FKB-data,

dette må gjennomgås og verifiseres av Lyngen kommune før tallene eventuelt brukes i en vurdering av kost-nytte da vi ikke kjenner til bruken av alle bygninger.

Tabell 1: Oppsummering av kostnadsestimatet for hele området (totalt) og de ulike sikringssonene.

	Totalt	A+B	C	D
Prosjektkostnad (mill. NOK ekskl. MVA)	281	176	48	54
Antall bygg antatt sikkerhetsklasse S2	38	21	10	7
Antall bygg antatt sikkerhetsklasse S3	1	1	-	-

Til slutt er det skissert virkningen av sikringstiltakene i form av forslag til faresoner etter tiltak. Videre arbeid listes opp, hvor det er anbefalt å utarbeide et forprosjekt for å redusere usikkerhet knyttet til skredfaglige vurderinger og å få bedre kontroll på kostnadsbildet.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn	6
1.2	Formål	7
1.3	Forbehold	8
2	Grunnlag	9
2.1	Tidligere vurderinger	9
2.2	Valg av sikkerhetsnivå	9
2.3	Intensitetskriterium	9
2.4	Befaring	10
2.5	Føringer fra oppdragsgiver	10
2.6	Regelverk, håndbøker og veiledere	10
2.7	Teknisk infrastruktur	10
2.8	Aktuelle sikringskonsepter	10
3	Områdebeskrivelse	13
3.1	Topografi og skredbaner	13
3.2	Kjente skredhendelser	17
3.3	Skog	24
4	Dimensjonerende skredscenario	30
4.1	Metodikk	30
4.2	Klima	30
4.2.1	Grunnlag	30
4.2.2	Ekstremverdianalyser	32
4.3	Steinsprang	36
4.3.1	Løsneområder, tidligere blokkutfall og dimensjonerende blokk	36
4.3.2	Utbredelse, spretthøyde, energinivå og hastighet	38
4.3.3	Dimensjonerende parametere	40
4.4	Snøskred (skredvind)	41
4.4.1	Metode og inngangsverdier	41
4.4.2	Modellresultater	44
5	Sikring mot steinsprang	48
5.1	Alternativ 1: Bergsikring	48
5.1.1	Type og omfang	48
5.1.2	Videre arbeid	50
5.2	Alternativ 2: Steinspranggjerde	50
5.2.1	Plassering, høyde og styrke	50
5.2.2	Videre arbeid	51
5.3	Fordeler og ulemper	53
6	Sikring mot snøskred	54
6.1	Aktuelle sikringsmetoder	54

6.2	Avgrensning av sikringsfelter	54
6.3	Høyder og mengder støtteforbygninger	56
6.4	Effekt på faresone 1/5000.....	58
6.5	Vindtiltak	59
6.6	Usikkerhet / restrisiko	60
7	Virkning av sikringstiltakene	62
8	Kostnadsestimat.....	63
8.1	Metode og grunnlag	63
8.2	Hele området.....	64
8.3	Område A og B	64
8.4	Område C.....	65
8.5	Område D	65
8.5.1	Støtteforbygninger og steinspranggjerd	65
8.5.2	Støtteforbygninger og bergsikring	66
9	Videre arbeid	67
10	Referanser	69

1 Innledning

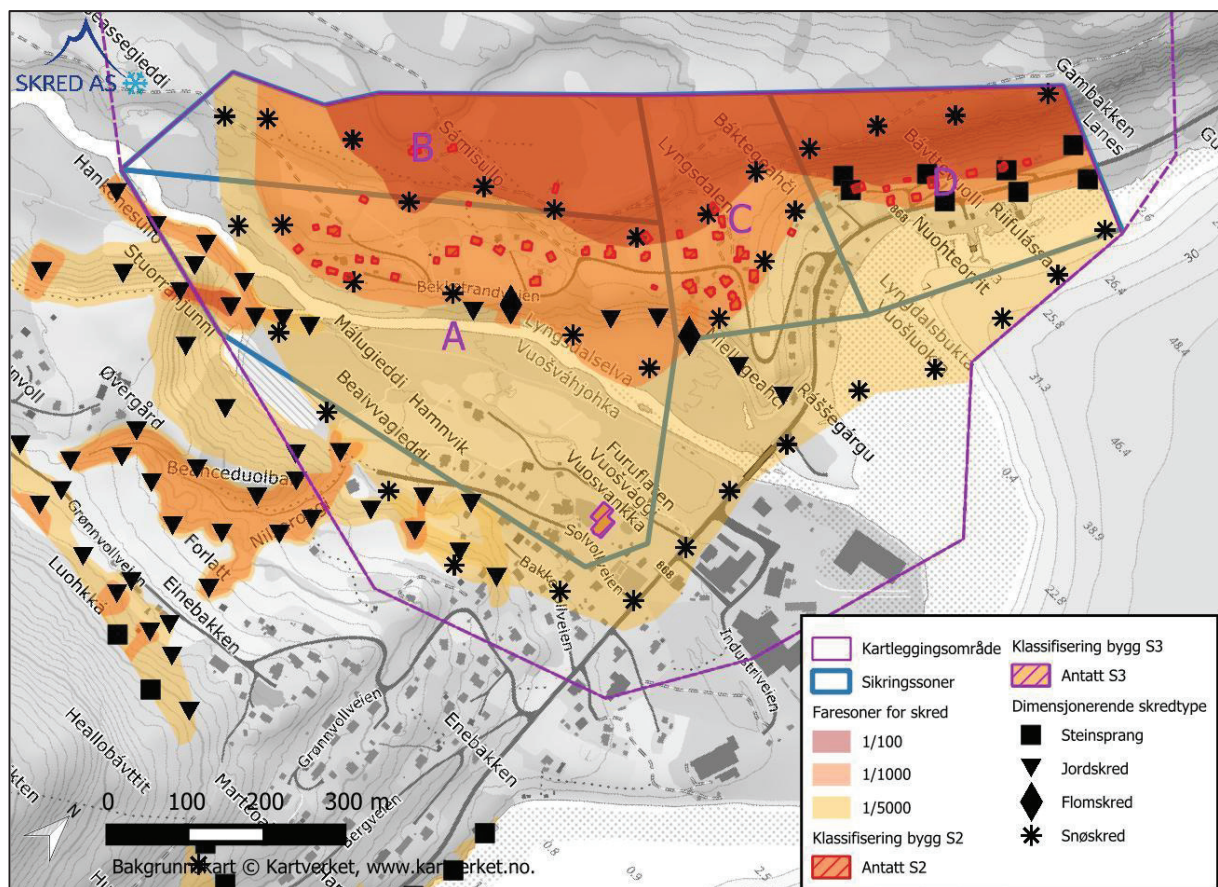
1.1 Bakgrunn

Skred AS er engasjert av Lyngen kommune til å gjøre en mulighetsstudie for skredsikring av Furuflaten. Deler av bebyggelsen på Furuflaten ligger innenfor faresone med nominell årlig sannsynlighet større enn 1/100 og 1/1000, og store deler ligger innenfor 1/5000 [1]. Dimensjonerende for faresonen er sekundæreffekt fra snøskred i form av skredvind eller lufttrykk fra støvskya. I et mindre område lengst øst (område D) er dimensjonerende skredtype også steinsprang.

Vi har delt inn vurdert område for sikringstiltak i fire delområder, sikringsområde A-D, for å differensiere tiltak og lette beskrivelse i tekst (Figur 2). Dette gir også mulighet for å gjøre en mer detaljert kost-nytte vurdering.



Figur 1: Oversiktsbilde av Pollfjellet og Furuflaten, sett mot nord. Bildet er satt sammen av flere bilder.

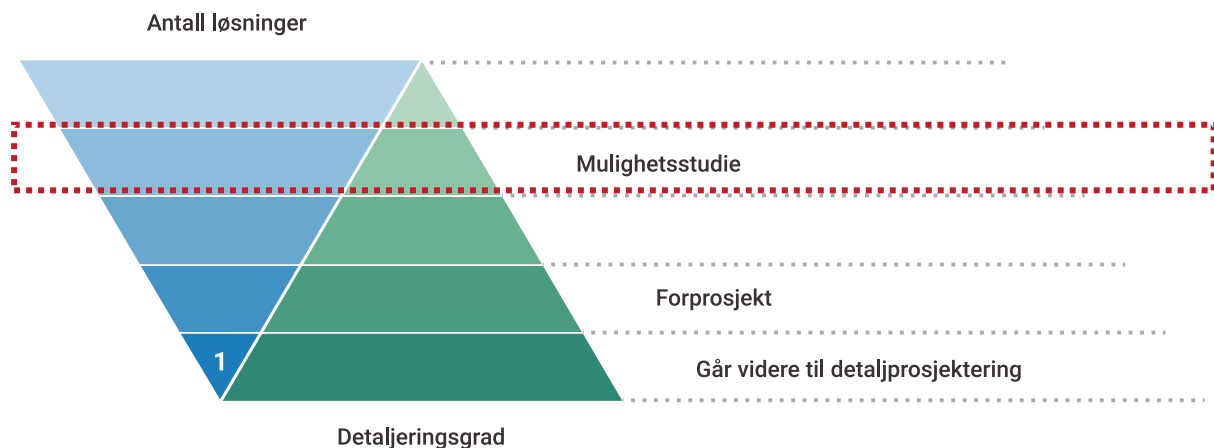


Figur 2: Faresoner for skred i bratt terreng [1]. Faresonene er vist sammen med bygg som er automatisk klassifisert basert på FKB-data og som er antatt å ikke ha akseptabel sikkerhet for sin sikkerhetsklasse etter krav til sikkerhet for ny bebyggelse.

1.2 Formål

Denne rapporten tar utgangspunkt i å utarbeide en mulighetsstudie som omtalt i NVEs Sikringshåndboka. NVEs Sikringshåndboka [Fase 1: Planlegging gir en innføring i gangen i skredsikringsprosjekter](#) hvor Figur 3 illustrerer hvilken detaljeringsgrad mulighetsstudien i denne rapporten har. Målsetningen med mulighetsstudien er å få et innledende anslag på et kostnadsbilde som kan forventes for å sikre utsatt bebyggelse og lage en rapport som kan ligge til grunn for en eventuell søknad om midler til skredsikring fra NVE.

Vi presenterer i denne rapporten noen grove, overordnede kostnader for hvert enkelt tiltak og anbefaler videre arbeid.



Figur 3: Gjengitt figur fra NVEs Sikringshåndboka som illustrerer detaljeringsgrad og antall sikringsløsninger for ulike faser av et sikringsprosjekt.

1.3 Forbehold

Denne vurderingen er kun for skredtekniske forhold og det kan være andre tverrfaglige forhold som er relevante for gjennomføring av sikringstiltak som ikke er hensyntatt. I kap. 9 listes en del momenter, men faktisk behov for videre arbeid og utredninger må vurderes i detalj senere. Vurderingen gjøres ved å ta hensyn til skogens bremsende effekt på snøskred.

Denne vurderingen er heller ikke å anse som endelig vurdering («prosjektering») for å kompensere for manglende sikkerhet mot skred etter TEK17 kap. 7-3. Det vil være behov for å fastsette alle skredtekniske premisser i senere fase. Arbeid i senere fase må utføres og dokumenteres etter gjeldende regelverk (forskrifter, veiledere og standarder).

2 Grunnlag

2.1 Tidligere vurderinger

Vi er kjent med følgende tidligere vurderinger:

- Skred AS rapport 23123-01-4: Skredfareutredning for utvalgte områder i Lyngen kommune [2].
- NGI rapport 20021370-1: Lyngen kommune. Skredkartlegging i Russelv, Straumen, Kjosen, Lyngseidet og Furuflaten [3]
- NGI rapport 20021370-2: Lyngen kommune. Differensierte skredgrenser ved Russelv, Straumen Sør, Stigen og Furuflaten [4].
- Statens Vegvesen og Troms Fylkeskommunes rapporter for Pollfjelltunnelen.

2.2 Valg av sikkerhetsnivå

Sikringsmålet for mulighetsstudien er:

1. At bygg som faller inn under sikkerhetsklasse S2 oppnår tilfredsstillende sikkerhet, altså at største årlige nominelle sannsynlighet for skred som gir skade av betydning, ikke skal overstige 1/1000.
2. At Lyngsdalen oppvekstsenter, som rommer barnehage og skole og faller inn under sikkerhetsklasse S3, oppnår tilfredsstillende sikkerhet. Det vil si at største årlige nominelle sannsynlighet for skred som gir skade av betydning ikke skal overstige 1/5000.

Basert på gjennomgang av klassifisering av bygg basert på FKB-data fra skredfarekartleggingen og gjennomgang av hvilke bygg som har gateadresse i arbeidet med mulighetsstudien har ca. 40 antatte bolighus og driftsbygninger i landbruket (S2) og Lyngsdalen oppvekstsenter (S3) ikke tilfredsstillende sikkerhet mot skred i bratt terreng. Dette estimatet må verifiseres av kommunen da både færre og flere bygg kan falle inn under sikkerhetsklasse S2 samt at flere av byggene kan være fritidsboliger.

Valg av sikkerhetsnivå gjelder i utgangspunktet for både bygg og uteområder. For nybygg er det anledning til å nedklassifisere uteområdene til en lavere sikkerhetsklasse. Mulighetsstudien har som utgangspunkt at også uteområdene sikres mot skred, men der det er teknisk mulig å kun sikre bygningsmassen omtales også dette kort. Dette kostnadsberegnes imidlertid ikke, men kan trekke ned kostnadene spesielt for sikring mot steinsprang.

2.3 Intensitetskriterium

Sikkerhetskravene for skred i bratt terreng er i Norge probabilistiske og utredninger gjøres for å finne «*skred som kan gi skader av betydning*» [5]. Denne formuleringen har ikke et definert intensitetskriterium knyttet til seg, ei heller noen spesifisering som sier om virkningen av et skred på bygningsmasse skal tas hensyn til eller ikke. Det er for tiden en pågående prosess som ser på mulig revisjon av byggt teknisk forskrift (TEK17) hvor intensitetskriterium er ett av temaene. Per juni 2025 foreligger det ingen anbefalinger fra dette arbeidet.

Mangelen på intensitetskriterium i norsk regelverk er spesielt problematisk for skredvind som har lang rekkevidde hvor intensiteten avtar relativt sakte. En ekspertgruppe nedsatt av NVE for skredvind anbefalte for en liknende sak i Mosjøen et intensitetskriterium på 3 kPa [6]. Dette har Skred AS og flere i ettertid brukt som retningsgivende verdi for faresoner dimensjonert av skredvind. I farekartleggingen av Furuflaten brukte vi samme kriterium som retningsgivende, men med tung vektning av hendelser og observerte skader i endelig fastsetting av faresoner. Vi vil benytte samme intensitetskriterium i utredning av mulige sikringstiltak, men med en kritisk tolkning av modellering i hvert tilfelle.

2.4 Befaring

Befaring ble gjennomført i forbindelse med kartlegging av skredfare mai 2023. Vi har ikke gjort supplerende befaring, men brukt data og erfaring fra tidligere befaring.

2.5 Føringer fra oppdragsgiver

Lyngen kommune har ikke kommet med noen spesielle føringer ut over å definere sikringsmålet. NVE var involvert i tidlig dialog og har sagt seg enig i at fremgangsmåten for å eventuelt realisere et sikringsprosjekt ved å starte med en overordnet mulighetsstudie er fornuftig.

2.6 Regelverk, håndbøker og veiledere

Vurderinger og dimensjonering i denne mulighetsstudien tar utgangspunkt i de modulene som er per juni 2025 er publisert i NVEs Sikringshåndboka for skred i bratt terreng: <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/skred-i-bratt-terreng/> Vurderingene følger også i DiBK temaveileder *Utbygging i fareområder* [7] for arbeidene.

Sikringshåndbokas [Modul G0.001: Lover og forskrifter](#) gir en oversikt over de mest sentrale lovene og forskriftene som kan være aktuelle når man planlegger sikringstiltak.

I denne mulighetsstudien har vi i tillegg til Sikringshåndboka benyttet som supplement:

- SLFs defence structures in avalanche starting zones [8]
- ONR 24810 Technical protection against rockfall [9]

2.7 Teknisk infrastruktur

Da mulighetsstudien er på et overordnet nivå, har vi ikke gjort en utfyllende innhenting av teknisk infrastruktur i området ut over det som er synlig over bakken. Generelt er det lite eller ingen teknisk infrastruktur som kommer i konflikt med eventuelle tiltak som er synlig over bakken. Infrastruktur under bakken har vi ikke oversikt over på utredningstidspunktet.

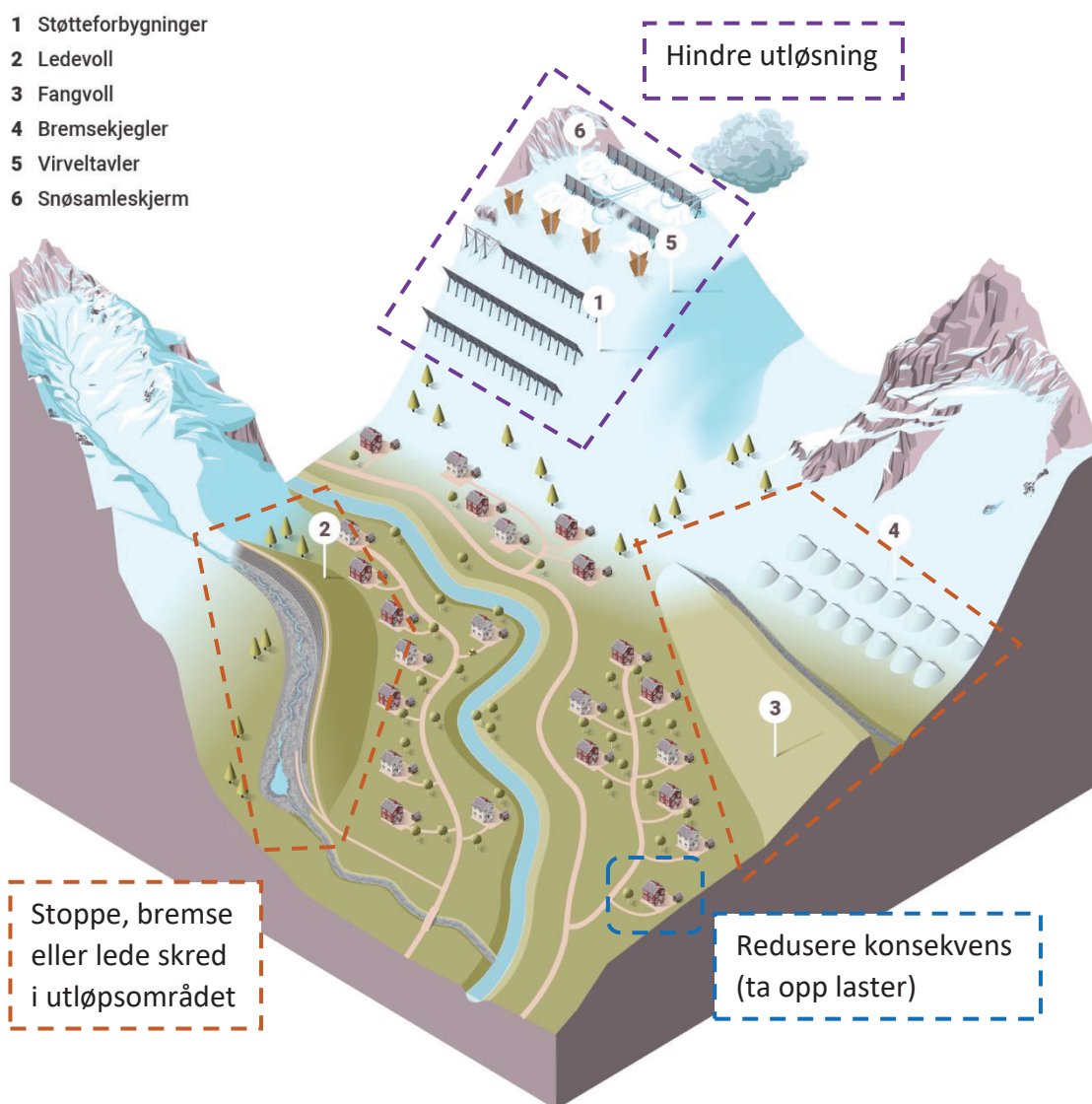
Påvirkningsområdet overlapper med grensen til Lyngen Landskapsvernområde.

2.8 Aktuelle sikringskonsepter

Aktuell(e) skredtyper er steinsprang og sekundæreffekt fra snøskred i form av «skredvind», dvs. skadelig lufttrykk fra støvskya som dannes ved snøskred. Generelt er det tre overordnede metoder for skredsikring (Figur 4):

1. Sikring av løseområdet – Tiltak som hindrer eller reduserer sannsynligheten for at et skred utløses.
2. Sikring av skredløpet/utløpsområdet – Etablering av tiltak (fang-/ledevoll, fanggjerd o.l.) som hindrer at et skred treffer den aktuelle tomten, enten ved å stoppe eller lede skredet bort.
3. Håndtering av konsekvens (objektsikring) – Selve bygget dimensjoneres opp til å tåle kreftene fra et skred. Maksimal skredlast bør ikke være større enn 50-60 kPa [7] og sikkerhetsnivå for uteområder må normalt plasseres i lavere sikkerhetsklasse.

Etter pbl. §29-5 [10] er det per i dag ikke tillatt med såkalte organisatoriske sikringstiltak for bebyggelse for å tilfredsstille kravene i pbl og TEK17. Det vil si tiltak som er midlertidige hvor risikoreduserende tiltak som f.eks. kontrollert nedsprenkning eller evakuering iverksettes ved forhøyet skredfare.



Figur 4: Figur fra NVEs Sikringshåndboka som viser ulike sikringstiltak, her vises primært tiltak mot snøskred. Stiplede omriss viser de tre hovedprinsippene for skredsikring; 1) Hindre

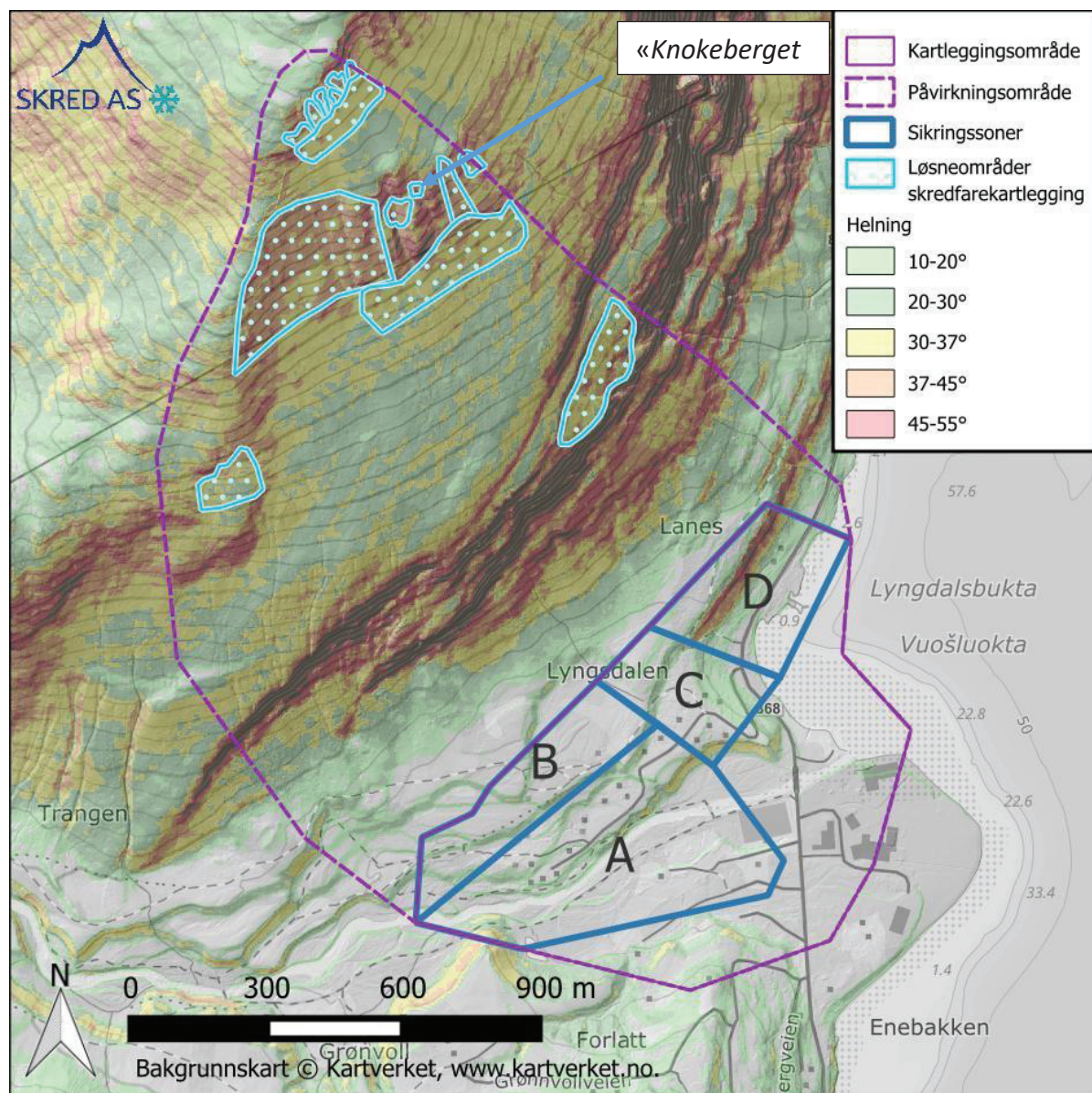
utløsning av skred 2) Stoppe, bremse eller lede skred i utløpsområdet og 3) redusere konsekvensene av et skred.

3 Områdebeskrivelse

For generell beskrivelse av området, geologi, topografi, mv. viser vi til skredfarevurderingen [2]. Videre følger supplerende beskrivelse av betydning for mulighetsstudien.

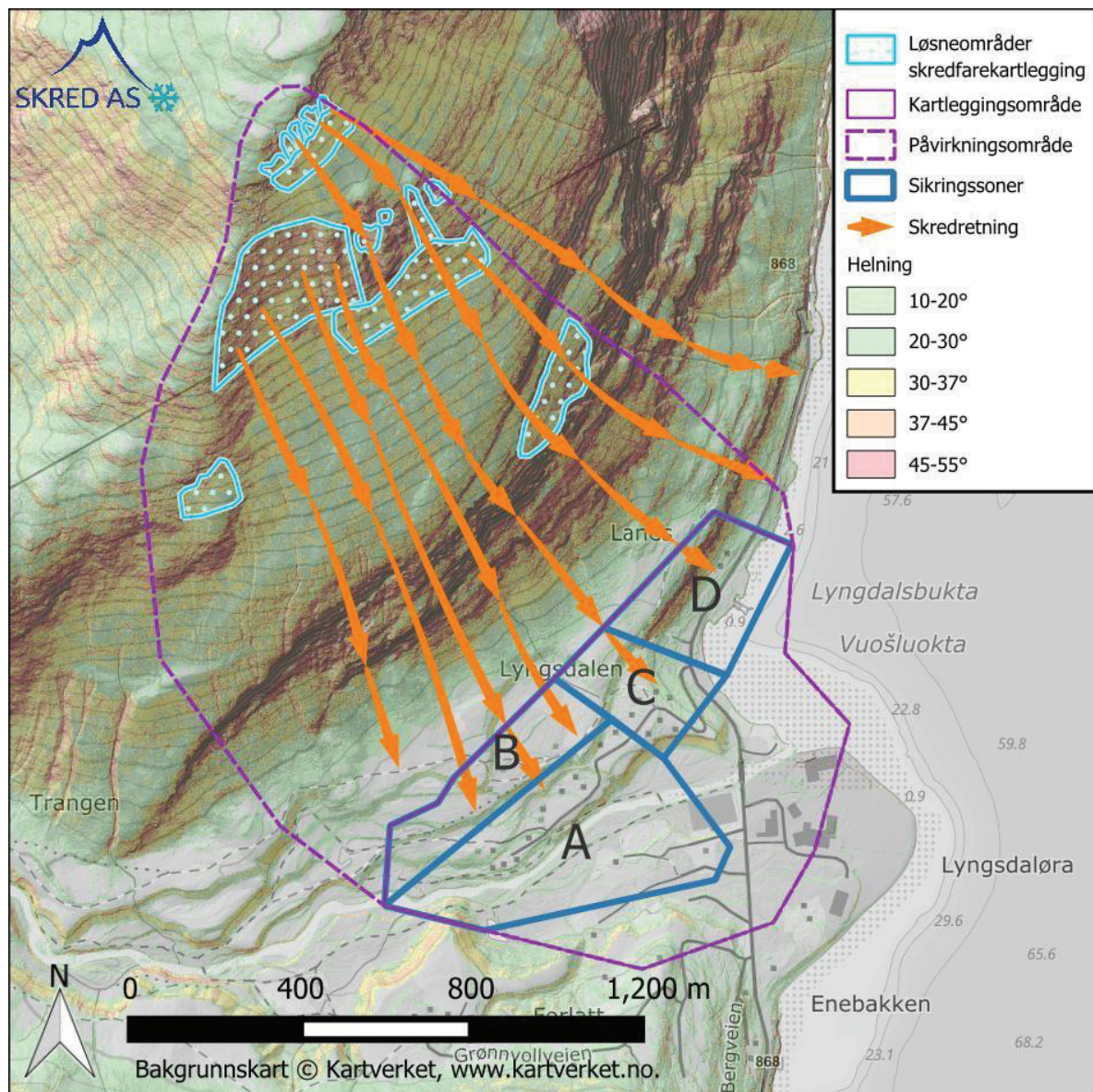
3.1 Topografi og skredbaner

Skredbanene over Furuflaten strekker seg helt opp til 1100 moh. i den SØ-vendte siden av Pollfjellet og har en konveks form. I vestre del av påvirkningsområdet er det en markant rygg med NNØ-SSV orientering med en skarp vinkelendring på østsiden. Øst for denne ryggen er det generelt terreng brattere enn 30°. Dette utgjør de viktigste løснеområdene, som har ulike terrengkarakteristikk og fallretning. Like nedenfor ryggen i øvre del av påvirkningsområdet er det fire markerte, men korte renneformasjoner ovenfor et bergparti som omtales som «Knokeberget» lokalt. Knokeberget består av bratte bergpartier og flere smale og bratte renneformasjoner, ovenfor er kort parti med terreng brattere enn 30° før det blir slakere lenger ned. Mellom Knokeberget og ryggen i vest er det en stor, markert forsenkning (7-900 moh.) som utgjør det største løśnieområdet. Under løśnieområdene er det terreng med helning 10-25° med varierende høydeforskjell og helning. Generelt er det brattere i vest og slakere i øst. Mellom 300 – 500 moh. går det et stort bratt parti som utgjøres av klippebånd med slakere avsatter mellom, som går på tvers av hele påvirkningsområdet. Nedenfor klippebåndet er det et kortere bratt parti på naturlige skredvifter, før terrenget er slakt inn i kartleggingsområdet. I nordre del av kartleggingsområdet er det et lite klippeparti med nært vertikal helning og høydeforskjell 10-30 m.

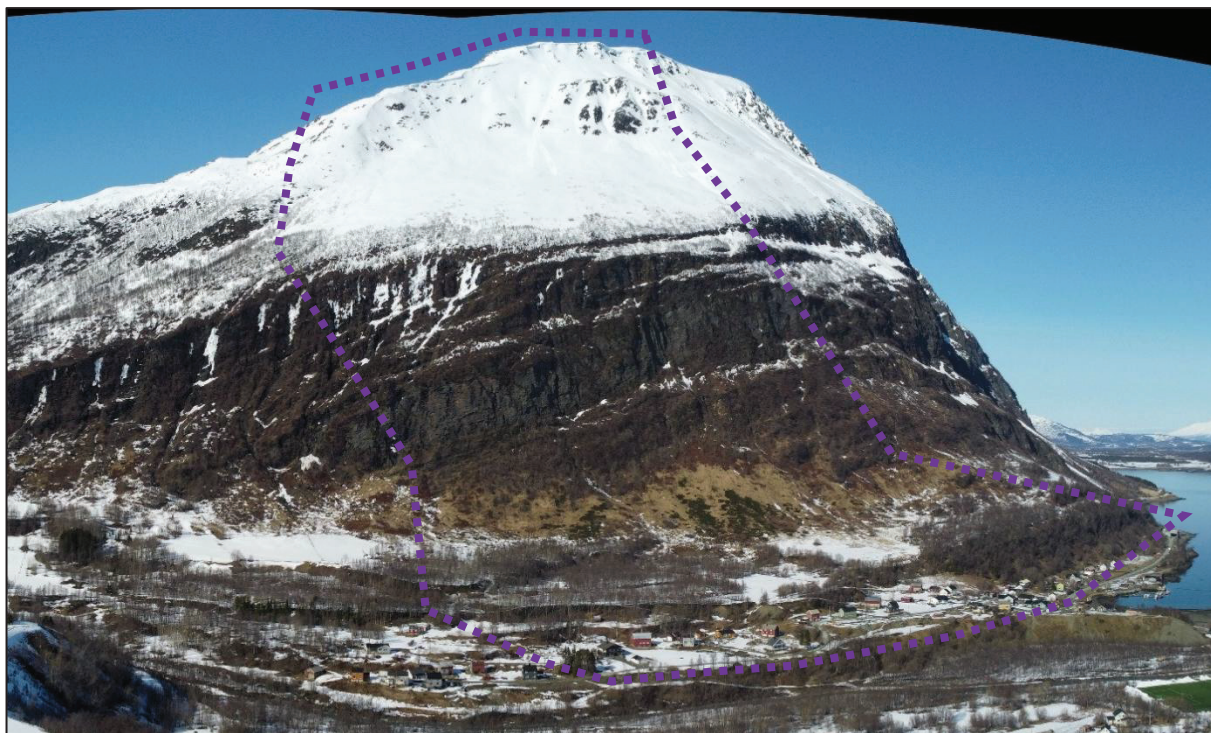


Figur 5: Oversiktskart, sikringssoner og terrenghelning.

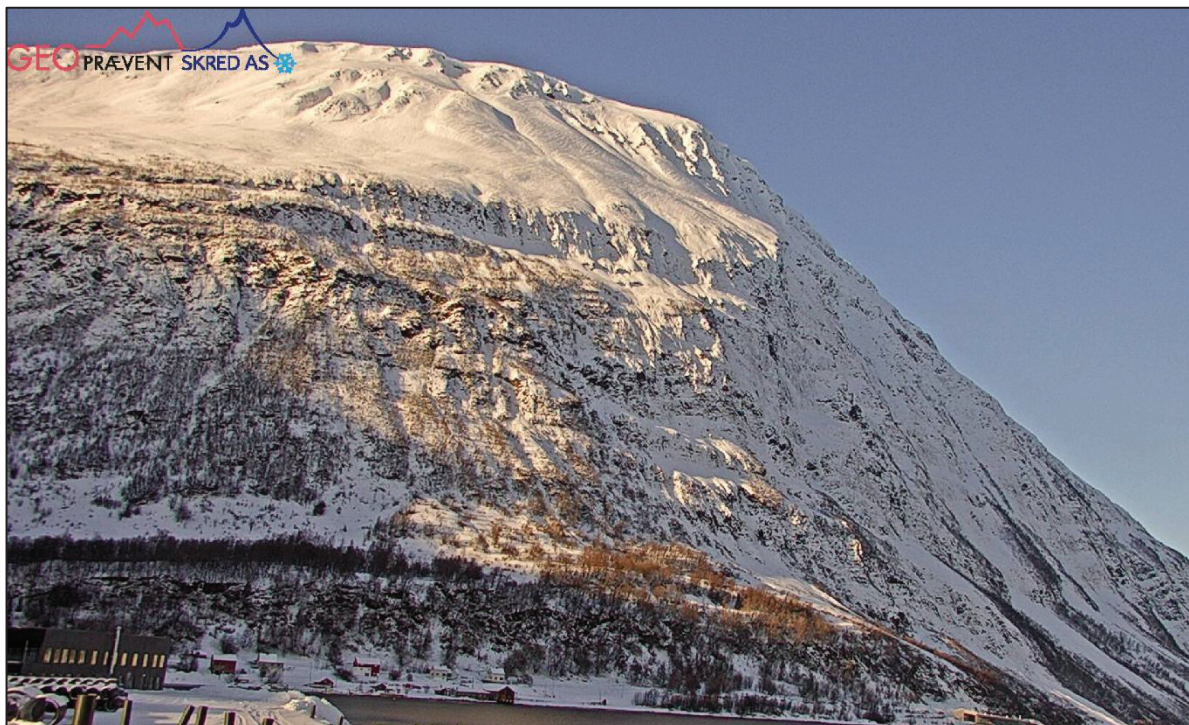
Den konvekse formen til fjellsiden gjør at snøskred kan ledes ut i forskjellige deler av fjellsiden selv fra samme løsneområde (Figur 6). Denne effekten er større jo høyere snøskred løsner. Denne effekten gir et komplekst strømningsmønster som ikke nødvendigvis er åpenbart kun ved terrengstudier. En fordel derimot, er at den enkelte skredstrøm forblir forholdsvis begrenset i volum som gjør at potensialet for ekstreme skredhastigheter og utløp begrenses, dette gjelder spesielt i østre del. Figur 7 og Figur 8 viser vinterbilder av fjellsiden for å gi et inntrykk av typisk snøfordeling.



Figur 6: Løsneområder fra skredfarekartleggingen vist med piler som indikerer strømningsmønsteret i fjellsiden.



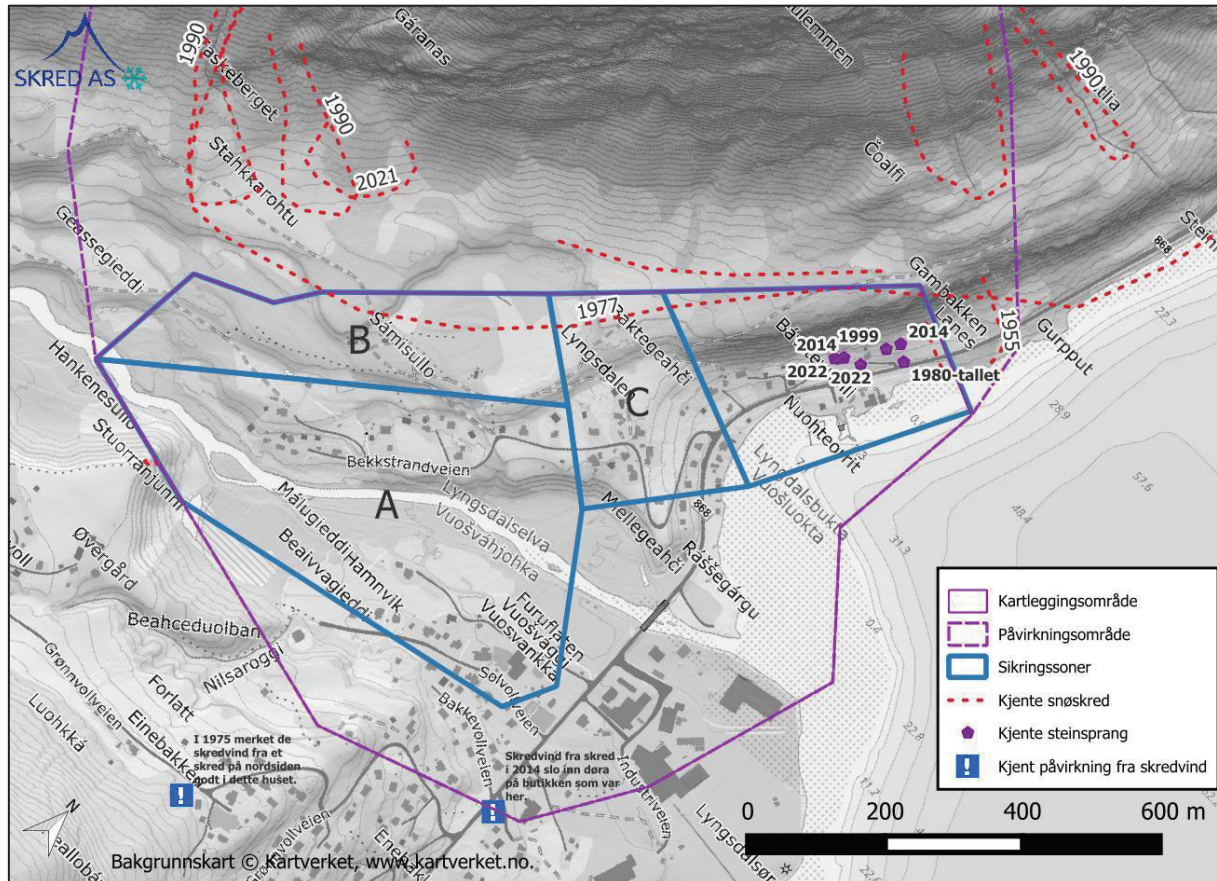
Figur 7: Oversiktsbilde over Pollfjellet april 2023. Bildet er tatt med vidvinkel og er derfor noe uproporsjonalt. Påvirknings- og kartleggingsområdet er omtrentlig indikert med lilla, stiplet strek.



Figur 8: Bilde fra 2023-03-06 av østre del av påvirkningsområdet som gir oversikt over snøfordeling og fjellside.

3.2 Kjente skredhendelser

De kjente, historiske skredhendelsene som vurderes å ha relevans for skredfareutredningen er gjengitt i Tabell 2 og visualisert i Figur 9.



Figur 9: Oversikt over kjente skredhendelser som har latt seg stedfeste.

Ifølge lokale går det, ikke årlig, men ofte skred fra sørøstsiden av Pollfjellet ned mot bygda. Skredmassene stopper normalt før de når bebyggelse, men skredvind har flere ganger i manns minne nådd ned i bygda.

I NVE Atlas er det registrert flere snøskredhendelser i bebyggelsen, som trolig er feilplassert. Med unntak av hendelsen i 1867, som trolig er vilkårlig plassert i Furuflaten, er hendelsene fra 2000-tallet. Disse hendelsene har generelt lite/ingen informasjon. Vi ville forventet mer informasjon dersom hendelsene hadde gått ned på bebyggelse.

Det ligger inne svært mange registreringer av snøskred på Pollfjellet, hvor de fleste er automatiske registreringer fra skredradaren på Furuflaten som overvåker skredløpet Geitlirenna som ligger like utenfor kartleggingsområdet. I skredløpet Geitlirenna går det skred med skredmasser som treffer veg ved Pollfjelltunnelens sørlige åpning i snitt hvert 10. år [11] og over tunnelen går det snøskred mange ganger hvert år. Støvska fra Geitlirenna går over veg flere ganger årlig. Dette skredløpet går ikke direkte mot bebyggelse og ligger nord for kartleggingsområdet. Skred AS drifter radaren som detekterer snøskred i Geilirenna, hvor skred i østlige deler av påvirkningsområdet fanges opp. Det detekteres årlig snøskred

med støvsky mot sikringsområde C og D, i hovedsak av liten størrelse. Disse dataene publiseres ikke automatisk til RegObs.

Figur 13 til Figur 17 viser bilder fra utvalgte snøskredhendelser fra påvirkningsområdet som ligger inne i RegObs. Dette er trolig relativt vanlige og ikke spesielt store hendelser. Ingen av disse hendelsene er dokumentert som større hendelser i Tabell 2.

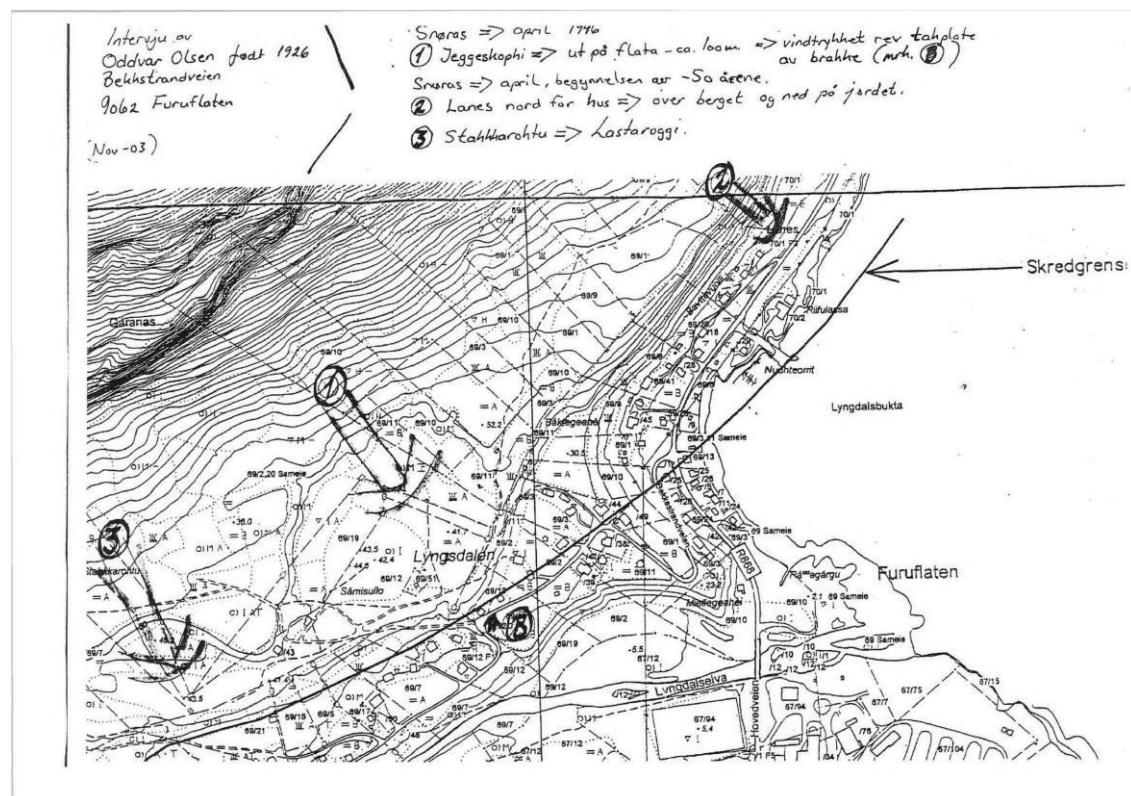
I NGIs rapport fra 2004 [4] er det dokumentert mange hendelser som når ned til bunnen av klippepartiet, like nord for kartleggingsområdet. Samtlige av disse er ikke gjengitt i Tabell 2 fra skredfarevurderingen da mange av dem er mindre. Figur 10, Figur 11 og Figur 12 viser gjengivelse av kart basert på intervju av tre lokale, utført av Furuflaten bygdelag i 2003. Disse kartene gir et inntrykk av hvor snøskred når ned mot bebyggelsen, større hendelser og skredskader.

NVE har fulgt opp bekymringsmelding for steinsprang i sikringszone D. I skredfarekartleggingen fikk vi tilgang til en oversikt i et ikke-nummerert dokument fra NVE, dette er gjengitt i Figur 18.

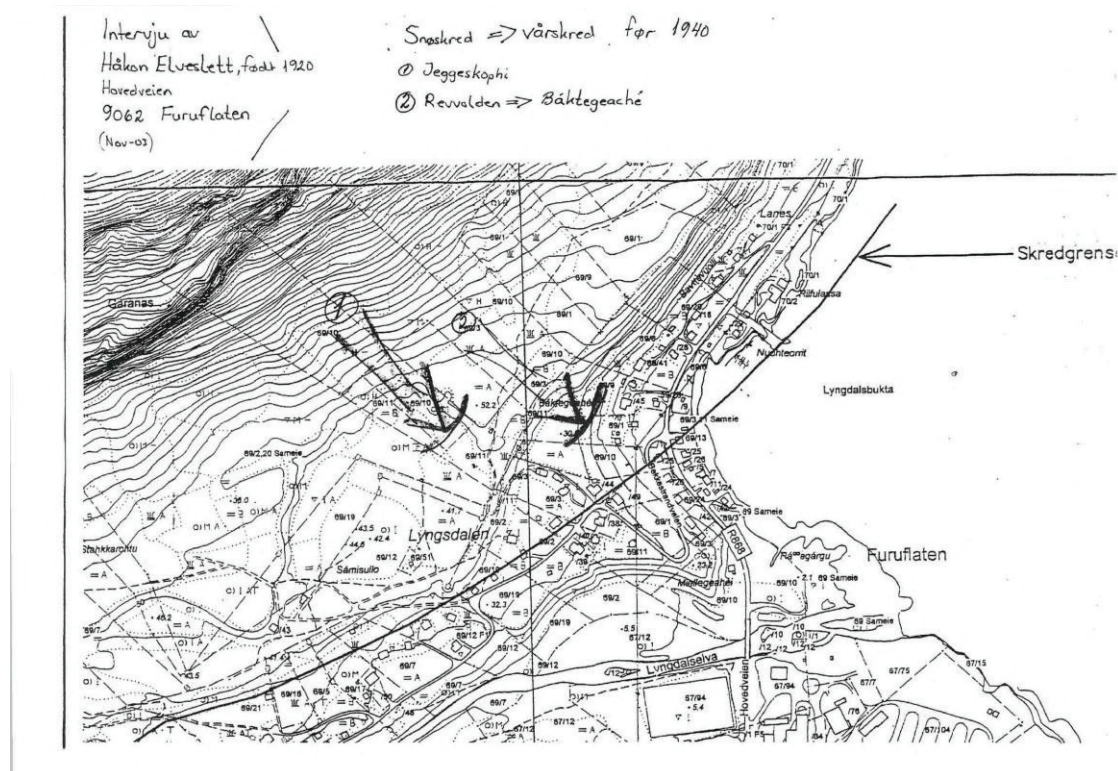
Tabell 2: Utvalgte historiske skredhendelser for området, gjengitt fra skredfarevurderingen.

Skredtype	Tidspunkt	Beskrivelse
Snøskred	?	Ovenfor Lanes har det løsna en gang. «Røyken» fylte hele bygda. Men masser kom ikke ned til bebyggelsen. Massene ble avsatt på flata ovenfor bebyggelsen på grunn av den bratte overgangen [12].
Fjellskred	30. juni 1810	«Lyngen. Pollfjellet. Fjellet mellom Pollen og Lyngsdalen styrta ut den 30. juni 1810, i følge kyrkjeboka. Enorme steinmassar laga høge flodbølgjer som tok tre gardar i Lyngsdalen, ved Furuflaten. 14 menneske omkom, 13 vaksne og eitt barn under 10 år. Hus, beite, jord, båtar, husdyr vart tekne. Kyrkjeboka skriv: «30.06.1810 nedstyrtede en stor Steenmasse af Fjeldet imellem Pollen og Lyngsdalen, hvorved søen satte i saa voldsom Bevægelse at Bølgerne bortreve Huusene paa 3de Gaarder i Lyngsdalen, hvorved følgende 14 Mennesker omkom,..hvilke under 8de d. M. bleve mig opgivne. Af disse var kun de 2 første igjenfundne og begravne.» Kartreferansen er plassert på busetnaden ved sjøen i Lyngsdalen. Flodbølgjene var merkbare 20 km frå rasstaden, tre gongar braut sjøane, (1,5 m høge inst i Storfjorden). Pga. av grisgrendt område, vart talet på omkomne relativt lite, men fjellskredet måtte hatt uvanleg dimensjon, eitt av dei største i Noreg. Maksimum bølgehøgde mot busetnaden er ukjent. Skredfaret er tydeleg den dag i dag, og har eit stort omfang, nær innpå 2 km breitt, og ein grunne var danna i fjorden utanfor. Husa vart bygde opp ei stykke lenger frå sjøen. Det var ei klimaforverring på denne tida, med kalde vintrar frå 1810-16.»[13]
Snøskred	18. februar 1867	«Den 18. februar 1867 kom eit snøskred «omtrent 20 Favne fra Husene, men Drevet og Lufttrykket var dog saa sterkt, at de bortrev 7 Huse, hvorav et var beboet af 6 Mennesker. Dette Hus blev aldeles løftet op fra Sylmuren, og i Faldet splintredes Alt.» Alle personane vart skadde, men ingen synest å ha mista livet. På ein husmannsplass ved sida av, vart stovetaket rive av lufttrykket.» [13]. Hendelsen er trolig tilfeldig plassert i Furuflaten.

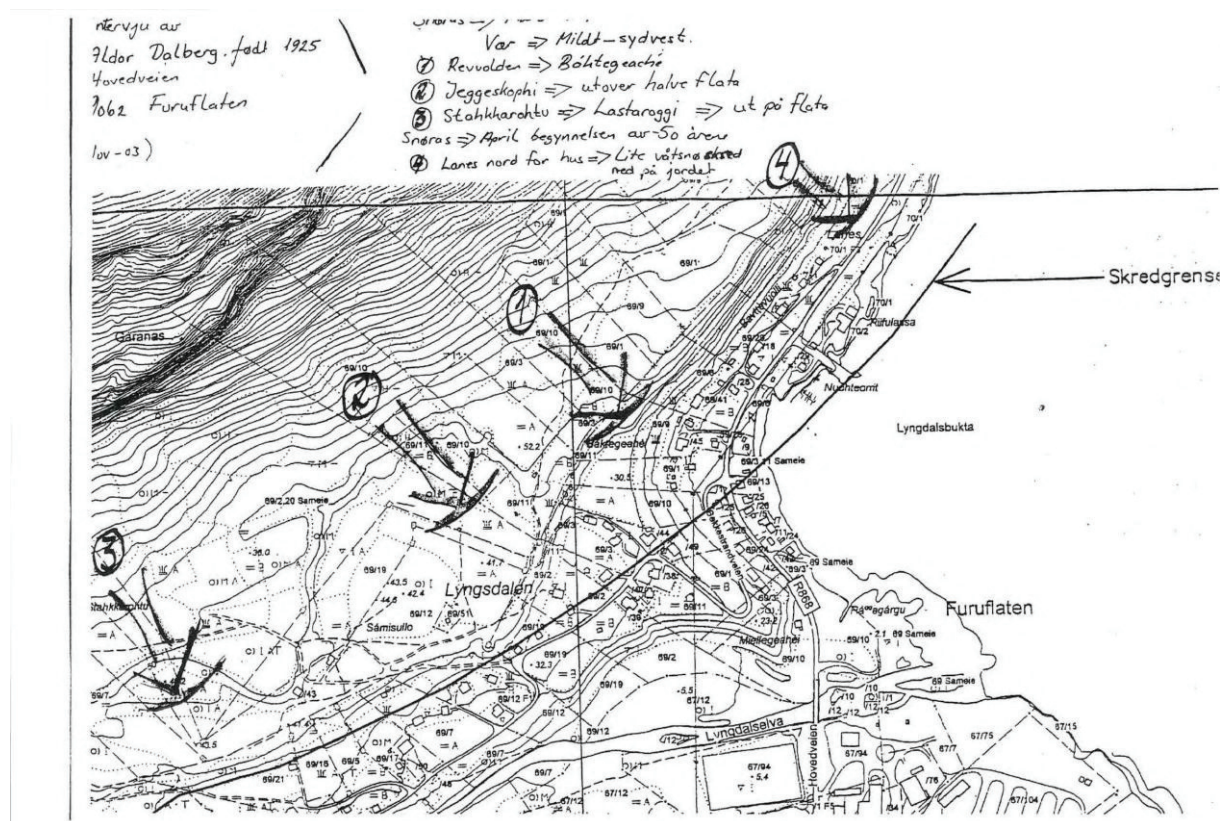
Snøskred	24. oktober 1894	«Lyngen. Lyngsdalen. Den 24. oktober 1894 "omkom ved et sneeskred" Lars Andreas Larsen, 18 år gammel, med bustad på Lyngsdalen ved Furuflaten. Manglar nærare informasjon om lokalisering.» [13]
Snøskred	1947	Skredvind tok tak av låve v/nr 15 [14]. Lagt inn som skredpunkt i registreringskart.
Snøskred	1955	Smal tunge av våte snøskredmasser som gikk over vegen [14]. Lagt inn som skredhendelse/lobe i registreringskart.
Snøskred	1975	Snøskredskyen nådde andre siden av dalen. Lagt inn som infopunkt i registreringskart. [14]
Snøskred	Ca. 1977	Hele siden gikk, i en bredde på 1-2 km. Ikke masser ned til husene, men i en vanvittig bredde [14]. Lagt inn utløp i registreringskart.
Steinsprang	1985	«Stor steinblokk – stoppet ved parkering ovenfor fylkesveg. Størrelse usikker, men antydte fra informant 5-10 m ³ . Skjedde en gang på 80-tallet.» [13]
Jordskred	15. mai ca. 1990 +/- 5 år	2 jordskred, usikkert akkurat hvilke skredløp de gikk i. Det var kaldt (4 grader) på morgenen og varmt (20 grader) på ettermiddagen. 20 cm bruddkant i jord, den tinede delen av jordsmonnet løsna. Gikk ikke ned til bebyggelse eller elva, men «lengre enn vanlig» I samme sykklus gikk det også et jordskred i Geilirenna. [14]
Steinsprang	29. juli 1999	«Blokk 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m stoppet rett ved huset. Kubisk form» [13]. Blokka er flyttet og benyttet som utebord av beboerne ved Hovedveien nr. 1.
Steinsprang	8. juni 2014	«Stor blokk på flere m ³ , stoppet kort avstand fra sjå på GBnr 70/1. Flere steiner stoppet i nærheten av en stor selje ovenfor sjå.» [13]
Snøskred	2013	Skredvind: Person i Bekkstrandveien nr. 23 forteller om avlagring av 10 cm «rar, veldig finkorna snø». Person i nr. 25 merket ingenting. Lengre ned i bygda ble døra på den gamle butikken slått inn, og det ble avlagret noe snø langt inn i lokalet. Beboer i et annet hus, lengre ned i bygda har fortalt at det ble helt mørkt en stund, og hun trodde alle husene ovenfor måtte ha blitt tatt av skredet. Tidspunkt for hendelsen er usikkert.
Steinsprang	21. juli 2022	«Dato usikker, men i løpet av juni/juli 2022. En flat blokk som kom på høykant ned. Løsnet fra samme løsneområdet ovenfor fjøset. Dimensjoner er 2m x 1,4 m x etellerannet smalt» [13]
Steinsprang/jordskred	19. april 2022	«Steinsprang på ca. 10 m ³ løsnet våren 2022. Skifrig bergart. Hendelsen er dokumentert med bilder.» [13]
Steinsprang	20. eller 21. april 2022	Steinsprang 10-20 m ³ . Stor blokk traff muren på lembua, rev ned deler av den og stoppet kort avstand fra fjøs.



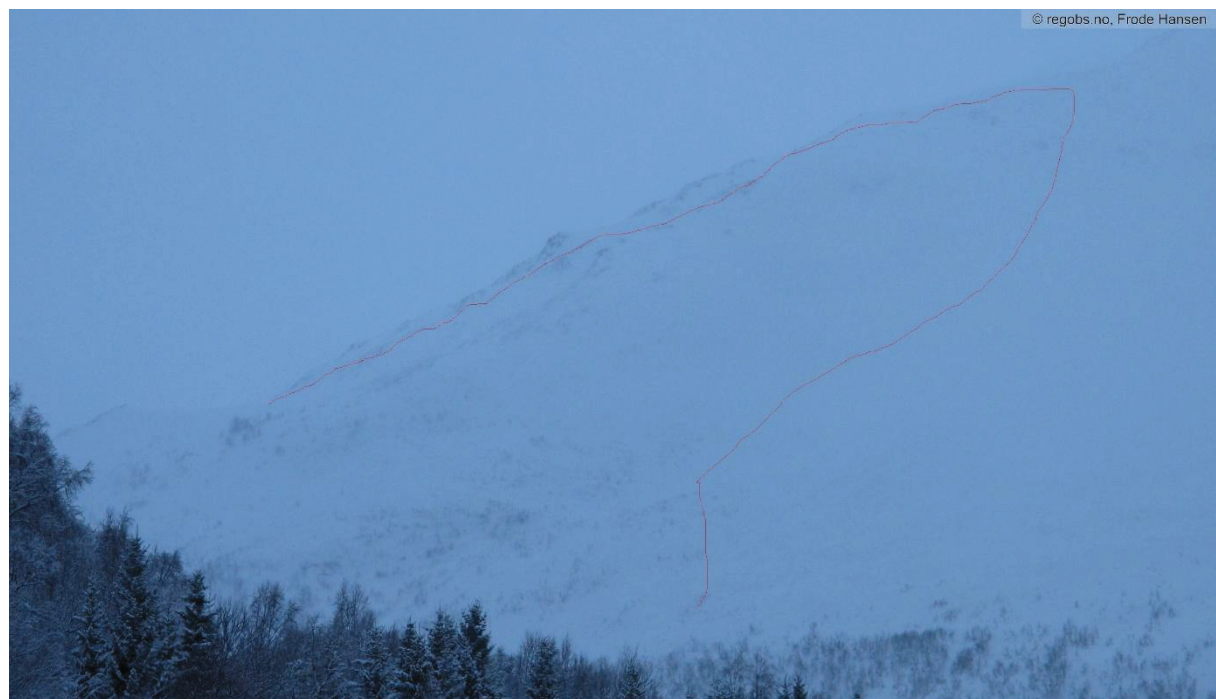
Figur 10: Gjengivelse av kart med dokumenterte skredhendelser basert på intervju i 2003 av Oddvar Olsen (f. 1926) fra Furuflaten [4].



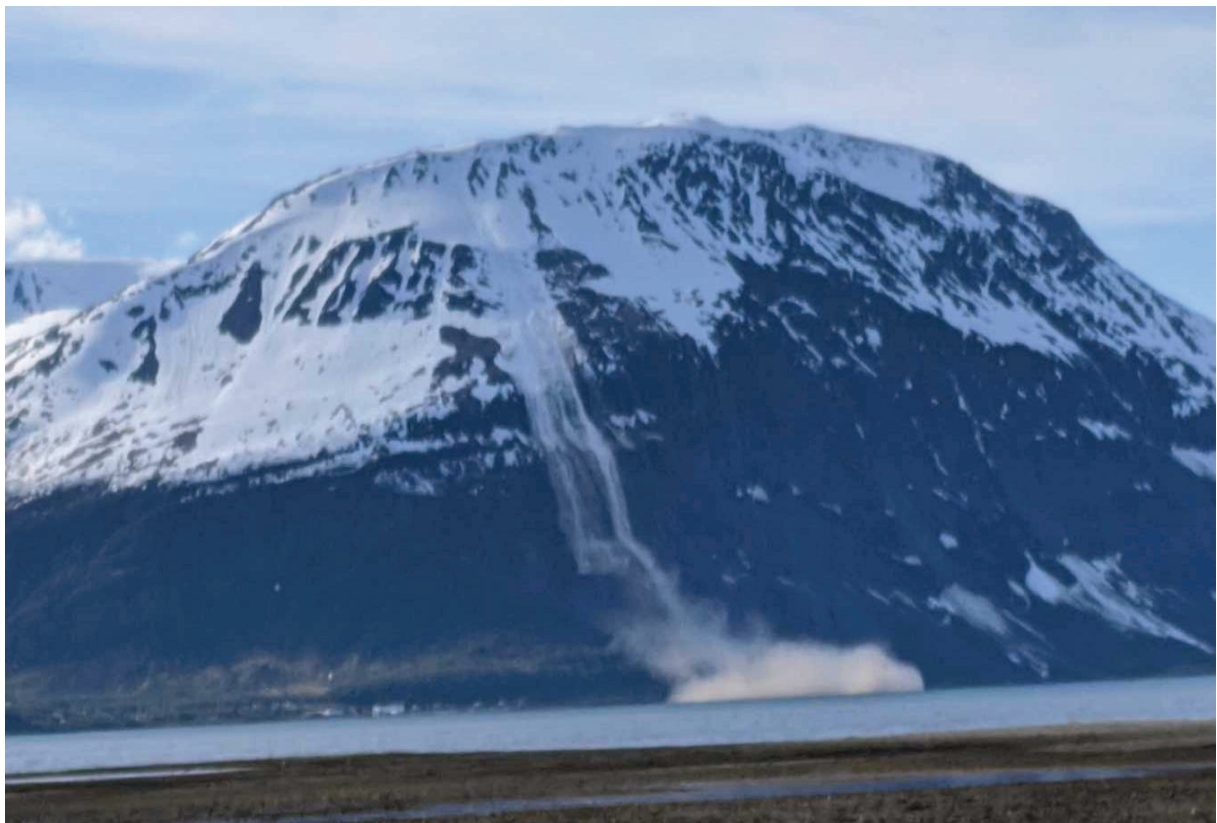
Figur 11: Gjengivelse av kart med dokumenterte skredhendelser basert på intervju i 2003 av Håkon Elveslett (f. 1920) fra Furuflaten [4].



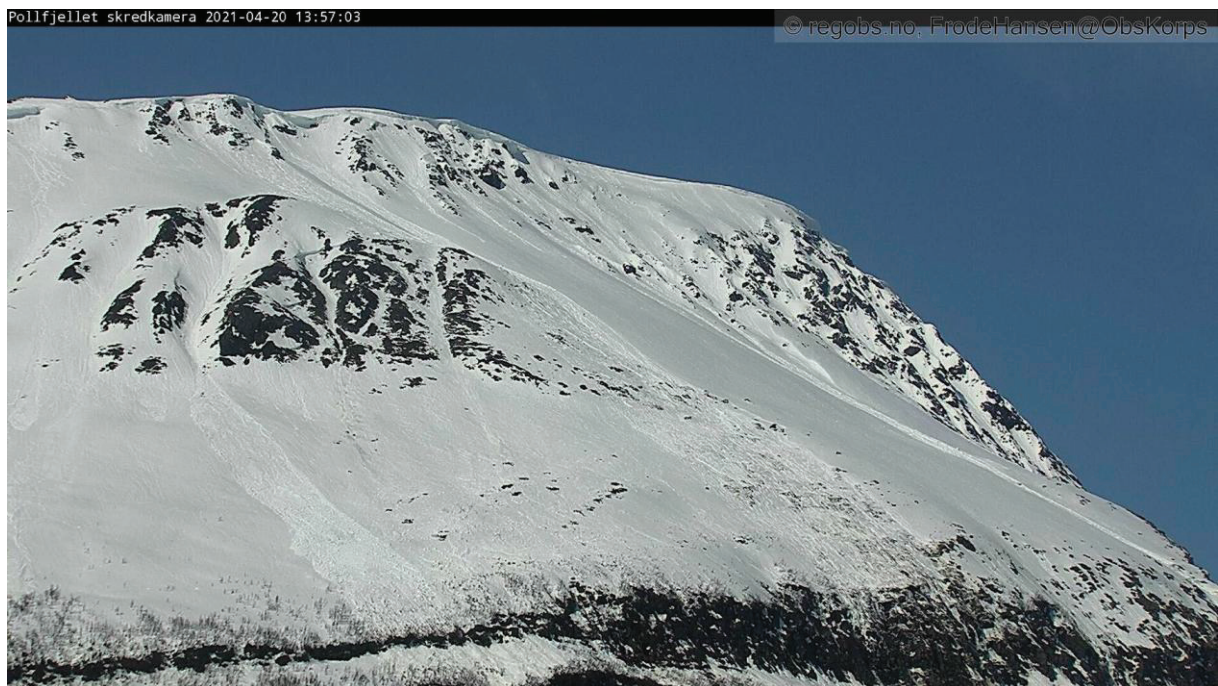
Figur 12: Gjengivelse av kart med dokumenterte skredhendelser basert på intervju i 2003 av Aldor Dalberg (f. 1925) fra Furufلاتen [4].



Figur 13: Snøskred 2015-02-10 i vestre del av påvirkningsområdet. Kilde: Regobs



Figur 14: Vått snøskred som avsatte betydelige mengder snø, jord og trevirke på Fv 868 ved Pollfjelltunnelens søndre påhugg. Skredet gikk like øst for påvirkningsområdet. Kilde. Regobs



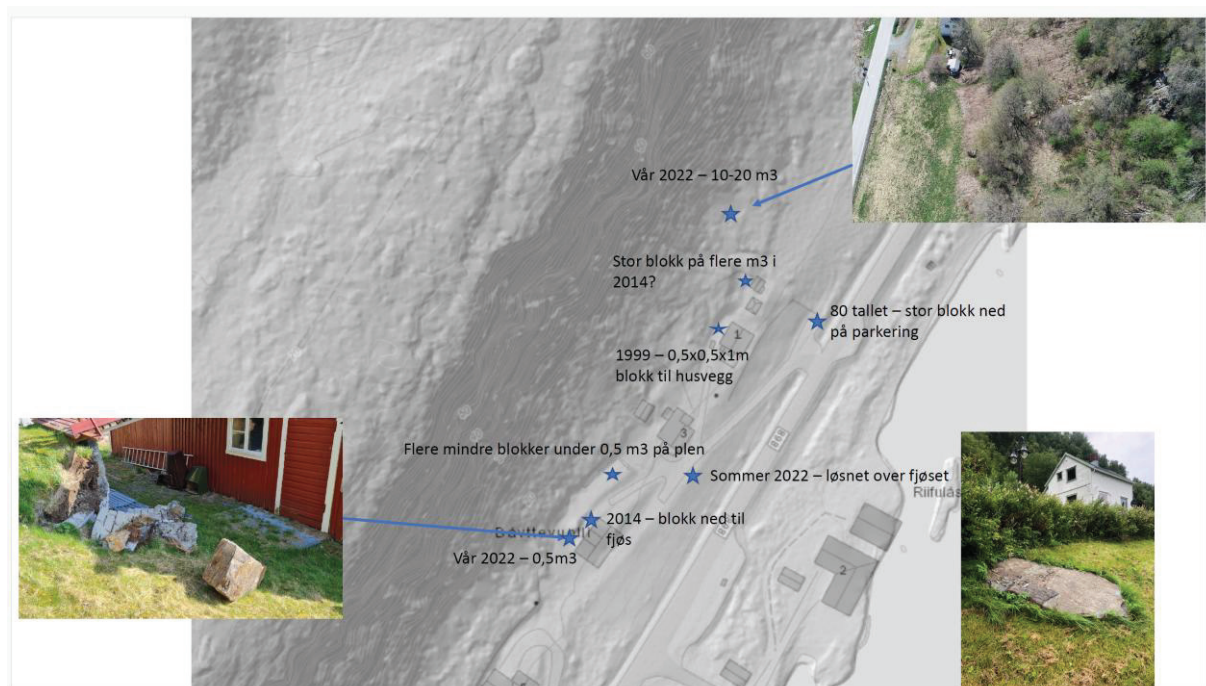
Figur 15: Våte snøskred 2021-04-20 fra rennene i Knokeberget (venstre) og like vest for Geitlirennå (høyre). Skredet til venstre går inn mot kartleggingsområdet, mens skredet til høyre går omtrent å grensa til påvirkningsområdet.



Figur 16: Eksempel på ikke-skadelig støvsky etter snøskred i østre del av påvirkningsområdet. Skred 2023-03-05, se bruddkant i Figur 17. Kilde: Regobs / Skred AS



Figur 17: Eksempel på tørt flaskred fra renne i Knokeberget som i hovedsak stanset på utflatingen over klippebåndet. Bruddkant fra snøskred i Figur 16 fra dato 2023-03-05.



Figur 18: Gjengivelse av dokument oversendt fra NVE som viser kjente steinspranghendelser.

3.3 Skog

Skog av relevans for skredfaren er kun aktuelt for snøskred. I farevurderingen ble skogen vurdert å ha tilnærmet neglisjerbar effekt på snøskred, men en kan forvente noe større utbredelse av støvskya i vest i en situasjon uten skog. Modellering gjøres med skog i denne studien for å gi en best mulig representativ modell.

Skogen i øvre del av fjellsiden, over og mellom klippebåndene, som er skogkledd er tynn bjørkeskog. Basert på data fra SR16 har de typisk diameter i brysthøyde (BDH) 0-17 cm og dermed høyde 2-5 m (Figur 19). Skogen i utløpssonen nedenfor klippene er i hovedsak høyreist bjørkeskog med typisk høyde 10-15 m og BDH 17-35 (Figur 20, Figur 22 og Figur 24). I utløpssonen er det også en del større åpninger mellom skogfleckene.

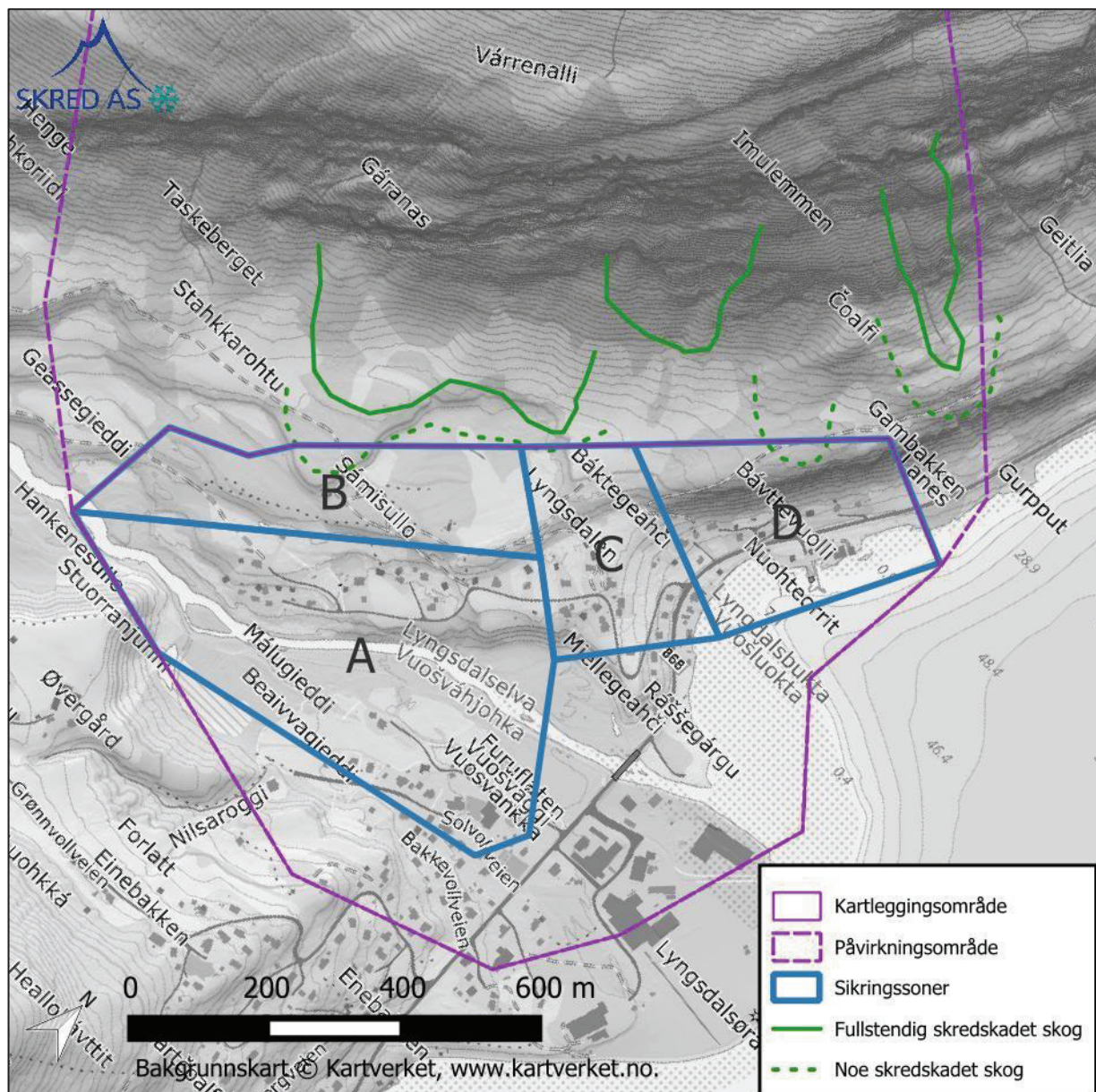


Figur 19: Eksempel på typisk skog oppi fjellsiden, som er sterkt preget av jevnlig snøskredaktivitet.



Figur 20: Typisk skog i utløpssonen, her fra sikringszone B ved Bekkstrandvegen 51.

Skogen i hele fjellsiden er preget av snøskred. Figur 21 viser oversikt over kartlagt skredpåvirka skog fra skredfarekartleggingen. I øvre del av fjellsiden ligger store deler av trærne i fallretningen på grunn av snøskred og snøsig (Figur 19). Store deler av skogen dekkes trolig av snø vinterstid. I utløpssonen er det et område med vesentlig skadet skog i vestre del av vurdert område (Figur 22, Figur 23, Figur 24). Her er det dels store trær med antatt alder rundt 50 år som er knekt, i tillegg til en god del yngre trær.



Figur 21: Oversikt fra skredfarekartleggingen som viser fullstendig og delvis skredskadet skog.



Figur 22: Skredskadet skog (blå, stiplet strek) i utløpssonen like ovenfor Bekkstrandveien 49 og 51 (oransje piler). Streken korresponderer med heltrukken linje i Figur 21.



Figur 23: Skredskadet skog ovenfor sikringszone A, B og C. Skogen er trolig skadet av både flytende og suspendert del av snøskred.



Figur 24: Skredskadet skog ovenfor sikringsområde A og B, like ovenfor Bekkstrandveien 49 og 51. Skogen er her trolig skadet av både skredvind og det flytende laget og/eller saltasjonslaget.



Figur 25: Skadet skog ovenfor sikringssone A og B.



Figur 26: Mulig skredskadet skog (skredvind) ovenfor sikringssone D.

4 Dimensjonerende skredscenario

4.1 Metodikk

For å vurdere sikringstiltak må vi ha et skredscenario som er dimensjonerende for det valgte sikkerhetskravet. I dette tilfelle har vi definert for skred med årlig nominell sannsynlighet på 1/1000 (sikkerhetsklasse S2) og 1/5000 (S3) for snøskred og steinsprang. På grunn av at aktuelle sikringstiltak mot snøskred vil ha stor virkning på faresone 1/5000 der det sikres til 1/1000, ligger hovedvekten av vurderingene på skredscenarioet for årlig nominell sannsynlighet 1/1000 for snøskred.

Det er ingen eksakte svar på hva som er det rette grunnlaget for ethvert sikkerhetsnivå, men det dimensjonerende skredscenarioet representerer det grunnlaget vi mener representerer farevurderingen best mulig. Et viktig moment i vurdering av dimensjonerende skredscenario og senere skredfaglig dimensjonering av tiltak (størrelse, laster, mv.) er derfor vurdering av usikkerhet og restrisiko. Usikkerhet og restrisiko har sammenheng med grunnlag og skredprosess.

Vi tilstreber i denne fasen å definere skredscenarioet med et detaljnivå som er godt nok til at forutsetningene for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred ikke endres vesentlig i senere fase. Skredvind er imidlertid en kompleks prosess som det stadig er metodeutvikling for. Det vil derfor være naturlig at man gjennomgår skredscenarioet og modelleringer opp mot eventuell ny kunnskap eller ny metodikk ved oppstart av et eventuelt forprosjekt.

4.2 Klima

Vi har gjort en supplerende og mer grundig klimaanalyse til denne mulighetsstudien enn det som ligger til grunn for faresoneutredningen. Det skyldes blant annet behov for andre inngangsverdier til modellering og at vurdering og dimensjonering av sikringstiltak krever et høyere detaljnivå enn skredfareutredninger.

4.2.1 Grunnlag

Klimaanalysen for Furuflaten er basert på det griddede observasjonsbaserte datasettet SeNorge 2018 [15] og stasjonsdata fra værstasjonene SN1120 Lyngen - Gjerdelvdalen på 670 moh., SN91130 Lyngen-Gjerdvassbu på 710 moh. og SN91150 Lyngen-Ura på 60 moh. hentet med Frost API-en fra Meteorologisk Institutt. Gridpunkt og værstasjoner som er brukt er oppsummert i Tabell 3 og Tabell 4.

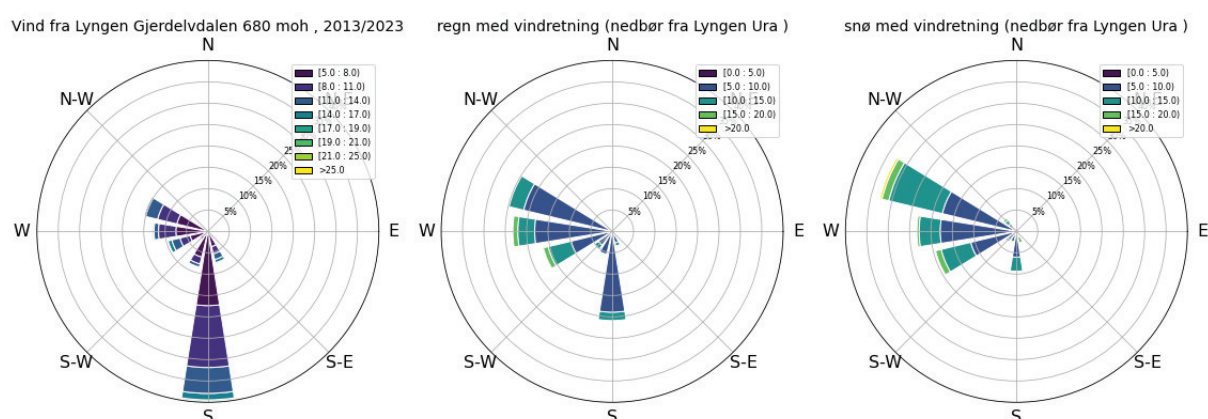
Tabell 3: Gridpunkter som er benyttet som datagrunnlag for klimaanalysen.

Navn på punkt	X UTM33	Y UTM33	Gridpunkthøyde [moh.]	Punkthøyde [moh.]
Pollfjellet_896	700091	7713525	896	700
Pollfjellet_106	700829	7711898'	106	207

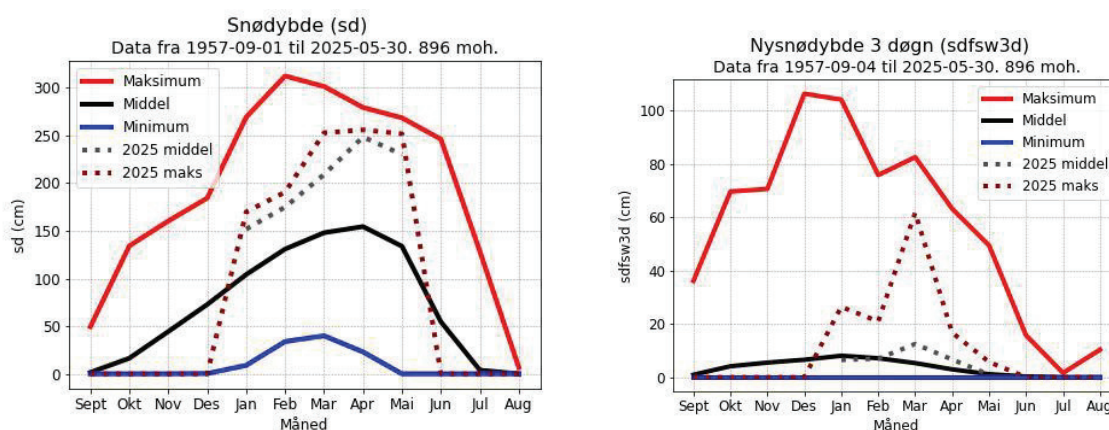
Tabell 4: Værstasjoner som er benyttet som datagrunnlag for klimaanalysen. Ikke alle analyser er benyttet videre og dokumentert.

Navn på stasjon	Stasjons ID	Breddegrad	Lengdegrad	moh.	Måleperiode
Lyngen - Gjerdelvdalen	SN91120	69.5598° N	20.1518° Ø	670	2013-nå
Lyngen- Gjerdvassbu	SN91130	69.5588° N	20.094° Ø	710	2011-nå
Lyngen-Ura	SN91150	69.5887° N	20.0930° Ø	60	2010-nå

Furuflaten har et generelt snørikt klima, med gjennomsnittlig snøsesong fra oktober til juni, med gjennomsnittlig årlig maksimum snødybde i april (Figur 28). De høyeste nysnødybdene over 3 døgn er i desember og januar. Dette sammenfaller med at det er lavtrykksaktivitet i Norskehavet som når Pollfjellet fra vestlig sektor og polare lavtrykk som kan gi kraftig snøfall fra NV (Figur 27).



Figur 27: Vind over 5 m/s i vinterhalvåret og vindretning i vinterhalvåret med regn og med snø. Frekvensanalyse er gjort med metode beskrevet i Statens Vegvesens veiledning N-V137.



Figur 28: Snødybder og 3-døgn nysnødybde fra punktet Pollfjellet_896

4.2.2 Ekstremverdianalyser

Alle ekstremverdianalyser er gjort på det griddede og glattede SeNorge datasettet i mangel på et representativt datasett fra målestasjon med lange nok dataserier. Vi har gjort analyser på stasjonen Lyngen Gjerdvassbu, men kort tidsserie gjør analysene lite robuste. Det er tre store usikkerhetsmoment med SeNorge-modellen som vi er bevisst i videre bruk av dataene:

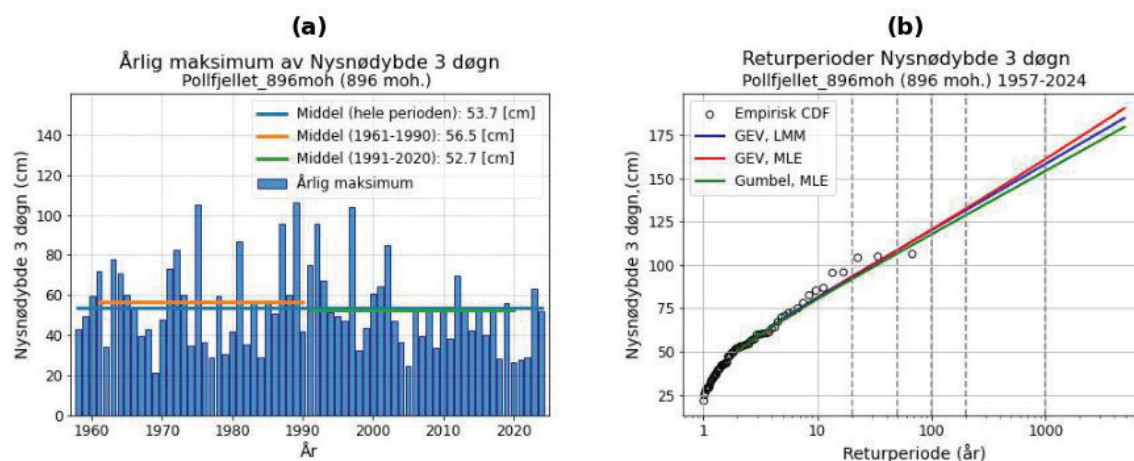
- Der det er langt mellom målestasjonene føres modellen av modellert værdata og ikke gridding av målte verdier. Vår erfaring er at det i stor grad er tilfelle i Nord-Norge og der det er få målestasjoner i relevant høyde som måler nedbør.
- Et griddet datasett glattes, som gjør at modellen ikke nødvendigvis klarer å fange opp lokale ekstremer. Dette påvirker grunnlaget som ekstremverdianalysene tar utgangspunkt i.
- Tidslengden på dataserien er 68 år, som gjør ekstremverdianalyser robuste for returperioder inntil ca. 200 år hvis man bruker tommelfingerregelen om 3x måleperiode.
- Vi er også kjent med at enkelte datavariabler i modellen, eks. temperatur, har ulikt opphav og/eller håndtering av opprinnelsesdata for ulike deler av tidsserien. Dette gjør at datagrunnlaget ikke er konsistent modellert for alle variabler.

Våre ekstremverdianalyser (EVA) er gjort ved bruk av tre ulike ekstremverdifordelinger: to-punkts Gumbel fordeling og to stk. tre-punkts GEV fordelinger. Vi bruker p-verdien fra Kolmogorov-Smirnov testen for å fastslå hvor godt datapunktene sammenfaller med fordelingen. Verdiene med returperiode 100, 1000 og 5000 år er oppsummert i tabeller.

Vi har estimert returperioder for tre-døgns nysnødybde (Tabell 5 og Figur 29) og årsmaksimum snødybde på flatmark (sd) (Tabell 6 og Figur 30) ut fra modellerte ekstremer hvert år.

Tabell 5: Ekstremverdier for 3 døgns nysnøtilvekst og tilhørende p-verdier.

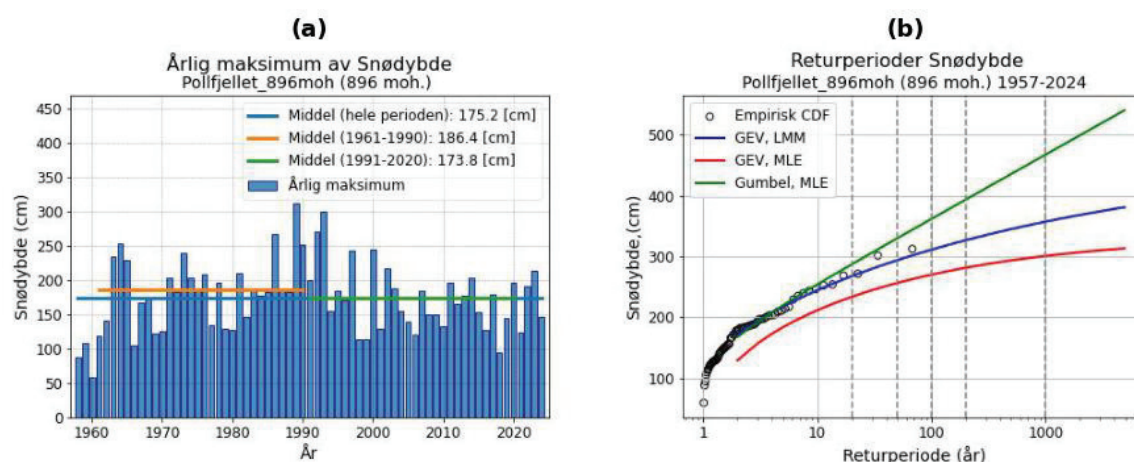
3 døgns nysnø						
	GEV LMM [cm]	p-verdi	GEV MLE [cm]	p-verdi	Gumbel MLE [cm]	p-verdi
100	119	0,9999	120	0,9999	117	0,9999
1000	157		161		153	
5000	183		191		179	



Figur 29: 3-døgn nysnødybde fra gridpunkt på 896 moh. på Pollfjellet fra SeNorge datasettet 1957-2024 a) Årlige maksimum verdier og gjennomsnitt b) returperioder basert på årlige maksimums snøhøyder basert på tre fordelinger.

Tabell 6: Ekstremverdier for årlig snømaksimum og tilhørende p-verdier.

Årsmaksimum snødybde (flatmark)						
	GEV LMM [cm]	p-verdi	GEV MLE [cm]	p-verdi	Gumbel MLE [cm]	p-verdi
100	311	0,9998	270	0,00135	361	0,9535
1000	357		301		467	
5000	381		313		541	



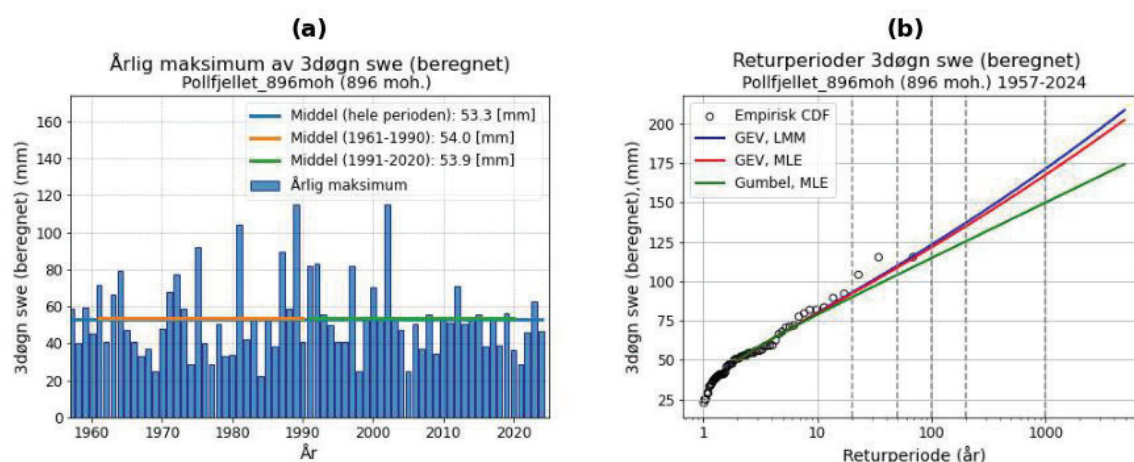
Figur 30: Snøhøyde fra gridpunkt på 896 moh. på Pollfjellet fra SeNorge datasettet 1957-2024 a) Årlige maksimum verdier og gjennomsnitt b) returperioder basert på årlige maksimums snø høyder basert på tre fordelinger

Som grunnlag for å vurdere masse i løснеområdet har vi også gjort EVA for 3 døgns snøvannekvivalent (SWE) i modellhøyden 896 moh. (Tabell 7 og Figur 31). I denne analysen er det kun filtrert på temperatur i løśnieområdet. EVA gir et mer realistisk anslag på vekten av snøen som faller innenfor avgrensningen av løøgneområdet enn nysnø fra NVEs API fordi SeNorge modellen har varierende densitet avhengig av temperatur, over/under tregrensa og høyde over havet.

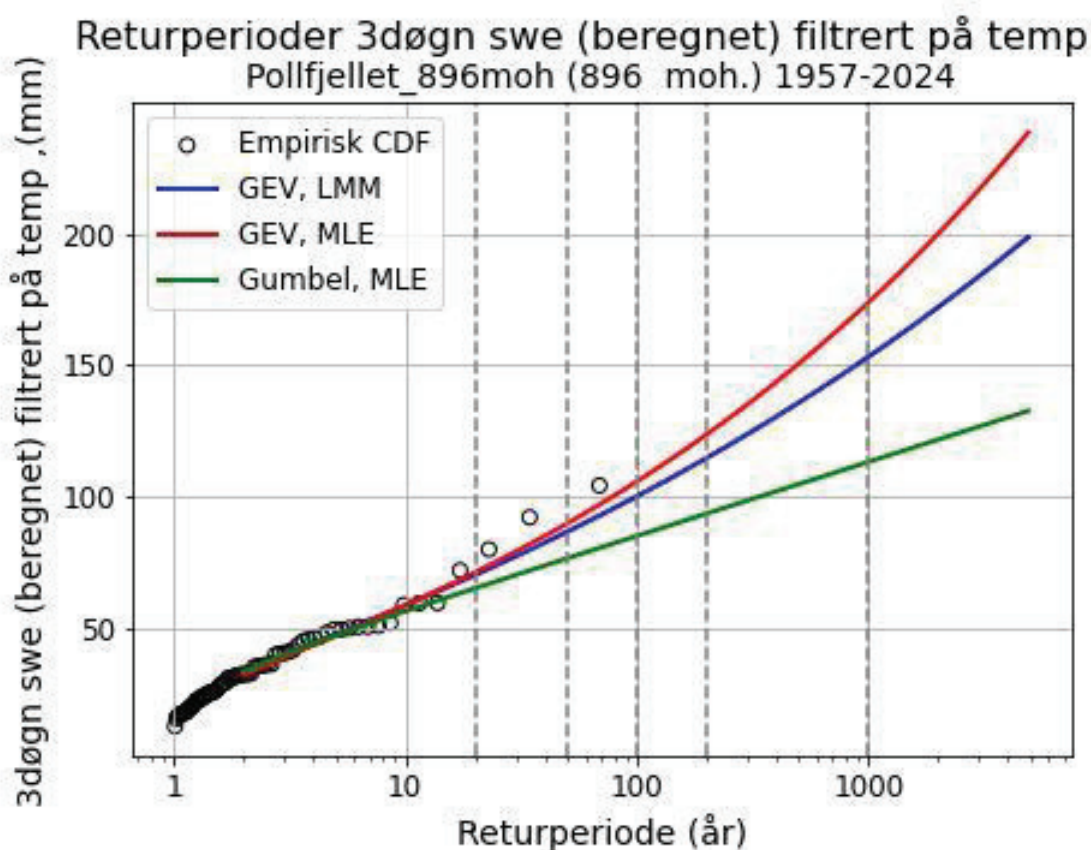
Vi har også gjort EVA på et datagrunnlag hvor vi har filtrert 3-døgns snøvannekvivalent ved temperaturer ved dalbunn $>+ 0,5^{\circ}\text{C}$. Dette representerer et scenario med kuldegrader i hele skredbanen (Tabell 8 og Figur 32).

Tabell 7: Ekstremverdier for 3 døgns snøvannekvivalent i modellhøyde 896 moh. og tilhørende p-verdier.

3 døgns SWE						
	GEV LMM [mm]	p-verdi	GEV MLE [mm]	P-verdi	Gumbel MLE [mm]	p-verdi
100	123	0,9936	121	0,9936	115	0,9562
1000	171		168		150	
5000	209		203		175	



Figur 31: 3-døgn snøvannekvivalent fra gridpunkt på 896 moh. på Pollfjellet fra SeNorge datasettet 1957-2024 a) Årlige maksimum verdier og gjennomsnitt b) returperioder basert på årlige maksimums snøhøyder basert på tre fordelinger



Figur 32: Ekstremverdianalyse for 3-døgn snøvannekvivalent fra gridpunkt på 896 moh. på Pollfjellet der det samtidig er minusgrader i utløpssonen fra SeNorge datasettet 1957-2024.

Tabell 8: Ekstremverdier for 3 døgns snøvannekvivalent i modellhøyde 896 moh. hvor det samtidig er temperatur $T > 0,5^{\circ}\text{C}$ i utløpssonen (modellhøyde 103 moh.) og tilhørende p-verdier.

3 døgns SWE filtrert ¹⁾						
	GEV LMM [mm]	p-verdi	GEV MLE [mm]	p-verdi	Gumbel MLE [mm]	p-verdi
100	100	0,9998	106	0,9998	85	0,9936
1000	153		174		113	
5000	199		239		133	

1) Snøvannekvivalent i løsneområdet filtrert for samtidighet av $T > +0,5^{\circ}\text{C}$ i utløpssonen på 103 moh.

4.3 Steinsprang

4.3.1 Løsneområder, tidligere blokkutfall og dimensjonerende blokk

I farekartleggingen ble det vurdert at steinsprang fra selve Pollfjellet med utløp inn i kartleggingsområdet har lavere sannsynlighet enn 1/5000. Relevante løsneområder er derfor steinsprang som utløses fra skrenten bak bolighusene.

Befaringsobservasjoner tilsier at det er fyllitt med foliasjonsplan parallelt med bergskrenten med fall skrått innover i terrenget (mot NV). Det ble ikke observert et tydelig avløsende sprekkesett, som kan tyde på at avløsende sprekker er villsprekker med varierende orientering. Fyllitt forvitrer lett, spesielt på foliasjonsplanet, og avhengig av avløsende sprekker får blokkene en flat- (diskform) til kubiskform. På grunn av den lettforvitterlige bergarten, foliasjonen og andre sprekker, ble det i Skred AS rapport 23123-01-3 vurdert at man kunne forvente utfall fra svært små blokker ($<0,5 \text{ m}^3$) og opp til større blokker (10-20 m^3).



Figur 33: Kildeområder skissert på dronebilde (grå linje). I tillegg er området med ur og løsmasser skissert. I parentes er det beskrevet hvilken løsmassetype det er klassifisert som i programvaren RAMMS::Rockfall.

Det har gått flere steinsprang ned mot bolighusene i nordøst de siste 40 år (kap. 3.2). Det er ikke registrert steinsprang ned mot bolighusene i sørvest, der skrenten har noe lavere høyde. Steinsprangene som er registrert har vært av ulik blokkform (flat, kubisk og triangulær) og størrelse (opptil ca. 1 m^3) (Figur 34).

På grunnlag av en helhetlig vurdering av forholdene i kildeområdet og tidligere steinsprangblokker vurderes kubiske blokker på 5 m^3 som dimensjonerende for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/1000.

Kildeområdet er ca. 3800 m^2 i plan, som gir ca. 6600 m^2 når man justerer det for gjennomsnittlig terrenghelning (55 grader). I tillegg må det tas høyde for ujevnheter for å beregne totalt areal nett da det normalt går med vesentlig større mengder nett i praksis enn teoretisk for at nettet skal kunne ligge på terrengoverflaten. En ujevnhetsfaktor på 1,5 vurderes som representativ basert på erfaring. Det gir et totalt areal på ca. 9800 m^2 .



Figur 34: Tidligere steinsprang som har kommet ned i området ved bolighusene.

Tabell 9: Oppsummering av kildeområdets størrelse og dimensjonerende blokk, samt blokkens dimensjoner.

Beskrivelse	Verdi
Kildeområdets areal i plan	3800 m ²
Kildeområdets areal i terreng (gjennomsnittlig helning 55 grader)	6600 m ²
Kildeområdets areal i terreng med ujevnheter (ujevnhetsfaktor 1,5)	9800 m ²
Dimensjonerende blokkstørrelse 1/1000 (dimensjoner x, y, z)	5 m ³ (2,3 m, 2,8 m og 1,6 m)

4.3.2 Utbredelse, spretthøyde, energinivå og hastighet

Det opprinnelige simuleringsgrunnlaget som lå til grunn for skredfarevurderingen Skred AS rapport 23123-01-3 var utført med simuleringsprogramvaren Rockyfor3d (Dorren, 2015) ved bruk av standard friksjonsparametere og kildeområder som alle celler brattere enn 52° (Rapid Automatic Simulation). Vi har ifm. denne mulighetsstudien utført supplerende modelleringer med modelleringsprogrammet RAMMS::Rockfall [16]. Dette er gjort da løснеområder og bakkefriksjoner lettere kan settes basert på observerte forhold i

RAMMS::Rockfall. I tillegg er dette et bedre verktøy for å vurdere den statistiske variansen for blokkenes spretthøyde, energi og hastighet. Modellingene ble kjørt med inputparametere som vist i Figur 33 og Figur 36.

Figur 36 viser modelleringsresultatet med blokker på 5 m³, dvs. steinsprang som er representative for steinsprang med årlig sannsynlighet på 1/1000. Modellingene viser at steinsprangblokkenes energi er rundt 1300 kJ for 95%-persentilen omtrent der et steinspranggjerde kan plasseres (Figur 35). Energinivåene er marginalt høyere i nordøst enn i sørvest.

Parameter: Kinetic Rock Energy (kJ)

Min / Max: 0.00 / 2335.06

Mean / Median: 534.94 / 456.77

Std Dev: 384.99

Q1 / Q3 / IQR: 250.64 / 716.32 / 465.68

Q90 / Q95 / Q99: 1053.72 / 1297.92 / 1834.81

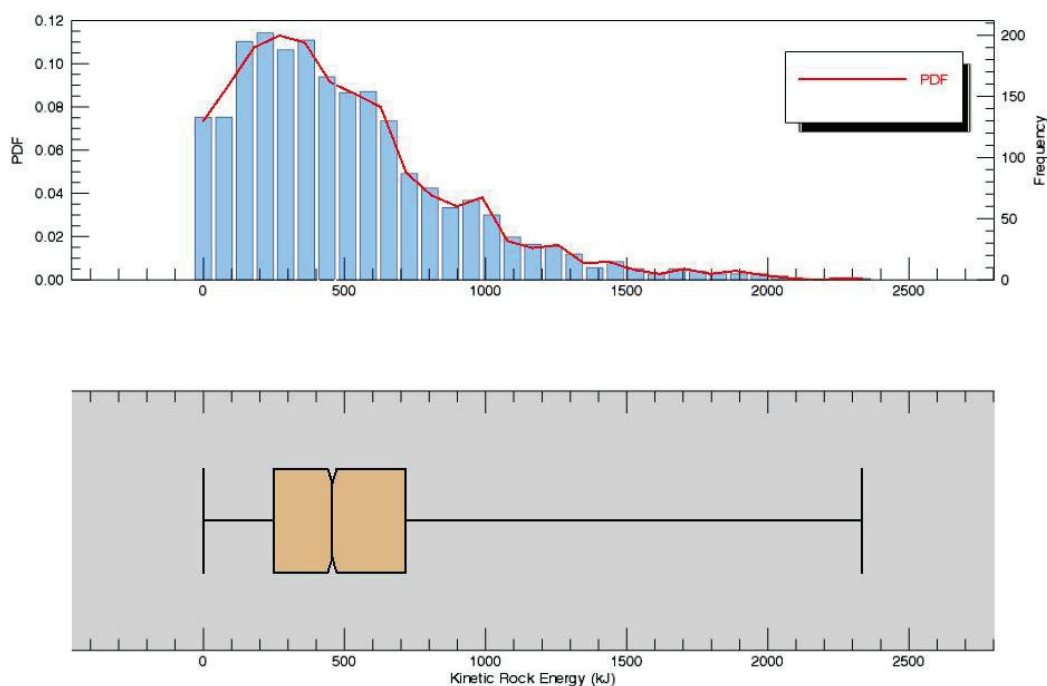
Scenario: 02_Reallflat18_5m3_RES2

Line Profile: Steinspranggjerde for å hente verdier.shp

Traj./Stopped: 1728/17

Nr of data values: 2177

Histogram bin size: 70.76

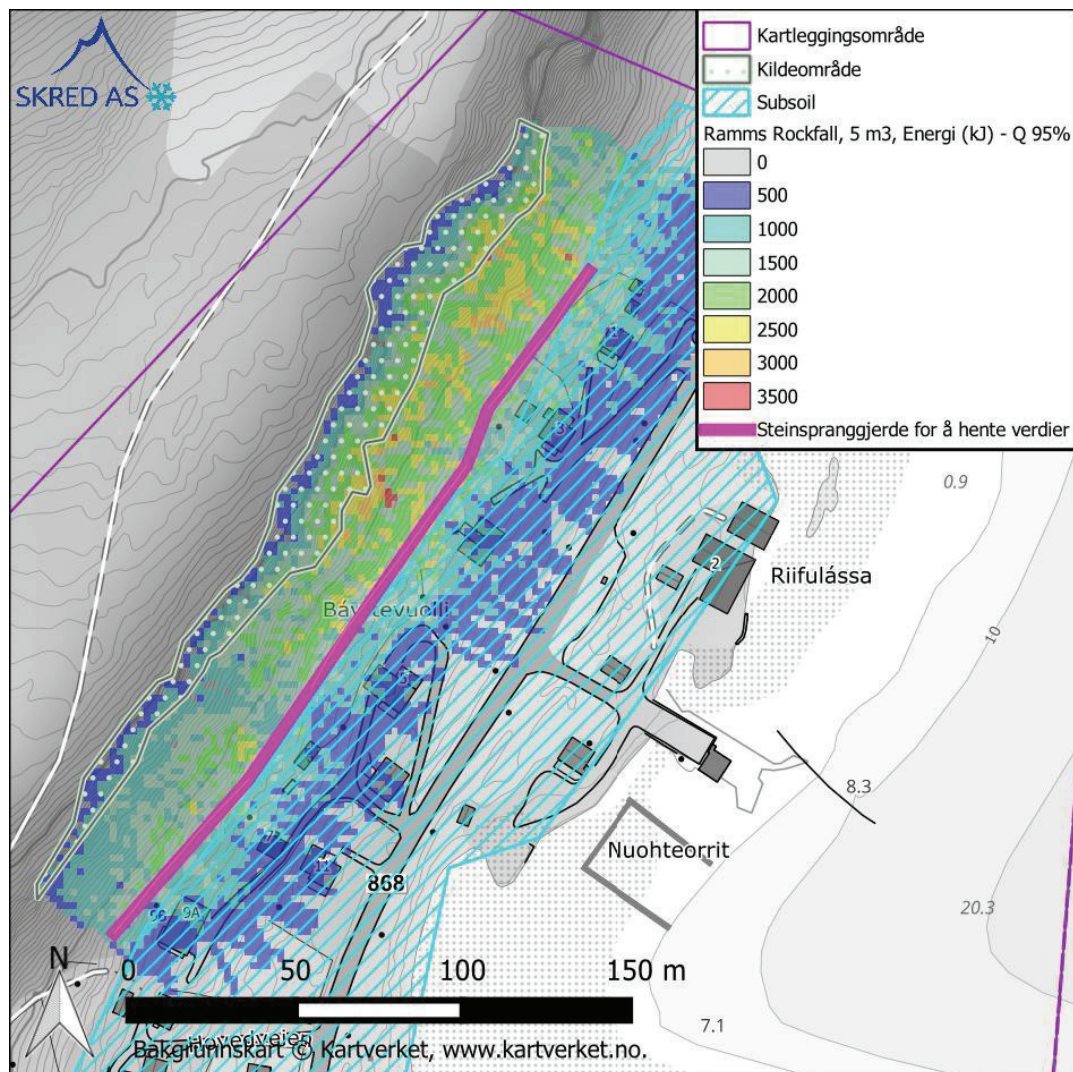


Figur 35: Statistikk for energi ved plassering for et steinspranggjerde for dimensjonerende scenario med årlig nominell sannsynlighet 1/1000.

I Tabell 10 har vi hentet ut energinivåer, spretthøyder og hastighet for 95%-persentilen for blokker på 5 m³ der et steinspranggjerde kan plasseres. I modellen måles spretthøyde vertikalt fra bakken til blokkens massesentrum. Dette må derfor tas høyde for ved dimensjonering av steinspranggjerdets høyde.

Tabell 10: Dimensjonerende spretthøyde, energi og hastighet for steinsprang med årlig sannsynlighet 1/1000 der et steinspranggjerde kan plasseres.

Forklaring	Verdi
Spretthøyde (Q95) ved steinspranggjerde (vertikalt)	2,3 m
Spretthøyde (Q95) ved steinspranggjerde (normalt på terrenghelning 25°)	2,1 m
Energi (Q95) ved steinspranggjerde	1297 kJ
Hastighet (Q95) ved steinspranggjerde	12,8 m/s



Figur 36: Beregningsresultat av steinsprangblokker på 5 m³, som er dimensjonerende for steinsprang med årlig sannsynlighet 1/1000.

4.3.3 Dimensjonerende parametere

De dimensjonerende parameterne for steinsprang med årlig sannsynlighet 1/1000 som en avgjørende for dimensjonering av aktuelle sikringstiltak for steinsprang er oppsummert i Tabell 11.

Tabell 11: Dimensjonerende parametere for steinsprang med årlig sannsynlighet 1/1000.

Forklaring	Verdi
Kildeområdet areal i terreng med ujevnheter (ujevnhetsfaktor 1,5)	9800 m ²
Dimensjonerende blokkstørrelse (dimensjoner x, y, z)	5 m ³ (2,3 m, 2,8 m og 1,6 m)
Spredthøyde (Q95) ved steinspranggjerde (normalt på terrenghelning 25°)	2,1 m
Energi (Q95) ved steinspranggjerde	1300 kJ
Hastighet	13 m/s

4.4 Snøskred (skredvind)

4.4.1 Metode og inngangsverdier

For å modellere utbredelse og intensitet av skredvind har vi, på samme måte som i farekartleggingen, brukt modellen RAMMS::Extended (v3.0.1). I modellarbeidet forutsetter vi at dimensjonerende situasjon er et tørt og kaldt snøskred som lett suspenderes. Benyttet modell er utviklet for ingeniørformål med en prosessbasert tilnærming til modellering, i motsetning til enkle Voellmy-modeller som for eksempel RAMMS::Avalanche. En viktig forskjell fra modeller som normalt har blitt anvendt er at RAMMS::Extended er en masseavhengig modell, som gjør at klimaanalyse og andre inngangsverdier må tilpasses. Det er ingen validert metode eller anbefalinger for bruk ut fra tilgjengelige datakilder i Norge per i dag, men Stoffet et al. [17] har beskrevet en metode fra Sveits. Vår metode bygger på denne, med tilpasning til tilgjengelige datakilder i Norge. Denne metoden har vi videreutviklet i etterkant av farevurderingen, blant annet fordi RAMMS::Extended har gjennomgått en del større endringer i ettertid og fordi vi har utviklet en klimaanalyse tilpasset modellen. Forskjell fra farevurderingen må derfor påregnes.

4.4.1.1 Gjennomsnittlig bruddkanthøyde (d0) og erosjonspotensial

Som grunnlag for bruddhøyder bruker vi følgende metode:

- Beregning av gjennomsnittlig bruddkanthøyde (d0) tar utgangspunkt ekstremverdianalyse for 72 timers SWE (kap. 4.2.2), dvs. analogt til mengden nedbør som 3 døgns nysnøtilvekst representerer målt i mm vann (masse). Vi tar utgangspunkt i de to ulike filtreringene i Tabell 12:
 1. SWE ved $T < +0,5^{\circ}\text{C}$ i modellhøyden (896 moh. - Tabell 7).
 2. SWE ved $T < +0,5^{\circ}\text{C}$ i utløpssonen (103 moh. - Tabell 8).
- Ut fra ekstremverdianalysen har vi valgt ut utgangsverdier (SWE) for beregning av d0 i løsneområdene.
- For å fastsette bruddkanthøyden har vi deretter:
 - Vurdert et prosentpåslag av 72t SWE som representerer snødrift inn i løsneområdet. Vi velger å skalere dette tillegget etter mengde snø som faller over 72 timer fremfor et gitt antall cm slik Salm [18] og VLW [19] anbefaler. Dermed tar vi høyde for at tillegg for snøtransport inn i løsneområdet skaleres

med faktisk snø tilgjengelig for transport. Vi velger å legge til 50% snødrift inn i løsneområdet.

- Tillegget for snødrift summeres med utgangsverdien for å få gjennomsnittlig bruddhøyde representert som SWE [mm].
- Deretter korrigeres SWE [mm] til gjennomsnittlig bruddhøyde d_0 [cm] ved å anta en konstant densitet for flaket, i dette tilfellet 175 kg/m^3 . Vurdering av densitet gjøres ut fra anbefalingene til Stoffel et al. [17], se kap. 4.4.1.2.
- d_0 korrigeres deretter kun for terrenghelning i løsneområdet. Vi har ikke benyttet korreksjon til basisverdi d_0^* eller korreksjonsfaktoren $f(\psi)$ etter Salm [18] fordi denne metoden ikke er beskrevet i NVE veileder eller anvendt i Norge. Dette til tross for at det er en internasjonalt benyttet metode for å ta høyde for volumetrisk korreksjon for terrenghelning og indirekte sannsynlighet for utløsning som funksjon av terrenghelning.
- For erosjon i skredbanen benytter vi metoden anbefalt av Stoffel et al. [17] hvor basisverdien d_0^* beregnes. Basisverdien d_0^* er en korrigert verdi som man i Sveits bruker som utgangspunkt for å beregne d_0 korrelert med $f(\psi)$. Som bruk for erosjonspotensial representerer d_0^* mengden tre-døgns nysnø på bakken i 28 graders helning. Videre beregner programvaren snødistribusjon og -dybde basert på terrenghelning med utgangspunkt i d_0^* .

Tabell 12: Beregnede verdier for bruddkanthøyder for SWE (#1) og SWE filtrert (#2).

	Retur- periode	SWE EVA [mm]	50% snødrift [mm]	d_0^* SWE [mm]	Korreksjons- faktor	d_0 SWE [mm]	d_0 [cm] ¹⁾	d_0^* [cm] ¹⁾
SWE	100	122	61	108	0,77	129	74	62
	1000	170	85	150	0,77	180	103	86
	5000	206	103	182	0,77	218	125	104
SWE filtrert	100	103	52	91	0,77	109	62	52
	1000	164	82	144	0,77	173	99	82
	5000	219	110	193	0,77	232	133	110

1) Densitet 175 kg/m^3 for omregning fra mm., se Tabell 13.

For valg av bruddhøyde for 1/1000 bruker vi

- d_0 : 105 cm
- d_0^* : 85 cm

For valg av bruddhøyde for 1/5000 bruker vi

- d_0 : 125 cm
- d_0^* : 105 cm

Fordi filtreringen av SWE ga lite utslag i inngangsverdiene, spesielt for store returperioder, har vi valgt å se bort fra den. Anvendt bruddhøyde gir resultater i samsvar med observerte

hendelser og kartleggingen, hvor modelleringen ble gjort med en tidligere utgave av programvaren og et noe annet modelloppsett.

4.4.1.2 Snødekketemperatur, densitet og øvrig modellinput

Tabell 13 viser øvrige anvendte parametere i modelloppsettet. Erosjons- og temperaturgradient er basert på erfaring fra kartleggingen og tidligere prosjekter.

Densitet er satt ut fra snødekketemperatur som anbefalt av Stoffel et al. [17]. Snødekketemperaturen er satt til -6°C basert på erfaring med tilbakeregning av kjente hendelser i Nord-Norge, blant annet i kartlegging av Lyngen kommune. Parameteren er utfordrende å sette i Norge da det ikke finnes noen analytisk metode for å estimere den, ei heller noen retningslinjer. Stoffel et al. [17] foreslår en tilnærming basert på høyde i Sveits, som ikke er direkte overførbar til Norge fordi snøklimaet i tillegg til høyde over havet også varierer i forhold til nærheten til kysten og breddegrad. Vi har forsøkt å gjøre en analytisk tilnærming basert på modellert lufttemperatur for datapunktene i EVA for SWE, men denne ga ingen merverdi.

Tabell 13: Inngangsverdier til modellering for scenario 1/1000 for skredvind.

Parameter	Verdi
Densitet	175 kg/m ³
Erosjonsgradient ΔD	0,03 m/100m
Gjennomsnittlig snødekketemperatur 900 moh.	-6°C
Temperaturgradient ΔT	0,3 $^{\circ}\text{C}$ /100m
Cloud Drag	3
Friksjonsverdier	300Y, tilpasset skredstørrelse i hver enkelt modellering

4.4.1.3 Våte skred

I østre del av området er det velkjent med våte snøskred som når fylkesvegen [20]. Det er også dokumentert våte skred ned på jordet ved Lanes (Figur 10 og Figur 12). For å vurdere potensialet for at også våte snøskred og eventuell støvsky når bebyggelsen i det området har vi anvendt modelloppsettet i Tabell 14. Bruddhøyden er vurdert ut fra erfaring.

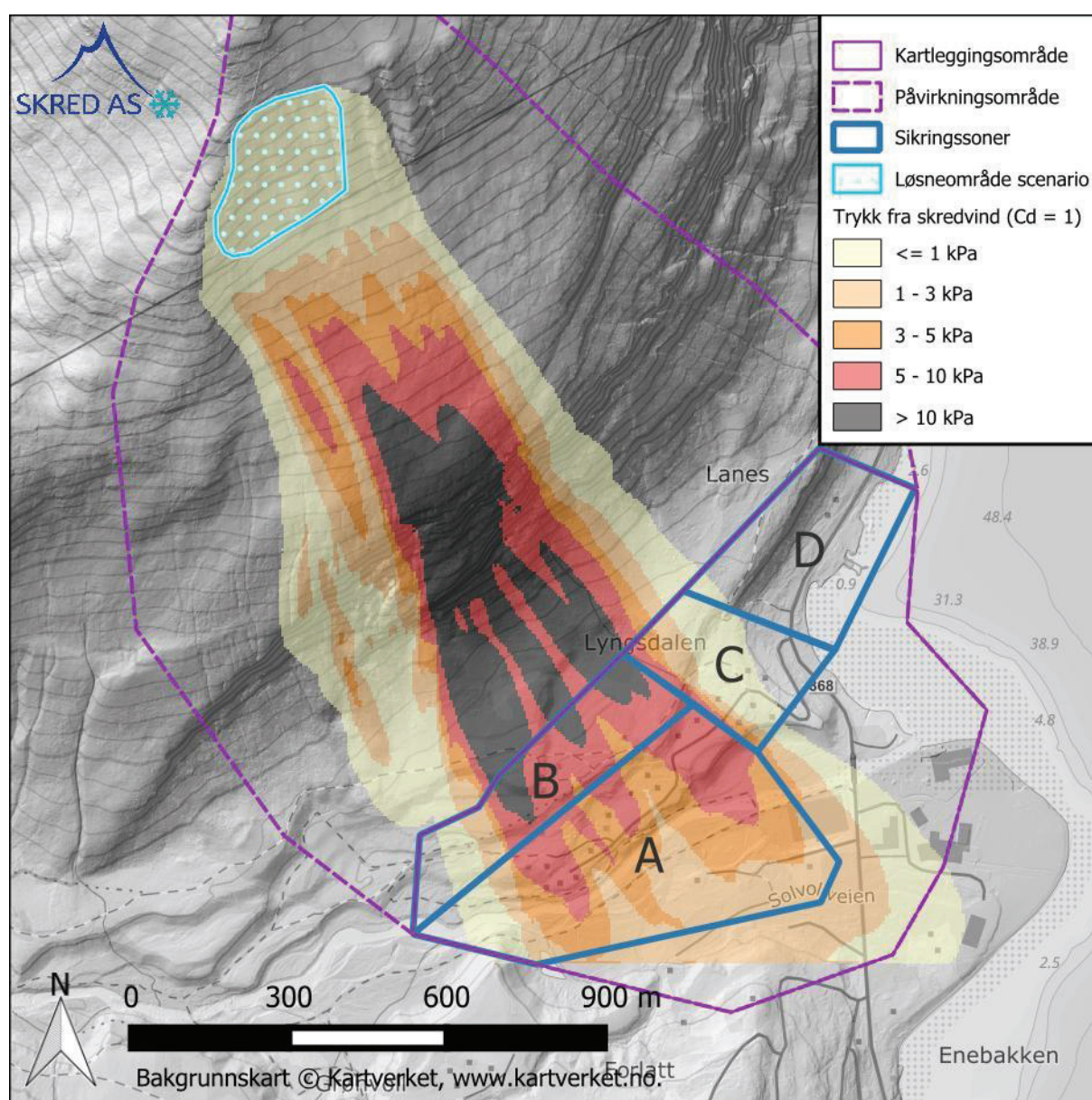
Tabell 14: Inngangsverdier til modellering for scenario 1/1000 for våte skred

Parameter	Verdi
Densitet	400 kg/m ³
Erosjonsgradient ΔD	0,03 m/100m
Gjennomsnittlig snødekketemperatur 900 moh.	0 $^{\circ}\text{C}$
Temperaturgradient ΔT	0 $^{\circ}\text{C}$ /100m
Friksjonsverdier	300Y, tilpasset skredstørrelse
Liquid Water Content (LWC)	8%

LWC gradient	0
Gjennomsnittlig bruddhøyde d_{0wet}	50 – 70 cm

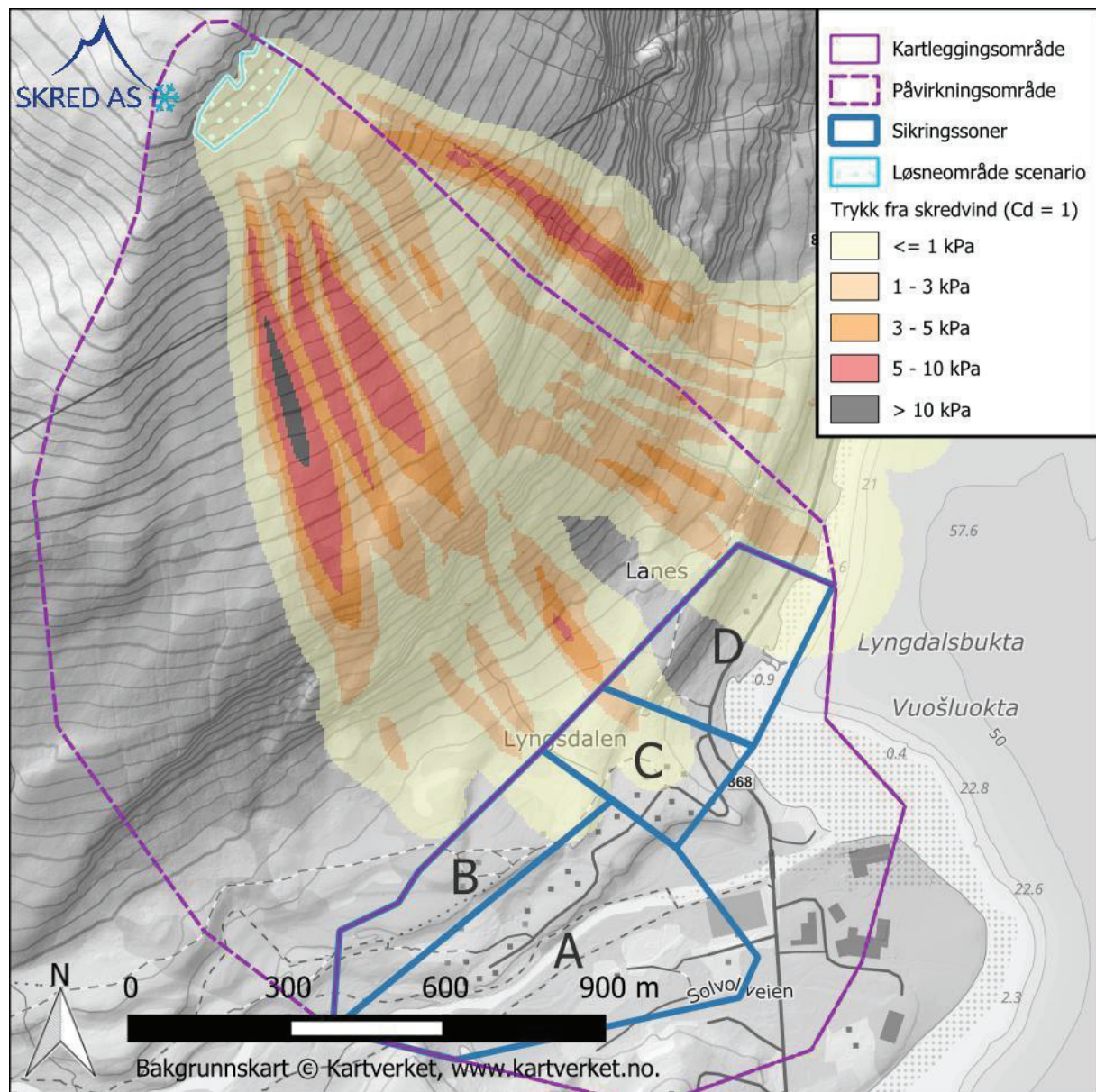
4.4.2 Modellresultater

Figur 37 til Figur 40 viser utvalgte modellresultater basert på skredscenarioene. Fordi fjellsiden i øst er konveks og sprer skredstrømmen i mange ulike forsenkninger er mengden masse i ett skredløp/skredstrøm begrenset. Dette påvirker dynamikken til snøskredet, derfor har vi i vært bevisst på å tilpasse valg av volumkategori til volum som går i hvert eget løp [17]. Denne filosofien er også videreført til vurdering av sikringstiltak (kap. 6.2).



Figur 37: Dimensjonerende scenario for trykk fra skredvind for sikringszone A.

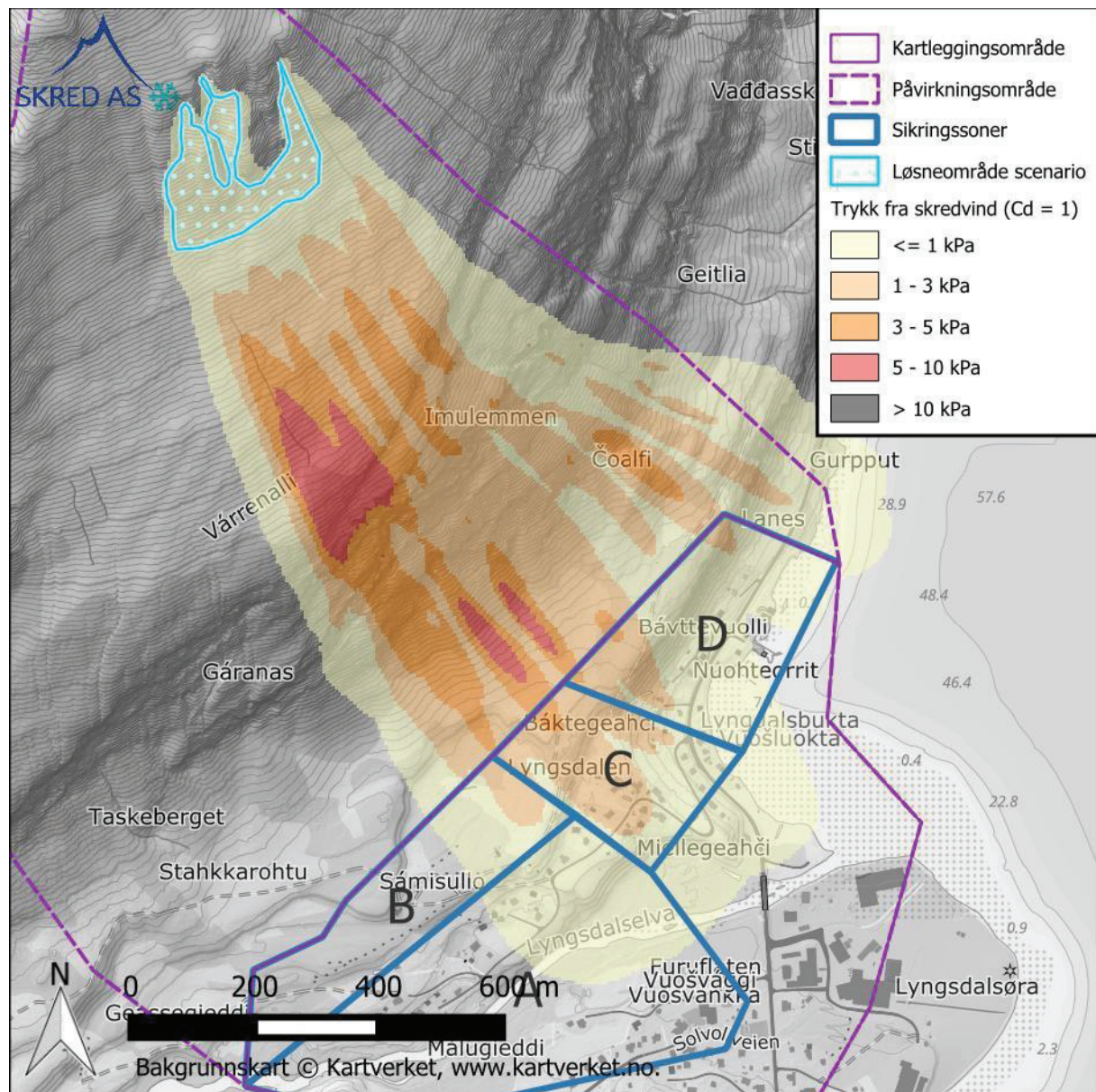
Skred som løsner øverst i fjellsiden har lite relevans for skredfaren i det vurderte området, med mindre det i seg selv trigger større skred lenger ned (Figur 38). Det er i hovedsak fordi det er begrenset mengde terreng med slak nok helning til å gi et stort erosjonspotensial i skredbanen, som passerer både Knokeberget og klippebåndene lenger ned. Ut over klippene vil også en del av skredmassen suspenderes.



Figur 38: Dimensjonerende skredscenario fra et løsnakeområde helt øverst i påvirkningsområdet.

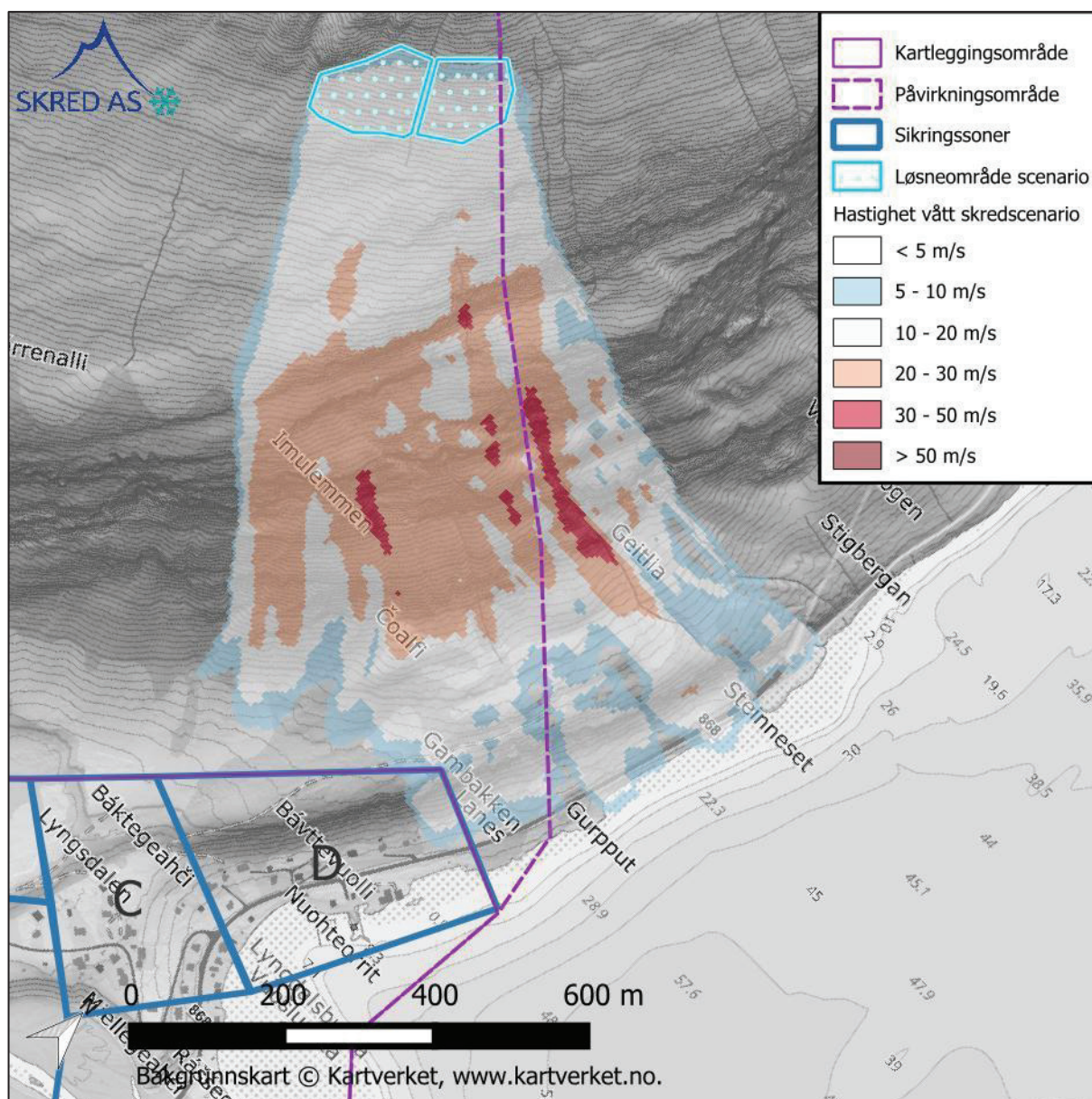
Det er dokumentert skredhendelser som løsner nedenfor Knokeberget (Figur 16 og Figur 17), men for at skredene skal generere skredvind med stor intensitet viser våre beregninger at de må løsne stort sammenliknet med potensialet terrenget har nedenfor Knokeberget. Figur 39 viser en beregning av skredscenarioet fra et løsnakeområde med noe mindre utstrekning nedover enn løsnakeområdet som ble benyttet i skredfarekartleggingen. Her er det god margin

på intensitetskriteriet. Beregningen sprer seg også utover flere forsenkninger, som begrenser potensialet for stor intensitet.



Figur 39: Scenario fra et løsneområde i og nedenfor Knokeberget. Løsneområdet er avsluttet noe lenger opp enn det som ble benyttet i skredfarekartleggingen for å teste sensitiviteten, men er fremdeles et stort løsneområde sett ut fra terrenghelningen nedenfor Knokberget.

Figur 40 viser hastighet for faste masser for et vått scenario som definert i 4.4.1.3 basert på kjent historikk for våte skred i Geitlirenna og ned på Lanes.



Figur 40: Dimensjonerende skredscenario for vått skred fra rennene i Knokeberget ned mot sikringssone D.

5 Sikring mot steinsprang

5.1 Alternativ 1: Bergsikring

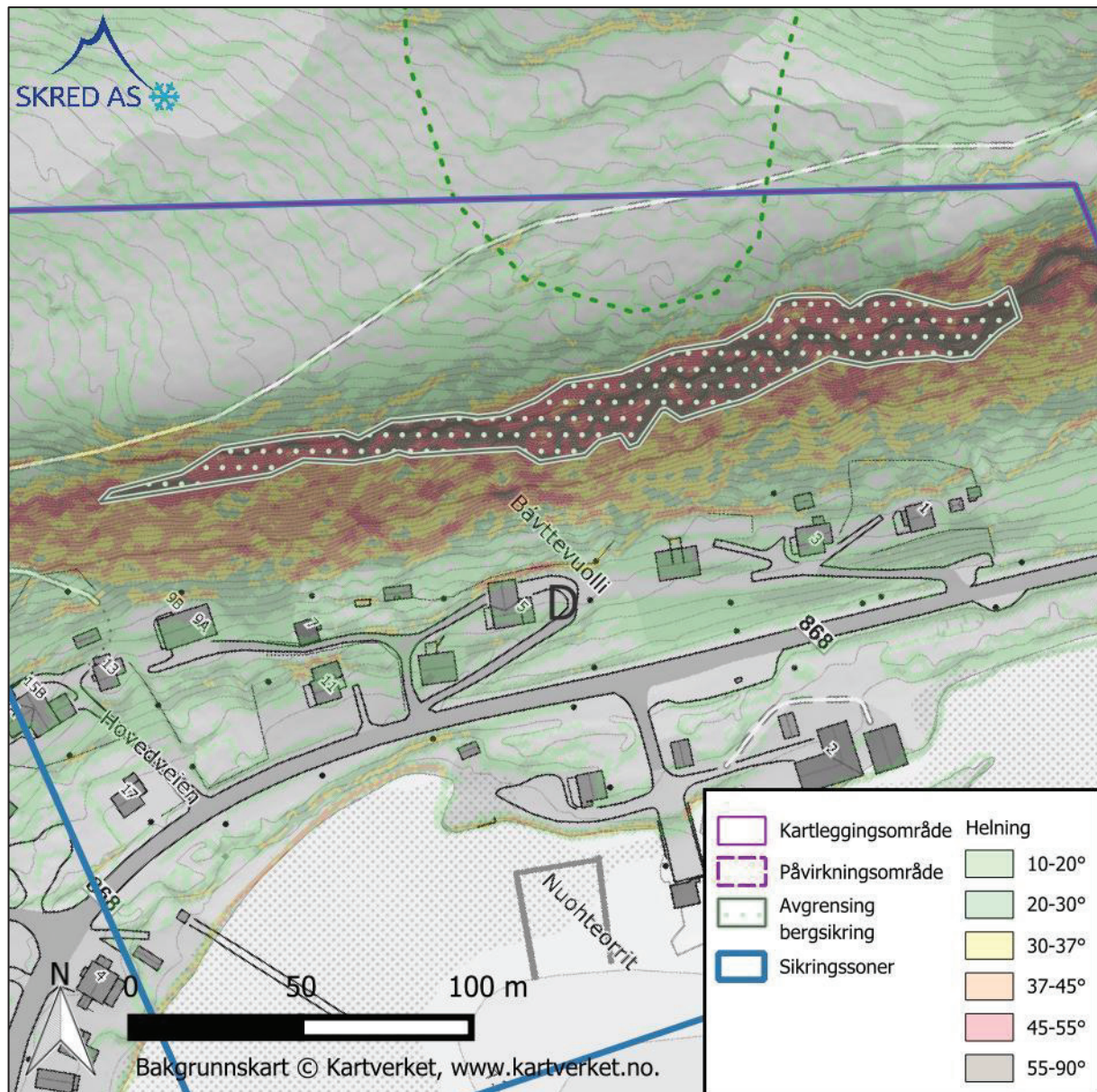
En mulighet for sikring er å benytte tradisjonell bergsikring som bolting og steinsprangnett på bergoverflaten for å hindre utløsning av steinsprang.

5.1.1 Type og omfang

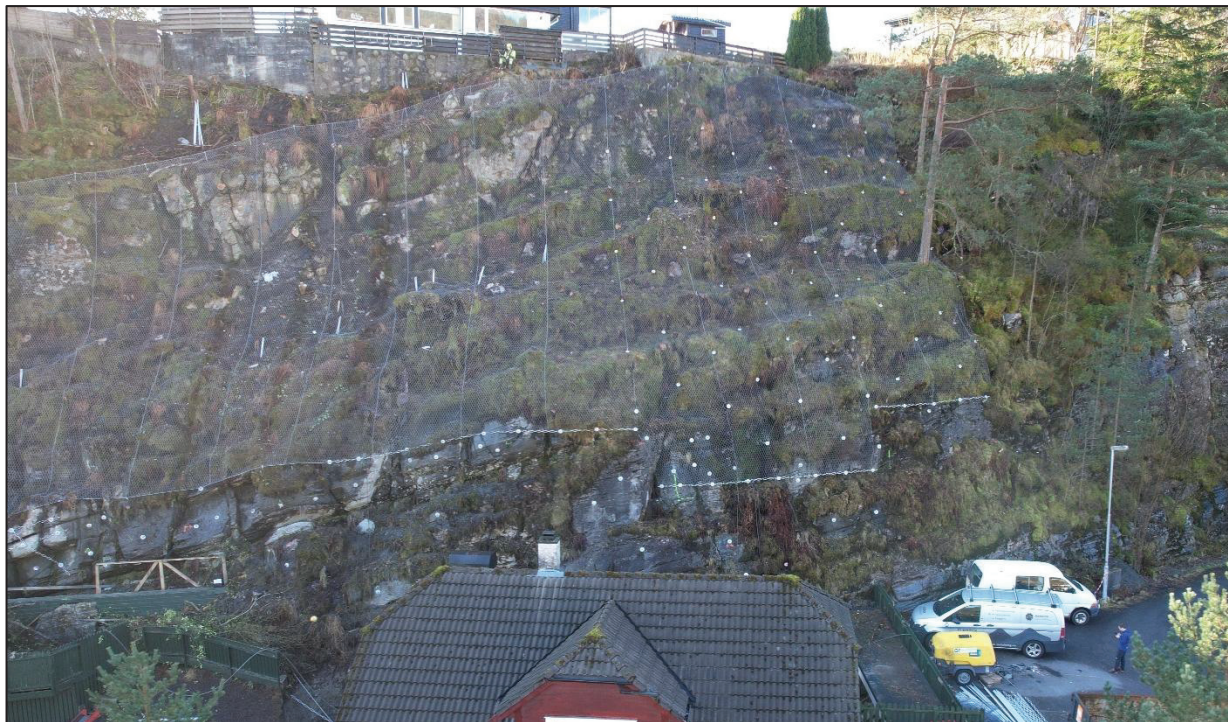
Fyllitten i skrenten ovenfor bebyggelsen i område D er preget av forvitring og tett oppsprekking langs foliasjonsplanet (Figur 41). Det ble på befaring ikke avdekket et entydig gjentakende sprekke mønster, til tross for at det er en del avløste blokker. Bergmassens oppsprekingsgrad og lave styrke gjør at vi vurderer nett sammen med bolter som aktuell sikringsmetode i løснеområdet. Sikring med bolter alene fremstår som lite realistisk. Som utgangspunkt har vi vurdert nett på hele bergoverflaten som er potensielle løsnakeområder for steinsprang, se eksempel i Figur 43. Det kan vurderes i detalj i senere fase om det er mulig å redusere omfanget noe. Vi vurderer at et vanlig steinsprangnett som forankres med 3m Ø20 bolter er mest aktuell type nett. Boltene bør være lenger enn normalt for nett pga. forvitret og svak bergmasse, disse bør også brukes til å sikre lokalstabilitet. Kraftigere nett enkelte plasser kan være aktuelt. Installasjon må utføres fra tau og det må gjøres forberedende arbeider som vegetasjonsrensk. Rensk av blokker er ikke aktuelt ovenfor bebyggelse, så viktige låseblokker må sikres med bolter. Avgrensning av sikringsområdet er vist i Figur 42. Estimert mengde nett er 9800 m² (Tabell 9), som er benyttet videre i kostnadsestimatet.



Figur 41: Eksempel på typisk bergmassekvalitet. Forvitret fyllitt med antatt lav enaksial trykkfasthet (UCS) og liten sprekkeavstand langs foliasjonsplanet. Eksponert bergoverflate er preget av forvitring.



Figur 42: Avgrensning av nett og bolting som skal til for å sikre husene mot steinsprang med årlig nominell sannsynlighet 1/1000.



Figur 43: Eksempel på steinsprangnett brukt som sikring mot steinsprang. I bildet er høyre del fullført med festebolter, mens venstre del er ikke fullført.

5.1.2 Videre arbeid

Å sikre med heldekkende nett og lange bolter fremstår på nåværende tidspunkt som mest hensiktsmessig. Det kan være mulig å begrense omfanget noe basert på en mer detaljert vurdering. Nett er kostbart der arealene blir store, og det vil være økonomisk gunstig å begrense arealet. Det kan være aktuelt å dele opp nettet mellom noen av husene, avhengig av om utearealene skal sikres fullt ut eller ikke. Det må også avklares om låvene mellom Hovedveien 5 og 11 skal sikres eller ikke.

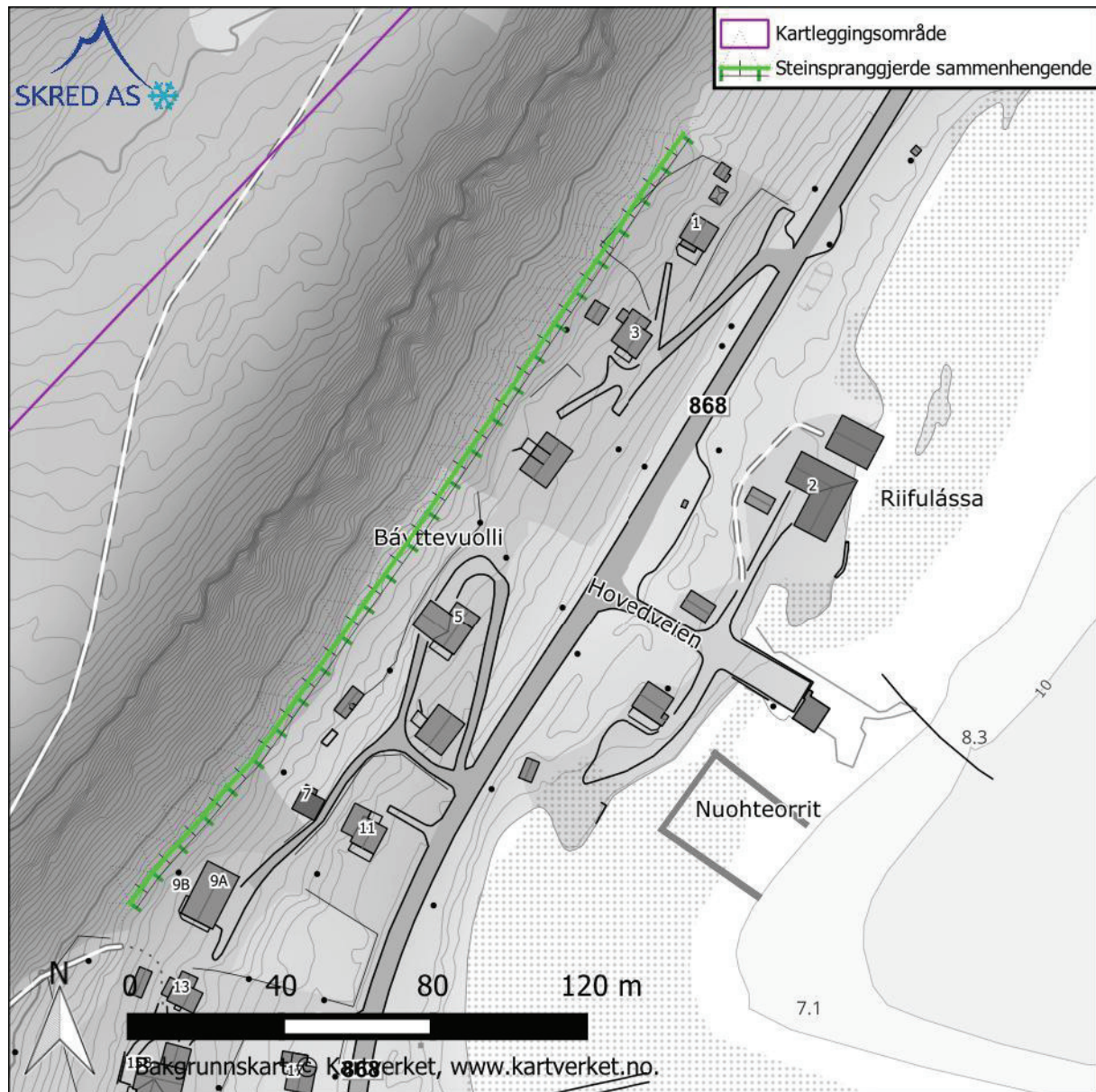
5.2 Alternativ 2: Steinspranggjerd

Siden energien til steinsprangblokkene med årlig nominell sannsynlighet på 1/1000 er vesentlig lavere enn 10 000 kJ og spretthøydene er begrenset, er det også et alternativ å sikre med steinspranggjerd. Å bygge skredvoll er ikke vurdert som aktuelt pga. bratt terreng og at det er lite plass.

5.2.1 Plassering, høyde og styrke

Steinspranggjerdet må plasseres minst 10-12 m bak husene som skal sikres, for å ta høyde for forlengelse av steinspranggjerdet og nedstrøms wire når det treffes av steinsprang. Bolighusene står relativt tett, med unntak av mellom Hovedveien 3 og 5, samt mellom Hovedveien 5 og 11. Mellom disse bolighusene er det to låver. Låver er driftsbygninger i landbruk, som også faller i sikkerhetsklasse S2, tilsvarende bolighus. For å sikre disse alle bolighusene og driftsbygningene i området, samt utearealet mellom disse, er det nødvendig med et steinspranggjerde på ca. 230 m (Figur 44).

Basert på de dimensjonerende parameterne for steinsprang med årlig nominell sannsynlighet 1/1000, er det nødvendig med et steinspranggjerde med høyde på minimum 3,5 m (2,1 m spretthøyde normalt + 1,4 m på radius av lengste akse på blokk) og styrke på minimum 1300 kJ for å sikre eksisterende bygg for kravene i sikkerhetsklasse S2 (Tabell 11). På markedet er steinspranggjerdet nærmest disse verdiene 4 m høyt og 2000 kJ sterkt.

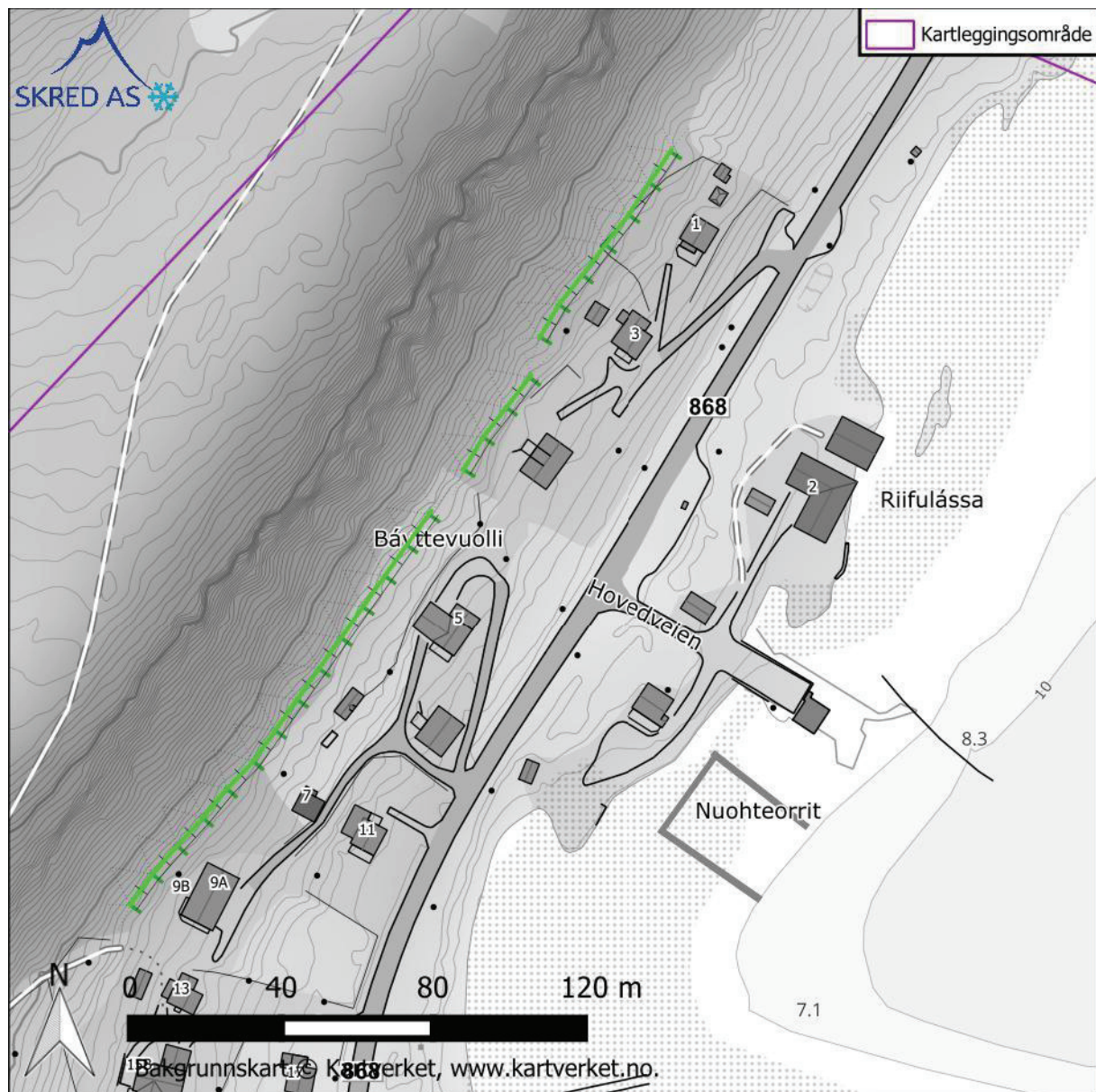


Figur 44: Forslag til plassering av steinspranggjerde (lys grønn) med tilhørende stolper (mørk grønn) og wire (stiplede linjer).

5.2.2 Videre arbeid

I forslaget skissert i Figur 44 er gjerdet skissert som et sammenhengende gjerde. Dersom gjerdet skal deles opp, blir avstanden mellom endestolpene kun 10 m, som tilsvarer stolpeavstanden i selve gjerdet (Figur 45). Endestolper har flere forankringer enn stolper

internt i gjerdet. Det er dermed ikke sikkert det er noe å spare på å dele opp gjerdet i flere seksjoner.



Figur 45: Forslag til plassering av steinspranggjerde (lys grønn) med tilhørende stolper (mørk grønn) og wire (stiplede linjer), men med oppdeling for å evt. spare noen løpemeter med gjerde.

Dersom det ikke er drift i driftsbygningene mellom hhv. Hovedveien 3 og 5 og mellom Hovedveien 5 og 11, kan det vurderes å droppe det mellomste gjerde, samt dele opp det sørligste gjerde.

Det kan vurderes å øke styrken på gjerde til 3000 kJ for å redusere vedlikeholdskostnaden, samt ta høyde for usikkerheten i vurderingene. Dette vil trolig øke kostnaden en del.

5.3 Fordeler og ulemper

Bergsikring og steinsprangggjerde har hver sine fordeler, ulemper og kostnader. Fordeler og ulemper for de to ulike tiltakene er på generelt grunnlag følgende:

Alternativ 1 - bergsikring:

- Fordeler:
 - Robust tiltak med god effekt hvis det er riktig dimensjonert.
 - Omfanget kan tilpasses slik at kun målrettede avløste blokker sikres etter nøyere vurderinger.
 - Lite vedlikeholdsbehov ut over periodisk kontroll.
- Ulemper:
 - Kan bli omfattende ved store løснеområder med stort sikringsbehov.

Alternativ 2 - steinsprangggjerde:

- Fordeler:
 - Lett å sette opp, tar liten plass.
 - Kan være kostnadseffektivt i utbygging.
- Ulemper:
 - Kan kreve betydelig vedlikehold ved hyppige skredhendelser.
 - Tømming kan være utfordrende ovenfor hus hvis det ikke er adkomst for maskiner.
 - Mindre robust tiltak enn for eksempel voller.
 - Usikkerhet øker generelt for tiltak i utløpssonen kontra i løснеområdet for steinsprang.
 - Grunnforhold for forankring kan være fordyrende.

Kostnader er fullt ut belyst i kap. 8, men steinsprangggjerde er estimert vesentlig lavere enn bergsikring. Basert på det og fordeler/ulemper vurderer vi at det er mest aktuelt å gå videre med å sikre med steinsprangggjerde. Fordi bergsikring er en mer robust løsning med mindre vedlikeholdsbehov vil det være klokt å gjøre en vurdering innledningsvis i neste fase om omfanget bergsikring kan reduseres etter befaring, og se dette opp mot kostnad for steinsprangggjerde. Hvis bergsikring kommer nærmere steinsprangggjerde i pris, anbefaler vi bergsikring.

6 Sikring mot snøskred

6.1 Aktuelle sikringsmetoder

Sikring mot snøskred kan grovt sett gjøres med tre ulike metoder, alene eller i kombinasjon; støtteforbygninger for å hindre utløsning, fang- og ledevoller for å avbøye eller bremse snøskredet og tilpasning av bygningsmassen til å motstå laster fra snøskredet (kap. 2.8).

Voller har begrenset effekt på skredvind med mindre de er svært høye, og selv da med ganske usikker virkningsgrad. Derfor har vi utelukket voller som et reelt alternativ i dette tilfellet.

Det er praktisk mulig å tilpasse bygningsmassen til et nybygg mot laster i den størrelsesorden vi kan forvente fra skredvind i det vurderte området. Det er imidlertid en arbeidskrevende konstruksjonsteknisk oppgave å forsterke eksisterende bygg, som for det meste er trebygg. Det vil innebære å gjøre strukturell vurdering av hvert enkelt bygg, angi laster som må motstås, og prosjektere og utføre forsterkende tiltak på bærekonstruksjon, tak og kledning. Kostnadsestimat for dette er praktisk talt umulig å estimere uten å gjøre en grundig analyse av hvert enkelt bygg. Hvis dette gjøres alene, vil sikkerheten i uteområdene heller ikke være tilfredsstillende. Vi har derfor ikke vurdert dette alternativet videre. Det er imidlertid mulig å gjøre en vurdering av ett eller flere enkeltbygg for å se om det er en kostnadsrasjonell løsning i en senere fase sett opp mot totalt kostnadsbilde for støtteforbygninger.

Det eneste sikringstiltaket som fremstår realistisk å gjennomføre er å bygge støtteforbygninger i løseområdene. Det er derfor eneste alternativ som er utredet videre.

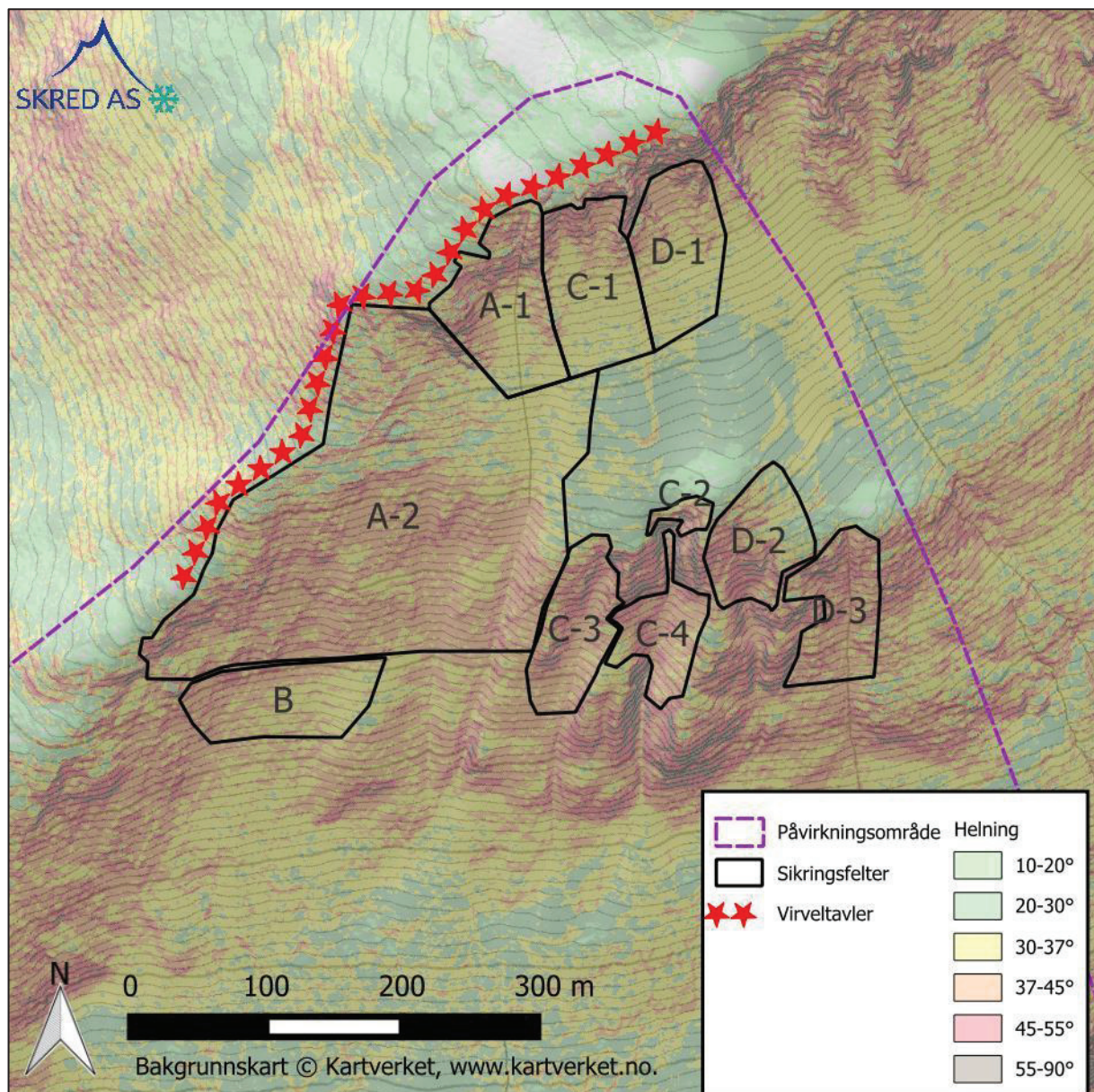
6.2 Avgrensning av sikringsfelter

Figur 46 viser avgrensning av de delene av løseområdene som er vurdert at må sikres for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet. Avgrensningen er gjort med utgangspunkt i iterasjon med dimensjonerende skredscenario fra ulike konfigurasjoner av løseområdene. Fordi fjellsiden har en konveks form, er løseområdenes plassering veldig sensitiv for hvilken retning skredene tar mot bebyggelsen. Vi har derfor indikert omtrentlig avgrensning som sammenfaller med sikringsområder i bebyggelsen, dvs. grupperinger av hus som sikres av støtteforbygninger i en gitt del av fjellsiden (Figur 46). Avgrensningen er ikke helt eksakt og vil måtte tilpasses noe i en senere fase.

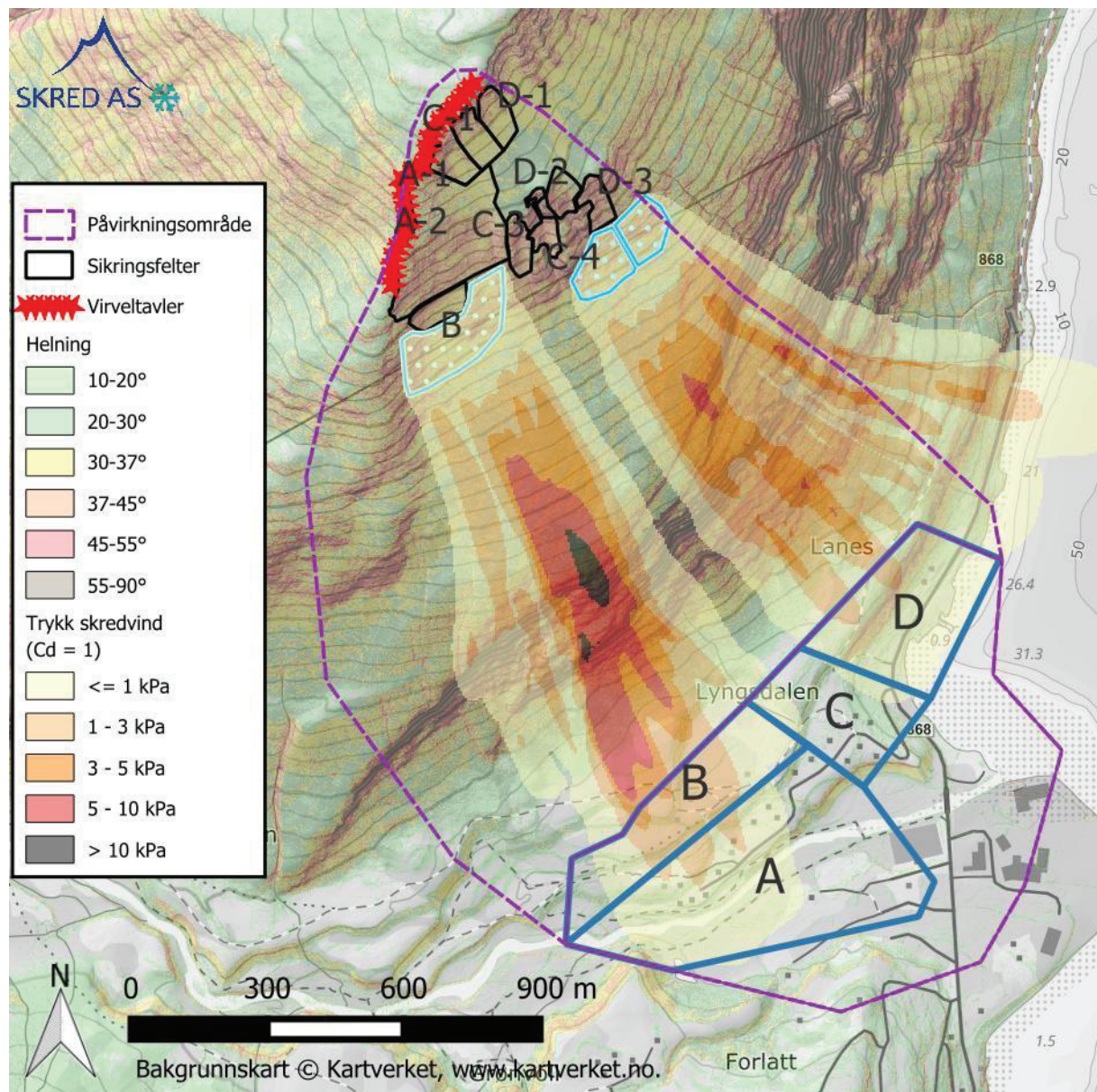
Når vi har satt nedre avgrensning av sikringsfeltene har vi lagt vekt på skredhistorikk og fravær av skredhistorikk, slik vi gjorde det ved utredning av faresonene. I sikringsfelt A-2 har nedre avgrensning blitt trukket et godt stykke ned fordi det er et potensiale for store skred og en god del historikk. Nedenfor dette vil det fortsatt være potensiale for snøskred med skadepotensiale som kan oppleves som store, men som forventes å ha lavere intensitet enn det anbefalte intensitetskriteriet. Sikringsfelt B er separert ut for de tre husene oppå flata, som vi tror er fritidsboliger, for å kunne vurdere å ikke sikre disse.

For sikringsområde C og D kan nedre avgrensning av sikringsfeltene fremstå høyt opp i fjellsiden og er noe mindre konservativ enn benyttede løseområder i farevurderingen. I vurderingen av disse sikringsfeltene har vi lagt vekt på at det er en flate nedenfor som

bremses opp snøskredene og begrenser erosjonspotensialet. I tillegg er det spesielt nedenfor disse sikringsfeltene at snøskredene kanaliseres i flere renner og skredstrømmer, som gjør at skredhastighet og utløpslengde begrenses. For sikringsfeltene til sikringsområde D har vi også vurdert at skrenten støvska spyles ut over vil kunne gi en le-effekt og føre til mindre trykk der byggene ligger enn modellresultatene indikerer. Her vurderer vi også at våte snøskred ikke kan nå bebyggelsen basert på modellresultat og fravær av historikk.



Figur 46: Foreslått avgrensning av sikringsfelt hvor støtteforbygninger må bygges. Virveltavler er vist i figuren, men omtales i kap. 6.5.



Figur 47: Eksempel på beregning med input som for skredscenarioet med årlig nominell sannsynlighet 1/1000 nedenfor sikringsfeltene. Virveltavler er vist i figuren, men omtales i kap. 6.5.

6.3 Høyder og mengder støtteforbygninger

For mengdeestimatet for støtteforbygninger har vi gjort følgende vurderinger:

- Gjennomsnittlig terrenghelning i området som må sikres med støtteforbygninger er antatt til helningsklassen for 38.6° etter SLF 2007 [8], basert på GIS-analyse av avgrensede polygoner.
- Snøhøyde (sd) på flatmark med returperiode 1000 år er i kap. 4.2 estimert til $HS_{ext,1000} = 301 - 467$ cm i modellhøyde 896 moh. fra SeNorge modellen. EVA har lav p-verdi for GEV MLE og Gumbel metodene i EVA har lav p-verdi, vi legger derfor mest vekt på GEV LLM (357 cm). Høyeste «målte» verdi, som i realiteten er en interpolasjon i de

griddede dataene, er 310 cm. Vår erfaring er at SeNorge datasettet overestimerer snødybde. Vi vurderer basert på det og EVA at et fornuftig estimat på $HS_{ext,1000} = 350$ til 400 cm.

- Som et anslag i denne fasen legger vi til grunn 400 cm snø på flatmark samt et påslag for snødrift på 100 cm. Dvs. ca. 5 m snø på bakken. Justert for 40° terrenghelning blir nødvendig konstruksjonshøyde (Dk) da 385 cm. I de vestre delene av sikringsfeltene, A, kan nok mer snødrift måtte påregnes. I anslaget legger vi derfor til grunn en 50/50 fordeling av støtteforbygninger med effektiv høyde Dk 4,0 og Dk 5,0 m. For total mengde støtteforbygninger er dette muligens noe konservativt.
- Erfaringsmessig har snødrift inn i områdene med støtteforbygninger mye å si for lokal fordeling av snømengder. For å ha et grunnlag som gir et mye sikrere estimat på nødvendig konstruksjonshøyde, anbefaler vi å utføre en kartlegging av snøoverflaten med fotogrammetri eller LiDAR fra drone dersom støtteforbygningene blir aktuelle å bygge. Det bør være minst to år med data. Vår erfaring er at dette gir mye mer presise anslag på høyder, og at det er et godt datagrunnlag for å kunne redusere høydene når man har faktisk målte verdier på snødybde.
- For å estimere nødvendig mengde støtteforbygninger har vi beregnet teoretisk mengde støtteforbygninger per hektar på en plan flate med gjennomsnittlig helning i løseområdene som er nødvendig å sikre. For å kompensere for ujevnheter i terrenget har vi lagt til 10% i tillegg til teoretisk mengde.
- Vi antar 401 og 487 m støtteforbygninger per 10 000 ha for hhv. Dk 4 og Dk 5 m i mengdeestimatet.

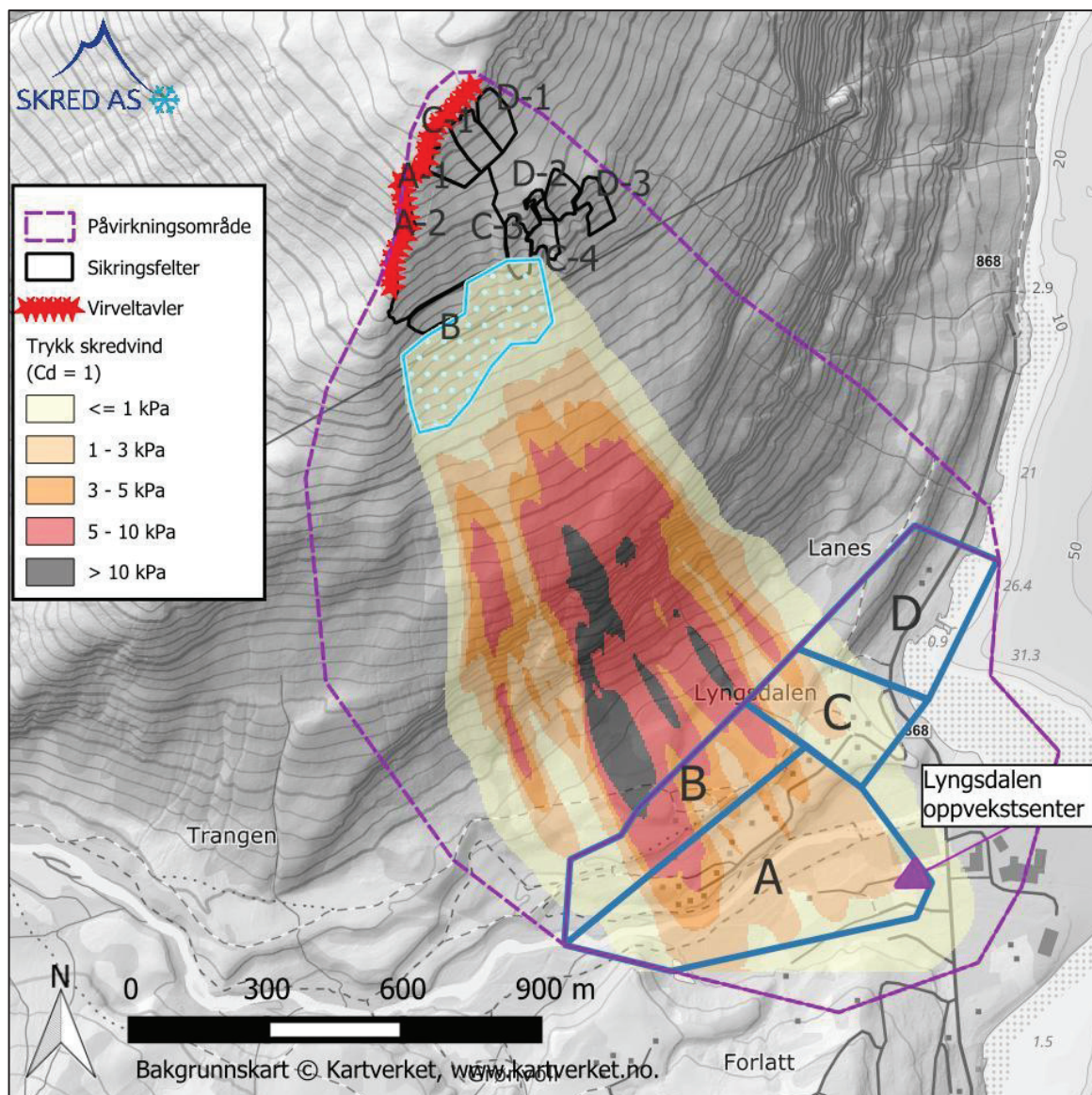
Tabell 15: Estimerte mengder støtteforbygninger fordelt på sikringssoner. Antatt 50/50 fordeling av Dk 4 og Dk 5 m. Verdiene er ikke avrundet.

Sikringssone	Snitthelning [°]	Areal plan [m2]	Dk 4 [m]	Dk 5 [m]
A-1	39	8 448	169	206
A-2	38	53 817	1 079	1 312
B	38	6 939	139	169
C-1	37	7 904	158	193
C-2	41	791	16	19
C-3	43	5 833	117	142
C-4	42	4 129	83	101
D-1	37	7 118	143	173
D-2	39	5 561	111	136
D-3	43	5 854	117	143
Sum / snitt	39,8	106 394	2 132	2 593
Inkl. påslag 10%			2 346	2 852

6.4 Effekt på faresone 1/5000

Ett av sikringsmålene er å få Lyngsdalen oppvekstsenter ut av faresonen med årlig nominell sannsynlighet større enn 1/5000. For å vurdere det har vi beregnet et skredscenario med endrede bruddhøyder som beskrevet i kap. 4.4.1, fra et løseområde nedenfor sikringsfeltene A-1, A-2 og B. Løseområdet gir skredvolum på ca. 100 000 m³. Øvrige inngangsverdier har vi holdt likt som scenarioet for 1/1000 skredet. Resultatene i Figur 48 viser at 3 kPa-grensa er langt fra å nå skolen, men at trykk som korresponderer til orkan styrke for vind (1kPa) kan forventes.

Som en sensitivitetsanalyse har vi gjort modellering med temperatur $T = -7,0^{\circ}\text{C}$ og denistet 175 kg/m³ (ikke i figur). Dette gir et vesentlig mer konservativt resultat hvor intensiteten i støvskya er høyere lenger ut i skredløpet. Modelleringen viser at skolen går klar med god margin også med dette mer ekstreme scenarioet. Økt snømengde enn klimaanalysene gir har vi valgt å ikke teste som sensitivitetsanalyse, da vi vurderer at benyttede verdier er høye også for en så sjelden hendelse i lys av klimaanalysene.



Figur 48: Dimensjonerende scenario med årlig nominell sannsynlighet 1/5000 hvor sikringsfeltene er fullt sikret. Modellen er fra et relevant løsneområde for skred som kan strømme i retning Lyngsdalen Oppvekstsenter. Virveltavler er vist i figuren, men omtales i kap. 6.5.

6.5 Vindtiltak

Det dannes en markant skavl på ryggen som utgjør vestre avgrensning av sikringsfeltene med støtteforbygninger (Figur 49). Skavlen i seg selv utgjør ikke en fare for bebyggelsen, men kan potensielt skade støtteforbygningene ved større nedfall. Ett mulig tiltak for å redusere sannsynligheten for det er å sette opp virveltavler som bryter opp skavlen ved at det dannes en erosjonssone rundt hver tavle. Dette er en problematikk som bør sees nærmere på.

Som en innledende vurdering av mengder har vi antatt at det er behov for virveltavler i ca. 50% av skavlens lengde. Hvis vi antar effektiv diameter 8-10 m for hver tavle [21], behøves ca. 25-30 virveltavler. Tavlene er indikert med nevnte avstand i Figur 46.



Figur 49: Oversiktsbilde over Pollfjellet. Skavlen er marker med rød pil.



Figur 50: Virveltavler på en skjæringstopp for å redusere sannsynlighet for skavlnedfall.

6.6 Usikkerhet / restrisiko

Enhver vurdering av skredfare og sikringstiltak mot skred har grunnleggende usikkerhet knyttet til vurderingen. For skredvind er usikkerheten spesielt stor på grunn av

- Det er begrenset kunnskap om dynamikk i skredvind.

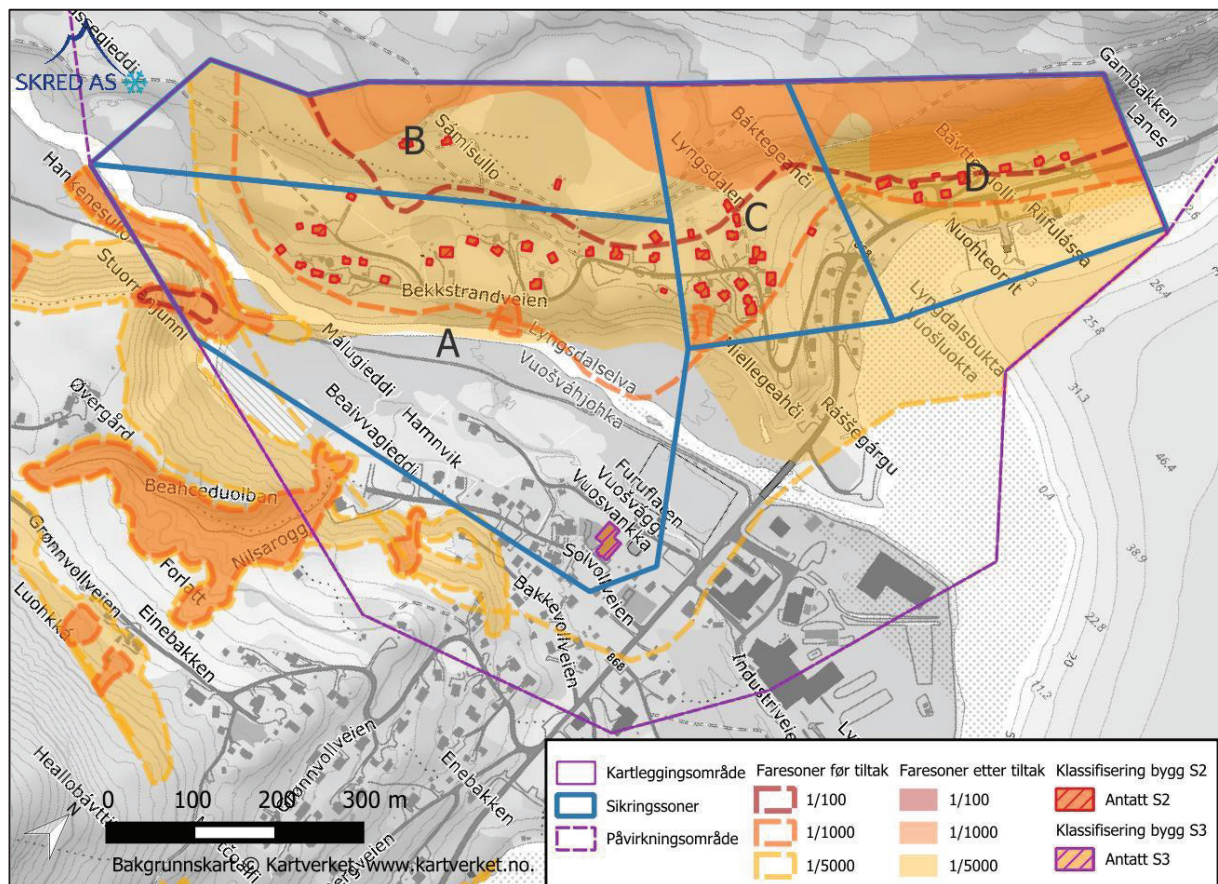
- Virkningen fra skredvind på objekter er til dels tilfeldig da skredfronten oscillerer i takt med at de faste massene utvider og trekker seg sammen.
- Modellering av skredvind og klimaanalyser som går inn i modellen har ingen etablert metode, verken nasjonalt eller internasjonalt.

Alle disse momentene er til stede også i dette arbeidet. Vi anbefaler derfor at det gjøres et forprosjekt som verifiserer eller forbedrer arbeidet i denne rapporten for å sikre at det er definert et mest mulig riktig snøskredfaglig scenario før tiltakene tas til utførelse. Én mulighet er å gjennomføre uavhengig kontroll av både mulighetsstudie og forprosjekt, før tiltakene tegnes og detaljprosjekteres. Spesielt bør et slikt forprosjekt ha fokus på å

- Verifisere inngangsparametere til klimaanalysen og modell.
- Kontrollere at sikringsfeltene er godt nok avgrenset nedover.
- Sensitivitetsanalyser.

7 Virkning av sikringstiltakene

Samlede faresoner før sikringstiltak er vist sammen med forslag til faresoner etter tiltak i Figur 51. Faresonene etter tiltak forutsetter at alle sikringsfeltene med støtteforbygninger bygges ut og at det sikres med steinspranggjerdje i sikringssone D. I samme figur er det også vist de byggene som er klassifisert i sikkerhetsklasse S2 og S3 basert på FKB data, og som ikke tilfredsstiller kravene om sikkerhet mot skred ved ny bebyggelse iht. TEK17 §7-3 før sikringstiltak. Disse byggene må verifiseres at skal sikres gjennom å fastsette sikkerhetsklasse for byggene og identifisere om de er fritidsboliger slik at det kan vurderes om også disse skal ligge til grunn for kost-nyttevurderingen.



Figur 51: Forslag til faresoner før sikringstiltak og samlede faresoner etter tiltak forutsatt at alle sikringsfeltene og steinspranggjerdet bygges ut. Bygg med som ikke tilfredsstiller kravene til sikkerhet for ny bebyggelse før tiltakene bygges basert på klassifisering etter FKB-data, er også vist.

8 Kostnadsestimat

8.1 Metode og grunnlag

Vi har gjort et grovt, innledende kostnadsestimat for å synliggjøre en størrelsesorden av kostnader som kan forventes. For å gjøre kost-nytte vurderingen lettere har vi lagd kostnadsestimat for både hele vurderte området og delt inn i de ulike sikringsområdene. I tabellene i det videre er det «prosjektkostnad» som er estimert total kostnad for prosjektet, denne inkluderer både planlegging og bygging. Generelt antar vi i størrelsesorden +/- 25 % usikkerhet på kostnadsestimatene.

Kostnadsestimatet er gjort ved å estimere enhetspriser samt generelle prosentsatser for øvrige prosjektkostnader. Prosentsatsene vil være høyere for et lite prosjekt enn et stort prosjekt, disse er satt med utgangspunkt i et større utbyggingsprosjekt med stordriftsfordeler. Hvis mindre utbygging eller utbyggingstrinn planlegges, bør satsene justeres noe opp. Rigg og drift er estimert til 5% av prosjektkostnad fordi det er lite materiell og rigg som er nødvendig for denne type prosjekter. Diverse / uforutsett er satt til 15% for å ta høyde for at endringer kan forekomme. Mulighetsstudien er et grovt, innledende arbeid så det er usikkerhet knyttet til både mengdeestimat og estimert enhetskostnad. med relativt lavt detaljnivå. Planlegging, prosjektering og byggeledelse er satt til 5% fordi det er relativt lite prosjektering sammenliknet med prosjektstørrelse da det skal bygges store mengder av like tiltak.

Enhetsprisene er basert på erfaringspriser og er forsøkt justert til 2025 priser. Enhetspriser i ethvert prosjekt styres av en rekke faktorer og konkurransesituasjon, kostnadsestimatet har derfor en usikkerhet knyttet til seg. Alle mengder er hentet direkte fra estimatet og kan fremstå mer nøyaktige enn de i realiteten er. Et forprosjekt vil gi et mer presist detaljnivå på mengder.

8.2 Hele området

Enhetspriser på støtteforbygninger tar utgangspunkt i stive stålbroer med enhetspris 35 000 og 45 000 kr/m for hhv. Dk 4 og Dk5 m. Vi har lagt inn en rundsum (RS) for rensk og bergsikring for å håndtere konstruksjonssikkerhet. For sikring mot steinsprang i område D har vi lagt til grunn utførelse med steinspranggjerde da det kommer lavest ut i kostnadsestimatet. Enhetspris for virveltavler er basert på erfaringspriser og enhetspris oppgitt fra entreprenør i et annet prosjekt.

Tabell 16: Kostnadsestimat for skredsikring av hele det vurderte området.

Bygningsdel	Mengde	Enhetskost	Kostnad	
Støtteforbygning Dk 4	2346 m	35 000 kr/m	kr	82 110 000
Støtteforbygning Dk 5	2852 m	45 000 kr/m	kr	128 340 000
Virveltavler	30 stk	150 000 kr/stk	kr	4 500 000
Rensk og bergsikring støtteforbygninger	1 RS	600 000 kr	kr	600 000
Steinspranggjerde 2000 kJ	230 m	25 000 kr/m	kr	5 750 000
			kr	-
Delsum			kr	221 300 000
Diverse / uforutsett	15 %		kr	33 195 000
Rigg og drift	5 %		kr	12 724 750
Entreprisekostnad ekskl. mva			kr	267 219 750
Planlegging, prosjektering og byggeledelse	5 %		kr	13 360 988
Prosjektkostnad ekskl. mva (2025-pris)			kr	280 580 738

8.3 Område A og B

I kostnadsestimatet for sikringsområde A og B er enhetspris for støtteforbygninger er for enkelhets skyld midlet mellom Dk 4 og Dk5. Estimaten er vist i Tabell 17.

Tabell 17: Kostnadsestimat for sikring av sikringsområde A og B alene

Bygningsdel	Mengde	Enhetskost	Kostnad	
Sikringsfelt A-1	413 m	40 000 kr/m	kr	16 520 000
Sikringsfelt A-2	2 629 m	40 000 kr/m	kr	105 160 000
Sikringsfelt B	339	40 000 kr/m	kr	13 560 000
Virveltavler	20 stk	150 000 kr/stk	kr	3 000 000
Rensk og bergsikring støtteforbygninger	1 RS	200 000 kr	kr	200 000
			kr	-
Delsum			kr	138 440 000
Diverse / uforutsett	15 %		kr	20 766 000
Rigg og drift	5 %		kr	7 960 300
Entreprisekostnad ekskl. mva			kr	167 166 300
Planlegging, prosjektering og byggeledelse	5 %		kr	8 358 315
Prosjektkostnad ekskl. mva (2025-pris)			kr	175 524 615

8.4 Område C

I kostnadsestimatet for sikringsområde C er vist i Tabell 18.

Tabell 18: Kostnadsestimat for sikring av sikringsområde C alene.

Bygningsdel	Mengde	Enhetskost	Kostnad
Sikringsfelt C-1	386	40 000 kr/m	15 440 000
Sikringsfelt C-2	39	40 000 kr/m	1 560 000
Sikringsfelt C-3	285	40 000 kr/m	11 400 000
Sikringsfelt C-4	202	40 000 kr/m	8 080 000
Virveltavler	5 stk	150 000 kr/stk	750 000
Rensk og bergsikring støtteforbygninger	1 RS	200 000 kr	200 000
			kr -
Delsum			kr 37 430 000
Diverse / uforutsett	15 %		kr 5 614 500
Rigg og drift	5 %		kr 2 152 225
Entreprisekostnad ekskl. mva			kr 45 196 725
Planlegging, prosjektering og byggeledelse	5 %		kr 2 259 836
Prosjektkostnad ekskl. mva (2025-pris)			kr 47 456 561

8.5 Område D

8.5.1 Støtteforbygninger og steinspranggjerd

I kostnadsestimatet for steinspranggjerd som sikring mot steinsprang i område D har vi lagt til grunn at det ikke gjennomføres rensk før oppsett av steinspranggjerdet. Enhetsprisen for steinspranggjerdet er basert på erfaring og satt høyt, for å ta høyde for at det potensielt kan være en del boring gjennom løsmasser til berg for forankring.

Tabell 19: Kostnadsestimat for sikring av sikringsområde D hvor steinsprang sikres med steinspranggjerd.

Bygningsdel	Mengde	Enhetskost	Kostnad
Steinspranggjerd	230 m	25 000 kr/m	5 750 000
Sikringsfelt D-1	348 m	40 000 kr/m	13 920 000
Sikringsfelt D-2	272 m	40 000 kr/m	10 880 000
Sikringsfelt D-3	286 m	40 000 kr/m	11 440 000
Virveltavler	5 stk	150 000 kr/stk	750 000
Rensk og bergsikring støtteforbygninger	1 RS	200 000 kr	200 000
			kr -
Delsum			kr 42 940 000
Diverse / uforutsett	15 %		kr 6 441 000
Rigg og drift	5 %		kr 2 469 050
Entreprisekostnad ekskl. mva			kr 51 850 050
Planlegging, prosjektering og byggeledelse	5 %		kr 2 592 503
Prosjektkostnad ekskl. mva (2025-pris)			kr 54 442 553

8.5.2 Støtteforbygninger og bergsikring

Enhetspris for nett er satt basert på erfaringspriser. Prisen inkluderer forberedende arbeider som vegetasjonsrydding og rensk, monteringsarbeider og materialkost for vanlig steinsprangnett og Ø20 bolt c/c 3,0 m benyttet som festebolter.

Tabell 20: Kostnadsestimat for sikring av sikringsområde D hvor steinsprang sikres med bergsikring.

Bygningsdel	Mengde	Enhetskost	Kostnad
Bergsikring og nett	9800 m ²	900 kr/m	kr 8 820 000
Sikringsfelt D-1	348 m	40 000 kr/m	kr 13 920 000
Sikringsfelt D-2	272 m	40 000 kr/m	kr 10 880 000
Sikringsfelt D-3	286 m	40 000 kr/m	kr 11 440 000
Virveltavler	5 stk	150 000 kr/stk	kr 750 000
Rensk og bergsikring støtteforbygninger	1 RS	200 000	kr 200 000
			kr -
Delsum			kr 46 010 000
Diverse / uforutsett	15%		kr 6 901 500
Rigg og drift	5%		kr 2 645 575
Entreprisekostnad ekskl. mva			kr 55 557 075
Planlegging, prosjektering og byggeledelse	5%		kr 2 777 854
Prosjektkostnad ekskl. mva (2025-pris)			kr 58 334 929

9 Videre arbeid

Dersom tiltakene skal bygges vil det være behov for mer arbeid av skredteknisk art samt prosjektering av tiltakene. For videre arbeid skiller vi mellom snøskred og steinsprang, da det er vesentlig mindre arbeid for å komme frem til en byggbar løsning for steinsprang enn for snøskred. Felles for begge skredtyper vil det være behov for momentene nedenfor. Listen er ikke uttømmende:

- Avklare arealbruk mht. eierforhold, regulerings-/arealplan, mv.
- Avklare om tiltakene kommer i konflikt med andre hensyn som verneområder, truede naturtyper, kulturminner, kraftlinjer, mv.
- Vurdere og dimensjonere fundamenterings-/forankringsmetode. Normalt er det ikke behov for grunnundersøkelser for denne type konstruksjoner, men det kan være aktuelt for å kartlegge dybde til berg og beskaffenhet av løsmasser.
- Avklare ansvar for FDV for opprettholdelse av sikkerhetsnivået. Ved tilsagn av midler fra NVEs støtteordninger gjelder forskrift om kommunalt tilsyn.
- Søknader og godkjenninger.
- Valg av konstruksjonstyper, materialer og bestandighet.
- Avhengig av behov, utføre vurdering av geoteknisk stabilitet, overvannshåndtering, massehåndtering, mv.
- Vurdere anleggstekniske forhold som logistikk, riggplass, restriksjoner på helikopterbruk, etc.
- Vurdere visuelle hensyn og miljøbelastning
- Fastsette tiltaksklasser, geoteknisk kategori, mv.
- Utarbeide tilstrekkelig produksjonsunderlag (tegninger, teknisk beskrivelse, mv.)
- SHA plan for utførelse.

For steinsprang er det kun behov for mindre arbeid av skredteknisk art:

- Velge mellom de to alternative sikringstiltakene.
- Vurdere endelig plassering og utstrekning av tiltakene, herunder om alle uteområder skal sikres eller kun byggene.
- Avklare om låver skal sikres eller ikke, valg av sikringsmetode må sees i lys av dette.
- Vurdere mulighet for rensk.
- For steinspranggjerdar:
 - Bestemme endelig plassering mtp. avklaringer rundt arealbruk.
 - Styrke og høyde er tilstrekkelig vurdert i mulighetsstudien.
 - Vurdere konstruksjonssikkerhet fra andre skredtyper (skredvind).
- For bolting og nett:
 - Bestemme type, styrke og eksakt avgrensning av nett.

For snøskred er det aktuelt med mer skredteknisk arbeid, som best gjøres ved å utarbeide et skredteknisk forprosjekt som belyser momentene nedenfor og deler av listen for andre arbeider ovenfor. Arbeidet i mulighetsstudie og forprosjekt bør gjennomgå uavhengig

kontroll. Etter et slikt forprosjekt vil det typisk gjenstå relativt lite arbeid med selve detaljprosjekteringen og grunnlaget for utlysning:

- Kartlegge snødybder i løseområdene med drone for å ha grunnlag for å optimalisere høyder og plassering av forbygningene. Ideelt sett anbefaler vi to år med snødekkedata, med mindre det første året er et snørikt år.
- Gjøre en mer detaljert vurdering av avgrensning av sikringsfeltene for støtteforbygninger mht. utløp av skredvind.
- Fastsette alle snøtekniske parametere og tegne linjeføring for alle støtteforbygninger.
- Vurdere plassering, høyde og lufttetthet for virveltavlene.
- Vurdere konstruksjonssikkerhet fra for eksempel steinsprang og beskrive/prosjekttere kompenserende tiltak.

Disse punktene (listen er ikke uttømmende), og eventuelt andre uavklarte momenter, må følges opp videre i prosjektet gjennom forprosjekt og detaljprosjektering.

10 Referanser

- [1] Skred AS, "Lyngen - Skredfareutredning for utvalgte områder i Lyngen kommune," 2023.
- [2] Skred AS, "Lyngen - Skredfareutredning for utvalgte områder i Lyngen kommune," 2023.
- [3] NGI, "Lyngen kommune - Skredkartlegging i Russelv, Straumen, Kjosen, Lyngseidet og Furuflaten," 2002.
- [4] NGI, "Lyngen kommune - Differensierte skredgrenser ved Russelv, Straumen Sør, Stigen og Furuflaten," 2004. [Online]. Available: <http://www.ngi.no>
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, "Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning § 7-3." [Online]. Available: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>
- [6] NVE, "Notat- Skredvind i Mosjøen sentrum," 2022.
- [7] Direktoratet for byggkvalitet, "Temaveileder: Utbygging i fareområder," <https://dibk.no/saksbehandling-tilsyn-og-kontroll/temaveiledning-utbygging-i-fareomrader/>,.
- [8] S. Margreth, *Defense structures in avalanche starting zones*. Federal Office for the Environment FOEN, WSL Swiss Federal Institute for Snow and Avalanche Research SLF, 2007. Accessed: Mar. 19, 2024. [Online]. Available: https://www.slf.ch/fileadmin/user_upload/SLF/Permafrost/Bauen_im_Permafrost/Lawinenverbau_im_Anbruchgebiet_E.pdf
- [9] Austrian Standards International, "ONR 24810 - Technical protection against rockfall — Terms and definitions, effects of actions, design, monitoring and maintenance," 2021.
- [10] Kommunal- og distriktsdepartementet, "Plan- og bygningsloven – pbl," 2022.
- [11] SVV, "51035-SKRED-1 Ressursavdelingen," 2019.
- [12] F. Hansen, "Personlig kommunikasjon," 2023.
- [13] NVE, "NVE Atlas." [Online]. Available: <https://atlas.nve.no/>
- [14] Ulf Dalhaug, "Personlig kommunikasjon," 2023.
- [15] C. Lussana, O. Einar Tveito, A. Dobler, and K. Tunheim, "SeNorge_2018, daily precipitation, and temperature datasets over Norway," *Earth Syst Sci Data*, vol. 11, no. 4, pp. 1531–1551, Oct. 2019, doi: 10.5194/essd-11-1531-2019.
- [16] RAMMS AG, "RAMMS::ROCKFALL User Manual v1.8.0," 2024.
- [17] L. Stoffel, P. Bartelt, and S. Margreth, "SCENARIO-BASED AVALANCHE SIMULATIONS INCLUDING SNOW ENTRAINMENT, SNOW TEMPERATURE AND DENSITY."

- [18] Salm, "Berechnung von Fliesslawinen," 1990.
- [19] WLV, "Praxisleitfaden für Lawinensimulation in der WLV," 2022.
- [20] K. Lome, H. S. Nordbrøden, S. Wickström, and N. A. K. Walberg, "Site specific warning Pollfjellet aka 'The Avalanche Machine', the significance of a meteorological analysis," in *Proceedings, International Snow Science Workshop, Tromsø, Norway, 2024*, 2024.
- [21] S. Margreth, "Grundregeln für das Erstellen von Verwehungsverbauungen," 2015.