

| | | |
|---------------|--|---|
| Oppdragsgiver | Navn Abo Plan & Arkitektur Stord AS | Kontaktperson Turid Verdal |
| Oppdrag | Nummer og navn 21516 Bømlo, Finnås - Skredfarevurdering for reguleringsplan, omregulering til småskala turisme og hyttefelt | Oppdragsleder Espen Eidsvåg |
| Dokument | Nummer 21516-01-1 Utført av Espen Eidsvåg, Pål Lohne, Sondre Lunde | Dato 2022-01-14 Kontrollert av Pål Lohne |

| Versjon | Dato | Utført | Kontroll | Beskrivelse |
|---------|------------|--------------------------|--------------|-----------------|
| 2 | 14.01.2022 | Espen Eidsvåg | Pål Lohne | Endelig versjon |
| 1 | 17.12.2021 | Espen Eidsvåg, Pål Lohne | Sondre Lunde | Utkast |

Skredfarevurdering for reguleringsplan, omregulering til småskala turisme og hyttefelt

Sammendrag

Det skal utarbeides en detaljreguleringsplan i forbindelse med kysthytter og småbåthavn på GBnr. 5/72 i Bømlo kommune for å legge til rette for friluftsliv og båtplasser. Deler av området ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for snøskred og for steinsprang. Det er derfor utført en detaljert skredfareutredning for planområdet. Ulike deler av planområdet skal tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3, med største årlige nominelle sannsynlighet for skred på hhv. 1/100, 1/1000 og 1/5000.

For planlagt gangsti er det gjort en vurdering av individuell risiko for død knyttet til skred. Konklusjonen av denne er at risikoen langs fremtidig gangsti er akseptabel.

Det er gjort vurdering av alle skredtyper i bratt terreng, men det er bare steinsprang som vurderes å være aktuelt innenfor kartleggingsområdet. Arealene som er vurdert å være utsatt for steinsprang er merket med faresoner. Skog er ikke vurdert å ha vesentlig betydning for faresonene. For å redusere skredfaren ansees det som mest aktuelt med rensk og boltesikring i aktuelle skrenter.

Innhold

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Innledning | 4 |
| 1.1 | Bakgrunn | 4 |
| 1.2 | Mål | 4 |
| 1.3 | Befaring | 4 |
| 1.4 | Forbehold | 4 |
| 2 | Krav til sikkerhet mot skred | 6 |
| 2.1 | Lovverket | 6 |
| 2.2 | Aktuelle krav | 7 |
| 2.3 | Vurderte skredtyper | 7 |
| 2.3.1 | Snøskred og sørpeskred | 7 |
| 2.3.2 | Skred i fast fjell | 8 |
| 2.3.3 | Jordskred og flomskred | 8 |
| 2.3.4 | Skredfare og klimaendringer | 8 |
| 3 | Beskrivelse av området | 9 |
| 3.1 | Topografi | 9 |
| 3.2 | Geologi | 10 |
| 3.3 | Vegetasjon | 12 |
| 3.4 | Registrerte skredhendelser | 12 |
| 3.5 | Tidligere rapporter | 12 |
| 3.6 | Aktsomhetsområder | 13 |
| 3.7 | Eksisterende skredsikringstiltak | 13 |
| 4 | Vurdering av skredfare | 14 |
| 4.1 | Snøskred | 14 |
| 4.2 | Sørpeskred | 14 |
| 4.3 | Løsmasseskred | 15 |
| 4.4 | Skred i fast fjell | 15 |
| 4.5 | Faresoner for skred | 18 |
| 4.6 | Forutsetninger for faresonene | 18 |
| 4.7 | Mulighet for å redusere faresonene | 18 |
| 5 | Vurdering av individuell risiko langs gangsti | 20 |
| 5.1 | Akseptkriterier | 20 |
| 5.2 | Metode | 20 |
| 5.3 | Beregning av individuell risiko | 21 |
| 5.4 | Anbefalte tiltak | 21 |
| 6 | Konklusjon | 22 |
| 7 | Bibliografi | 23 |

Figurer

| | |
|--|----|
| Figur 1: Oversiktskart over det vurderte området. Påvirkningsområdet, det vil si arealet hvor det kan gå skred som påvirker det vurderte området, er også tegnet inn. | 5 |
| Figur 2: Oversiktsbilde av området, tatt fra drone mot nord. | 9 |
| Figur 3: Kart over det vurderte området og terrenghelning. | 10 |
| Figur 4: En skrent over den østlige delen av området, sett mot øst fra drone. Sprekkesettene beskrevet i teksten er indikert med rødt, gult og blått. Til høyre i bildet sees også urmasser med de fineste massene øverst og grovere blokk lengst nede. | 11 |
| Figur 5: En mindre jordskredhendelse kan sees i øvre del av en ur i skråningen øst for Hetlevika. Dronebilde tatt mot sørøst. | 12 |
| Figur 6: Kart over det vurderte området og registreringer gjort i kart. | 13 |
| Figur 7: Kart som viser utløpsmodellering av steinsprang i Rockyfor3D. | 17 |
| Figur 8: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $1/1000$ og $1/5000$ | 19 |

Tabeller

| | |
|--|---|
| Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggt teknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017). | 6 |
|--|---|

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

ABO arbeider med detaljregulering av kysthytter og småbåthavn på GBnr. 5/72 i Bømlo kommune (Figur 1). DNT og Bømlo kommune har plan om å kunne etablere og tilrettelegge for friluftsliv langs kysten, og det er derfor planlagt tre hytter med sengeplass til ti personer i hver hytte, samt opparbeidelse av gangsti inn til hyttene på Kråkeneset. Videre er det mangel på båtplasser i kommunen, og Bømlo kommune, sammen med Finnås båtlag, har derfor sett på mulighetene for å etablere en småbåthavn i Hetlevika. Ifm. småbåthavnen planlegges det på land et fellesbygg med bod/sanitæranlegg, parkering, båttopptrekk, oppholdsareal med bord/benker, samt gangsone videre mot Kråkeneset.

1.2 Mål

Skred AS er bedt om å utføre en skredfarevurdering for området vist i Figur 1. Dagens krav til sikkerhet mot skred, definert i TEK17 med veileder, skal legges til grunn for vurderingene.

1.3 Befaring

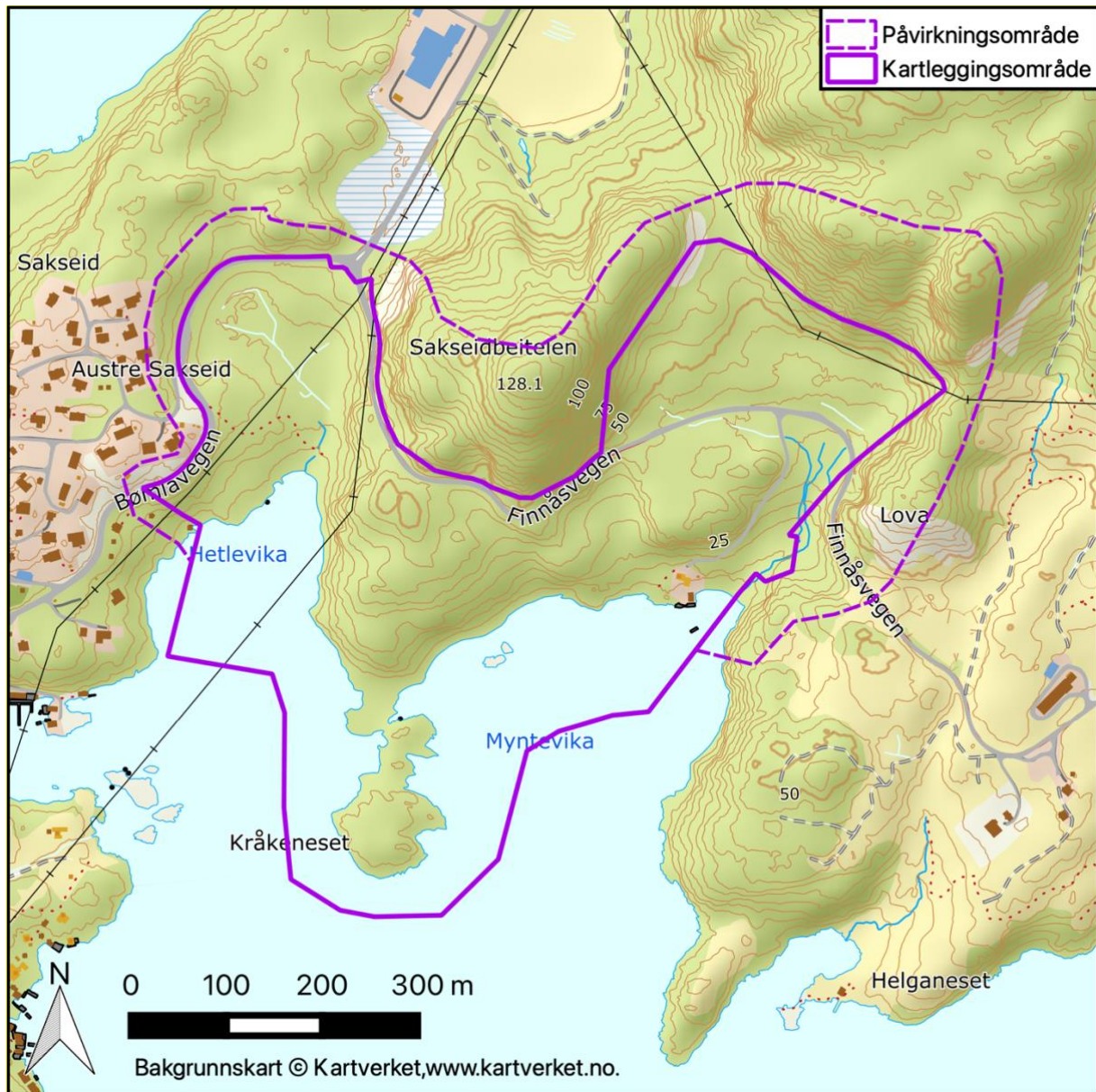
Befaring i området ble utført 8. oktober 2021 av Pål Lohne. Det var en del regn på befaringsdagen. Det ble derfor utført en supplerende befaring med droneflygning av Espen Eidsvåg den 12. oktober 2021.

Terrenget er kraftig gjengrodd flere steder, hvilket gjorde det krevende å ta seg frem å få oversikt under befaring.

1.4 Forbehold

Informasjon om tidligere skredhendelser er viktige for vurdering av skredfare. Dersom det kommer mer informasjon om tidligere skred, bør det tas med i betraktningene.

Vurderingene er gjort ut fra terreng og vegetasjon slik det ble observert på befaring, på tilgjengelige flyfoto, og på kotegrunnlag. Hvis terreng eller vegetasjon endres betydelig, kan det ha betydning for skredforholdene. Da anbefales det å utføre en ny vurdering.



Figur 1: Oversiktskart over det vurderte området. Påvirkningsområdet, det vil si arealet hvor det kan gå skred som påvirker det vurderte området, er også tegnet inn.

2 Krav til sikkerhet mot skred

2.1 Lowerket

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

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

Byggteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til sikkerhet mot skred for nybygg og tilhørende uteareal (Tabell 1). Sannsynligheten i Tabell 1 angir den årlige sannsynligheten for skredskader av betydning, dvs. skred med intensitet som kan medføre fare for liv og helse og/eller større materielle skader. I veilederen til TEK17 gis retningsgivende eksempler på byggverk som kommer inn under de ulike sikkerhetsklassene for skred (DiBK, 2016).

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde. Fra veileder til byggteknisk forskrift, TEK17 (DiBK, 2017).

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

I sikkerhetsklasse S1 inngår byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eneboliger, arbeidsbygninger, driftsbygninger i landbruket samt parkeringshus og havneanlegg er nevnt som eksempler.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der et skred vil føre til store konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er:

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer
- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

Kravet til sikkerhet for uteareal tilhørende bygninger, skal i utgangspunktet være lik kravet til bygningen. Allikevel åpner lovverket for å redusere sikkerhetsnivået til uteareal med en klasse, dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er blant annet eksponeringstiden for personer og antall personer som oppholder seg på utearealet.

2.2 Aktuelle krav

Det er opp til kommunen å vurdere aktuelle krav til sikkerhet. I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler, nevnt ovenfor.

Planlagt kysthytte og båthavn vil tidvis kunne medføre personopphold på mer enn 25 personer, og tilhører dermed sikkerhetsklasse S3 med krav om største årlige nominelle sannsynlighet for skred på 1/5000. Deler av de planlagte tiltakene kan imidlertid falle inn under sikkerhetsklasse S1 og S2, med krav om største årlig nominell sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000.

For planlagt gangsti foreligger det ingen konkrete myndighetskrav, men det er gjort en vurdering av individuell risiko basert på blant risikoakseptkriteriet gitt i Stortingsmelding 15/2012 (Olje- og energidepartementet, 2012).

2.3 Vurderte skredtyper

I TEK17 er det spesifisert at samlet sannsynlighet for alle skredtyper skal legges til grunn for vurderingen av årlig sannsynlighet. Vi har derfor vurdert følgende skredtyper:

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

Den endelige vurderingen av skredfare er samlet nominell årlig sannsynlighet for skred, som kan sammenliknes direkte med kravene i Tabell 1.

2.3.1 Snøskred og sørpeskred

Snøskred kan inndeles i løssnøskred og flakskred. Løssnøskred utløses i snø med lav fasthet, som gjerne starter med en liten lokal utglidning. Etter hvert som nye snøkorn blir revet med utvider skredet seg og kan få en pæreform. Flakskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan. Det er flakskred som har størst skadepotensiale. Store snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 30-50° grader bratt. Der det er brattere enn dette glir snøen stadig ut slik at det ikke dannes større skred. Snøskred kan skape skredvind med kraft til å utrette stor skade.

Sørpeskred er en strøm med vannmettede snømasser. Sørpeskred følger som oftest forsenkninger i terrenget, og oppstår når dreneringen i grunnen er dårlig, som for eksempel på grunn av tele og is. Sørpeskred kan utløses i slakt terreng, for eksempel når kraftig snøfall blir etterfulgt av regn og mildvær. Sørpeskred kan også utløses når varme gir intens snøsmelting. Skredmassene har høy tetthet og skred med lite volum kan gi stor skade. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart for sørpeskred.

2.3.2 Skred i fast fjell

Når en eller flere steinblokker løsner og faller, spretter, ruller, eller sklir nedover en skråning benyttes begrepene steinsprang (volum $<100 \text{ m}^3$) og steinskred (volum $100\text{-}10.000 \text{ m}^3$). Steinsprang og steinskred løsner oftest i bratte fjellparti der terrenghelningen er større enn $40\text{-}45^\circ$.

2.3.3 Jordskred og flomskred

Jordskred starter med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser og blir som regel utløst i skråninger som er brattere enn $25\text{-}30^\circ$. Man kan skille mellom kanaliserte og ikke-kanaliserte jordskred.

Et kanalisert jordskred skaper en kanal i løsmassene som kan fungere som skredbane for nye skred. Skredmasser kan bli avsatt og danne langsgående rygger parallelt med kanalen. Når terrenget flater ut blir skredmassene avsatt i en tungeform. Over tid kan flere slike skred bygge en vifte av skredavsetninger. I et ikke-kanalisert jordskred flytter massene seg nedover langs en sone som gradvis kan bli bredere. Mindre jordskred kan oppstå i slakere terreng med finkorna, vannmettet jord og leire, gjerne på dyrka mark eller i naturlig terrasseformede skråninger i terrenget.

Flomskred er raske, vannrike, flomlignende skred som følger elve- og bekkeløp, eller raviner, gjel eller skar, ofte uten permanent vannføring. Helningen i utløsningsområdet kan være ned mot 10° . Skredmassene kan bli avsatt som langsgående rygger på siden av skredløpet, og oftest i en stor vifte nederst, der de groveste massene ligger ved roten av vifta og finere masser blir avsatt utover vifta. Massene i et flomskred kan komme fra store og små flomskred langsetter flomløpet, undergraving av sideskråninger og erosjon i løpet, eller i kombinasjon med sørpeskred.

2.3.4 Skredfare og klimaendringer

I deler av landet kan klimautviklingen gi økt frekvens av skredtyper som er knytt til regn, snø og flom. Det gjelder først og fremst jordskred, flomskred, snøskred og sørpeskred. Hyppigere episoder med ekstremnedbør vil og kunne øke frekvensen av steinsprang og steinskred.

Det er likevel ingen grunn til å tro at de svært store, sjeldne skredene vil bli større eller hyppigere. Når en kartlegger faresoner for skredfare er det derfor ikke nødvendig å legge til en ekstra margin som følge av klimautviklingen.

3 Beskrivelse av området

Det vurderte området ved Kråkeneset (Figur 2) er lokalisert rett øst for Sakseid i Bømlø kommune.

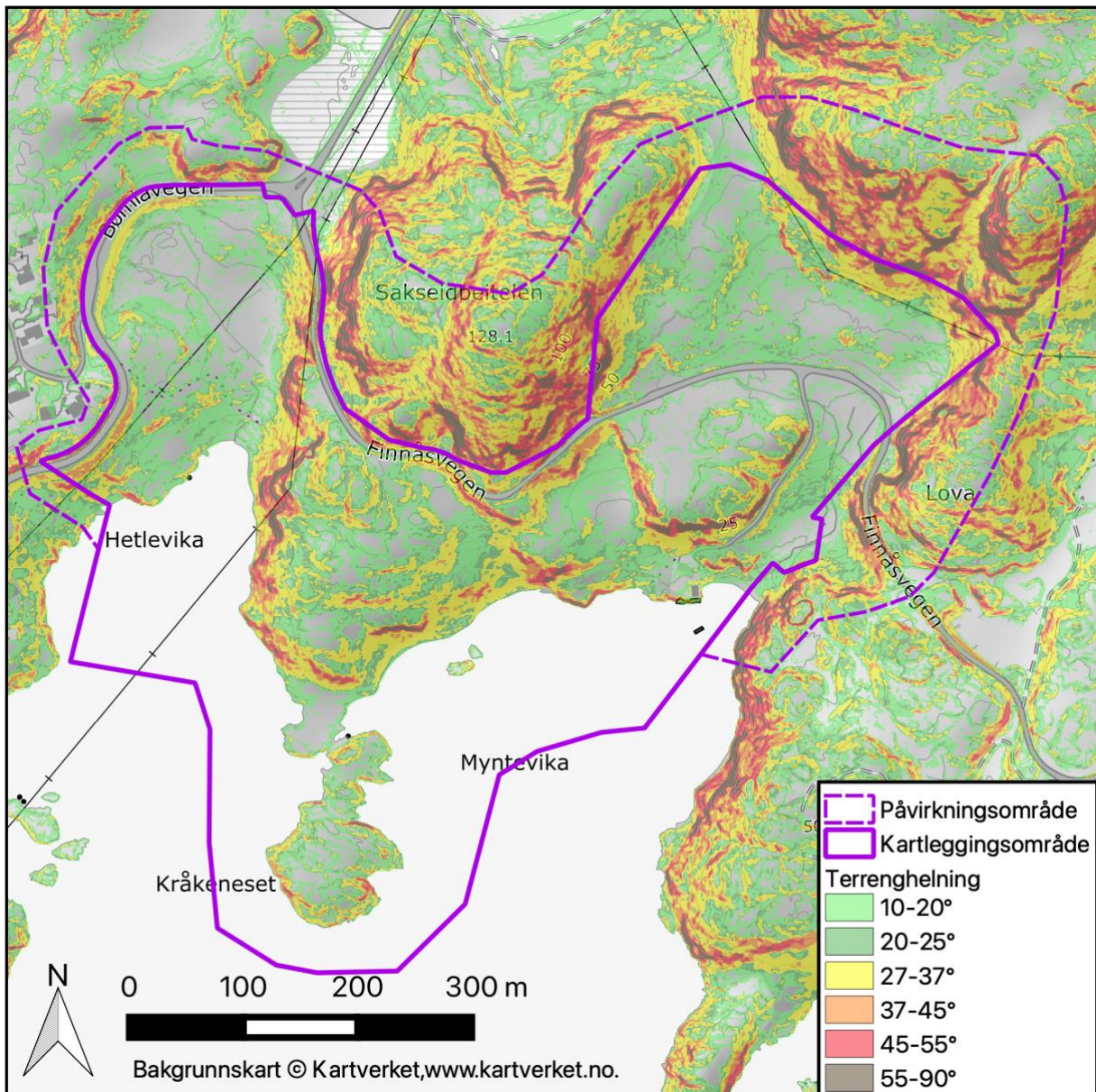


Figur 2: Oversiktsbilde av området, tatt fra drone mot nord.

3.1 Topografi

Terrenganalysen er basert på den nasjonale terrengmodellen med horisontal oppløsning på 1 x 1 m. Kart med terrenghelning er vist i Figur 3.

Området grenser i sør mot fjorden i Hetlevika i vest, Kråkeneset sentralt og Myntevika i øst. Finnåsvegen går gjennom området i grovt sett vest-østlig retning og har høyde på om lag 25-40 moh. i det som er en større utflatning. Øst for Hetlevika er det en bratt skrent, både ned mot sjøen og lenger nord både over og under Finnåsvegen. I den sentrale delen av området er det bratte skrenter i overkant av Finnåsvegen opp mot Sakseidbeitelen (128 moh.), samt noen mindre skrenter nærmere havnivå nær Kråkeneset. I den østlige delen av området er det bratte skrenter på østsiden av Myntevika ved havnivå, samt skrenter over Finnåsvegen opp til et par knauser på 140-150 moh. i nordøst.



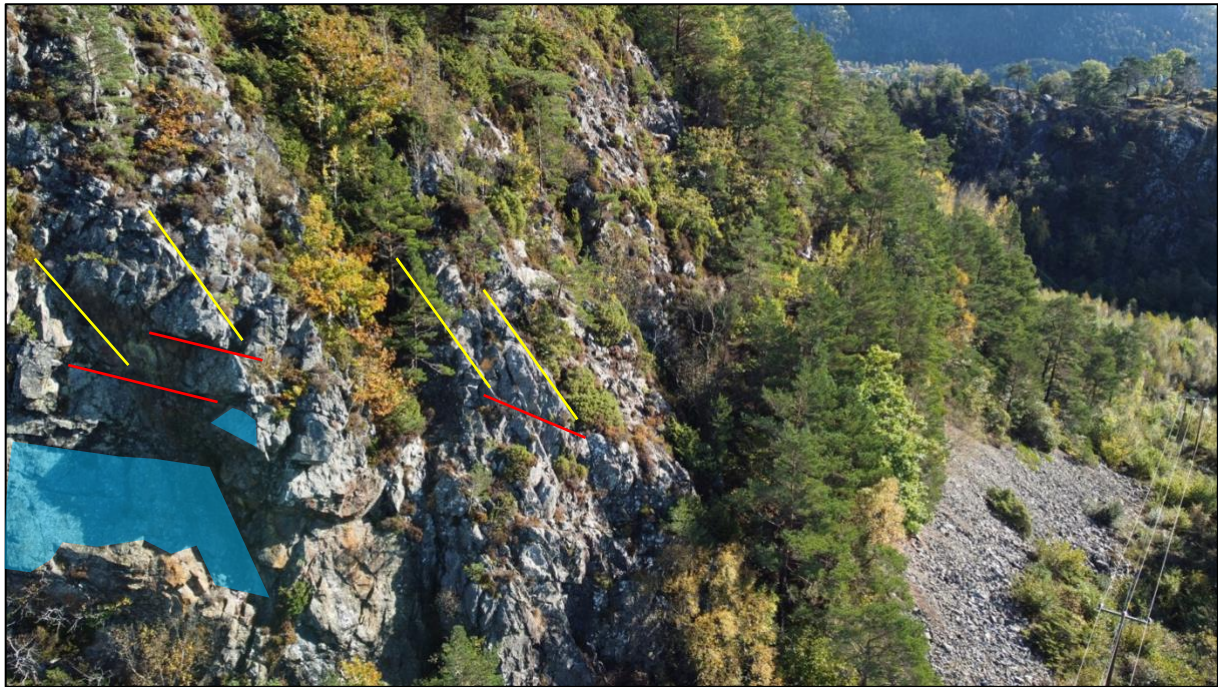
Figur 3: Kart over det vurderte området og terrenghelning.

3.2 Geologi

Berggrunnen i mesteparten av området er kartlagt av NGU i målestokk 1:50 000 (Brekke, et al., 1993) som «metabasalt, massiv grønnstein, putelava (stedvis med blærer), putebreksje, hyaloklastitt og lokalt pahoeholava (Finnåsvik-området), også tynne lag av kiselstein-slamstein». Berggrunnen øst for Myntevika er kartlagt som «kvartskeratofyr, stedvis porfyrisk, metatuff, omdannet lava og hyaloklastitt, stedvis breksjert, også tynne lag av omdannet kiselstein-slamstein».

I felt er det observert flere sprekkesett i bergmassene (Figur 4). Et av dem faller om lag 30-50° mot øst (rødt i Figur 4). Et annet faller 60-80° mot sør (gult i Figur 4), og et tredje sprekkesett faller omtrent 60-80° mot vest (blått i Figur 4). I tillegg er det observert en del sprekker med sporadisk orientering. Sprekkeavstanden er for det meste relativt tett og gjør

at det avløses blokker som er forholdsvis små, for det meste mindre enn ca. 0,1 m³, men stedvis også opp til ca. 10 m³.



Figur 4: En skrent over den østlige delen av området, sett mot øst fra drone. Sprekkesettene beskrevet i teksten er indikert med rødt, gult og blått. Til høyre i bildet sees også urmasser med de fineste massene øverst og grovere blokk lengst nede.

Ifølge NGUs løsmassekart i målestokk 1:250 000 (Thoresen, 1995) består terrenget primært av forvittringsmasser.

I felt er det observert en veksling mellom bart fjell, antatte forvittringsmasser (eventuelt tynt morenedekke) og urer med antatte steinsprangavsetninger (Figur 6). Urene er markante i underkant av de høyeste skrentene i området og har for det meste de groveste blokkene nederst, mens det øverst i urene er forholdsvis finkornede masser (Figur 4). Enkelte steder i området er det observert en del relativt kantede blokk i grunnen uten tilknytning til nærliggende skrenter, og dette tolkes å være forvittringsmasser, altså berg som har sprukket opp på stedet som følge av for eksempel frostsprengning. I skråningen øst for Hetlevika er det observert spor etter en mindre jordskredhendelse i en ur (Figur 5).



Figur 5: En mindre jordskredhendelse kan sees i øvre del av en ur i skråningen øst for Hetlevika. Dronebilde tatt mot sørøst.

3.3 Vegetasjon

Det er skog i terrenget i hele området, men tretypene varierer (NIBIO, 2021). På nordøstsiden av Hetlevika, samt nord og øst for Myntevika er skogen lauvdominert. Sentralt i området, både ved Kråkeneset og opp mot Sakseidbeitelen er skogen primært furudominert, men enkelte steder med mer blandet skog.

Norge i bilder (Statens kartverk, Geovekst og kommunene, 2021) har flyfoto tilbake til 1969. Bildene viser betydelig mindre vegetasjon enn i dag.

3.4 Registrerte skredhendelser

I NVE Atlas (NVE, 2021) er det ikke registrert noen skredhendelser innenfor kartleggingsområdet eller påvirkningsområdet. Det finnes fire registreringer av steinsprang/isnedfall langs Bømlavegen øst for området, men disse har liten relevans for det kartlagte området. Skred AS kjenner ikke til andre skredhendelser i området, med unntak av jordskredhendelsen vist i Figur 5.

3.5 Tidligere rapporter

Det er tidligere utført et notat med ingeniørgeologiske vurderinger i området av Multiconsult (Multiconsult, 2008). Notatet gir beskrivelse og anbefalinger av sikringstiltak for en del av skråningene innenfor kartleggingsområdet.

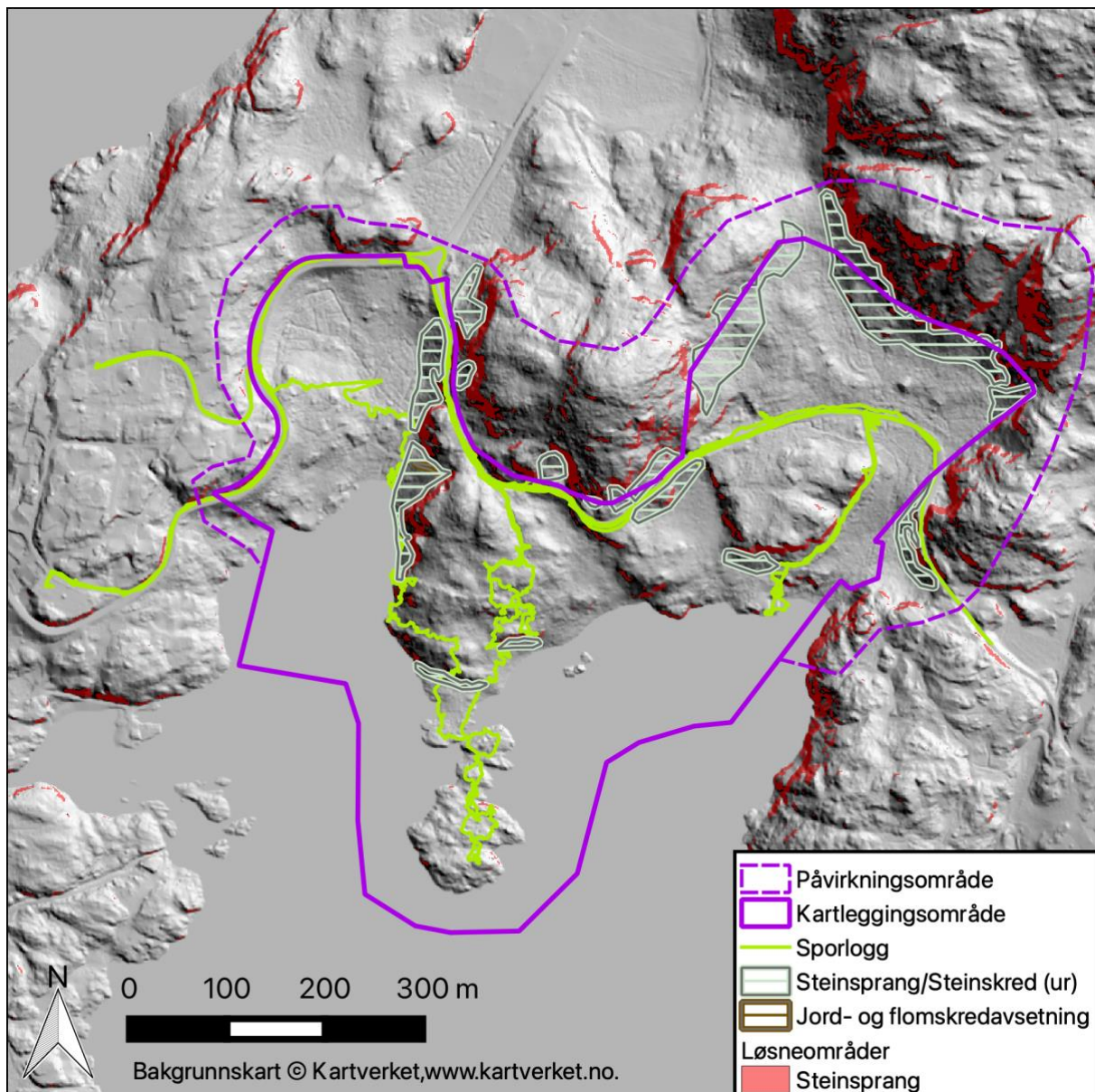
For øvrig kjenner ikke Skred AS til rapporter med relevans for området.

3.6 Aktsomhetsområder

Store deler av kartleggingsområdet er omfattet av NVEs aktsomhetssoner for snøskred (NVE, 2021). Enkelte skrenter langs Sakseidbeitelen og ved knausene i nordøst er også omfattet av NVEs aktsomhetssoner for steinsprang. Aktsomhetskartet for jord- og flomskred har ingen soner innenfor kartleggingsområdet.

3.7 Eksisterende skredsikringstiltak

Ingen sikringstiltak er registrert i tilknytning til området i NVEs skredatabase (NVE, 2021). Ved gnr/bnr 5/8 øst i området er det anlagt en mindre rasvoll mellom en hytte og en skrent.



Figur 6: Kart over det vurderte området og registreringer gjort i kart.

4 Vurdering av skredfare

4.1 Snøskred

Det foreligger ingen registrerte snøskredhendelser i hele Bømlo kommune (NVE, 2021). Det finnes imidlertid enkelte partier i skråningene som har egnet terrenghelning for å få utløst snøskred (mellom ca. 30-50°). Disse har ikke spesielt tett skog, og stedvis begrenset ruhet. Rent terrengmessig kan det ikke utelukkes at disse partiene kan utgjøre løснеområder for snøskred.

Interpolerte klimadata fra senorge.no (NVE, 2021) viser at årsnormalen for nedbør (1971-2000) var på 2-3000 mm/året, mens årsmiddeltemperaturen var 6-8 °C. Ettersom store deler av vinternedbøren i området kommer som regn og ikke snø, er det ikke gjort videre analyser av ekstremnedbør, men i stedet er det sett på målinger av snødybder.

Målestasjonen Straumøy som ligger i Sveio kommune om lag 15 km lenger sørøst har døgnmålinger for snødybde (Meteorologisk institutt, 2021). Siden måleseriens start i 1990 har maksimal snødybde vært under 25 cm alle år med unntak av to. I 2001 og i 2010 lå det i perioder mer snø enn dette, med henholdsvis 65 cm og 52 cm som største målte snødybder. Vinteren 2010 lå det over 25 cm snø i 81 dager i strekk, mens i 2001 var snødekket større enn 25 cm i 9 dager. Målestasjonen Fana – Stend (Bergen kommune) om lag 60 km lenger nord har snødybdedata tilbake til 1957 (Meteorologisk institutt, 2021). Disse dataene viser at værhendelser med mye snø forekommer, men som regel er kortvarige, med begrenset mulighet for oppbygging av svake lag i snødekket. Denne trenden antas å også være gjeldende i det kartlagte området, hvor det trolig er enda mindre snørikt som følge av nærhet til kysten.

Snøfall på bar mark vil sjeldent bidra til å utløse snøskred av betydning når det ikke finnes et eksisterende snødekke. Ruhet i grunnen vil bidra til å holde snødekket på plass, og det vil i de aller fleste tilfeller ikke rekke å utvikle seg noen svake lag i snødekket før det smelter bort. Det forventes kun mulighet for mindre løssnøutrasninger, tilsvarende størrelse 1 (NVE, 2021). Slike vurderes å ikke ha noe betydelig skadepotensiale mot bygg eller personer, og omfattes ikke av TEK 17 § 7-3.

Vi vurderer at den årlige nominelle sannsynligheten for snøskred med skadepotensiale er mindre enn 1/5000 for hele kartleggingsområdet. Skogen er ikke av vesentlig betydning for vurderingen.

4.2 Sørpeskred

Det finnes ingen kjente sørpeskredhendelser på Bømlo i NVE Atlas (NVE, 2021). Området har som omtalt i vurderingen av snøskred lave snødybder gjennom vinteren. Det er heller ingen forsenkninger eller bekkeløp i området som er egnet for oppsamling av vann i snødekket. Sørpeskred vurderes derfor ikke som en aktuell skredprosess i området.

4.3 Løsmasseskred

Det er ingen markerte forsenkninger eller bekkeløp med bratt terreng ($> 15^\circ$) i området med potensiale for utløsning eller utløp av flomskred. Flomskred vurderes derfor ikke som en aktuell skredprosess i området.

Det er få deler av området som er egnet for utløsning av jordskred, med løsmasser i terreng brattere enn 20° , men det finnes stedvis et tynt dekke med morene og/eller forvittringsmasser i brattere skrånninger. I stor grad vil slike masser være relativt blokkrik og forholdsvis stabil, men enkelte steder forventes også noe mer finstoff, spesielt i forvittringsmassene.

Det er observert et mindre jordskred i en skrånning øst for Hetlevika, som har gått ned i øvre delen av en antatt steinsprangur. Ut over dette er det ikke observert spor etter jordskred i området, men eldre spor etter små skred vil trolig ikke være godt synlige.

På grunn av begrensede mengder løsmasser tilgjengelig og i tillegg begrenset drenering i de fleste brattere partier, vurderer vi at jordskred forekommer ganske sjeldent. Jordskred som utløses forventes å være små, omtrent på størrelsen med skredet vist i Figur 5. Slike skred vil dermed ikke utgjøre noen reell fare mot bygg eller personer og omfattes dermed ikke av TEK 17 § 7-3.

Vi vurderer at den årlige nominelle sannsynligheten for både jordskred og flomskred med skadepotensiale er mindre enn $1/5000$ for hele kartleggingsområdet. Skogen i området ansees ikke å være av betydning for vurderingen.

4.4 Skred i fast fjell

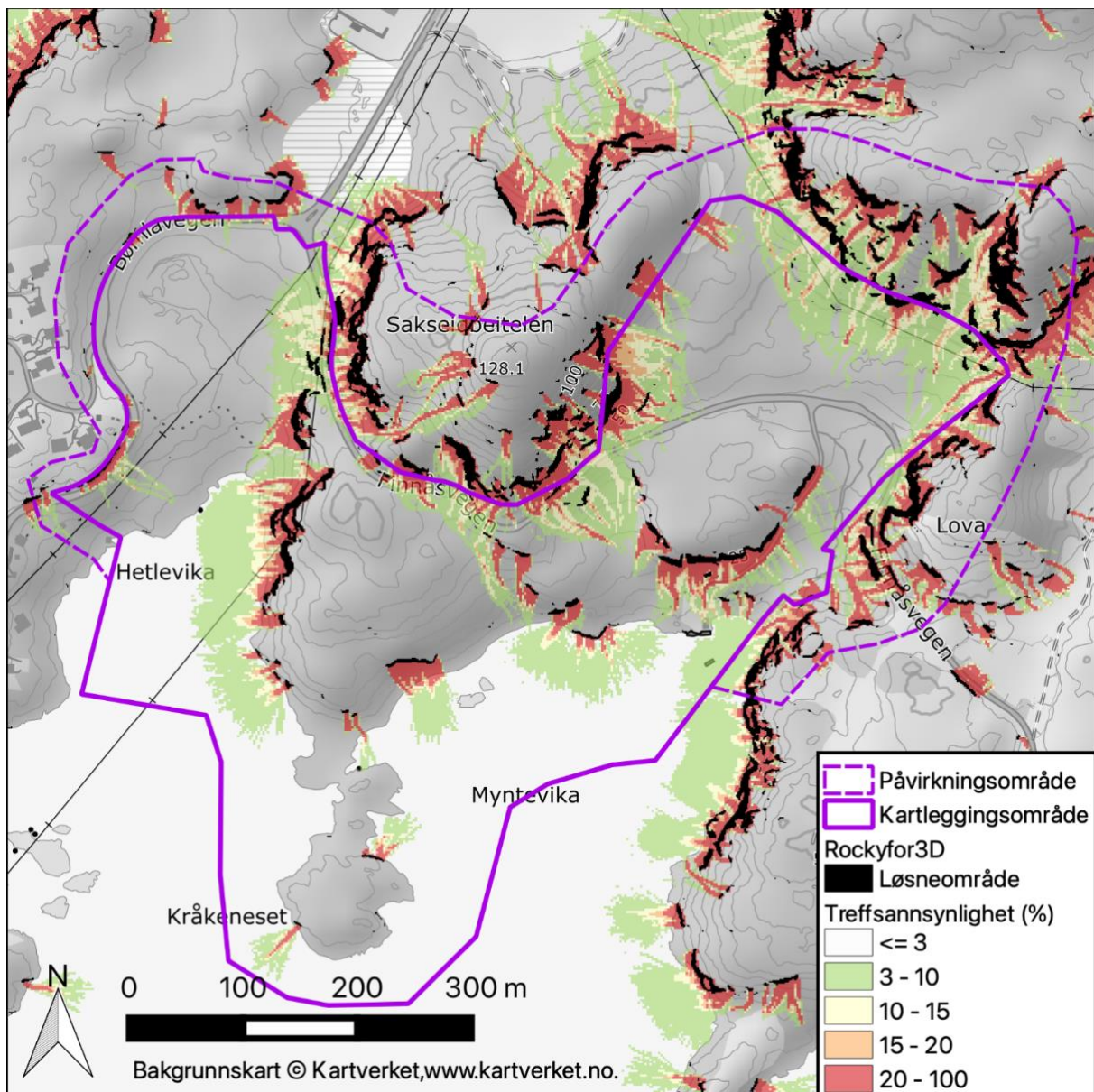
Det finnes en rekke skrenter i, og over, området hvor det er mulig å få utløst steinsprang. Som beskrevet er berget oppsprukket og det er observert en rekke avgrensede blokker som kan løsne. Urene som ligger under de mest markerte skrentene tyder også på tidligere steinsprangaktivitet, og stedvis fremstår det som at steinsprang går relativt hyppig. I hovedsak forventes små steinsprang å forekomme ofte, mens større utrasinger ($> 1 \text{ m}^3$) vurderes å være sjeldne.

De nevnte urene antyder i stor grad tidligere utløp av steinsprang. Det forventes i liten grad at urene har vært endret av menneskelig aktivitet, foruten langs Finnåsvegen. Noe av urene er trolig fjernet i forbindelse med vegbygging og det kan også være lagt ut masser i nedkant som fyllinger, stedvis trolig over eksisterende urmasser. Deler av urene markert på registreringskartet kan til dels bestå av lokale forvittringsmasser, i tillegg til steinsprangblokker. Det er dermed ikke gitt at fremtidige steinsprang vil gå alle steder det er markert ur.

For å beregne mulig utbredelse og bevegelsesmønster for steinsprang fra løsneområdene over planområdet er programvaren Rockyfor3D (Dorren, 2015) tatt i bruk. Det ble benyttet en terrengmodell med horisontal oppløsning på $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. Kildeområdene er definert automatisk som alle områder brattere enn $52,4^\circ$, og det ble simulert 50 steinsprang fra hver celle. Ruhetsparameterne er definert automatisk på grunnlag av terrenghelningen i utløpet. I

en ny FoU rapport fra 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 utløsnings 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 (gitt 100 simuleringer), dvs. lengst utløp, vurderes som statistiske uteliggere og bør filtreres bort (Dorren, 2015). Områder med mindre enn 3% treffsannsynlighet er derfor filtrert bort.

Modellen ble kjørt med rektangulære blokker på 1 m³, og viser at de fleste blokkene vil stanse nær opptil skrentene og når terrenget flater ut. Dette stemmer bra med observasjoner under befaringen. Enkelte blokker vil ha lenger utløp, men dette vurderes ikke nødvendigvis som representativt og kan forklares med at de automatiske friksjonsparametrene erfaringsmessig er lave.



Figur 7: Kart som viser utløpsmodellering av steinsprang i Rockyfor3D.

I vurderingen av skredfare er det lagt vekt på observasjoner fra felt/drone, erfaringsmessige vurderinger av utløp, samt modelleringer i Rockyfor3D. Vi vurderer at den årlige nominelle sannsynligheten for steinsprang er større enn 1/100, 1/1000 og 1/5000 fra flere av de mest markerte skrentene hvor som også er tydeligst oppsprukket. I øvrige skrenter er skredfaren vurdert å være mindre enn 1/100, men større enn 1/1000 og 1/5000. Steinsprang fra skrenter lavere enn 2-3 m med liten grad av oppsprekking er vurdert å i liten grad utgjøre fare mot mennesker eller bygg, og det er ikke tegnet faresoner for steinsprang for slike skrenter.

Skogen i området har trolig begrenset påvirkning på både utløsning og utløp av steinsprang og er vurdert å ikke ha betydning for faresonene.

4.5 Faresoner for skred

Det er kun steinsprang som utgjør en reel skredfare i kartleggingsområdet, og faren for dette vurderes i en rekke skrenter å være større enn 1/1000 og 1/5000, samt større enn 1/100 i de høyeste, mest markerte skrentene. Faren for snøskred, sørpeskred, jordskred og flomskred vurderes å være mindre enn 1/5000.

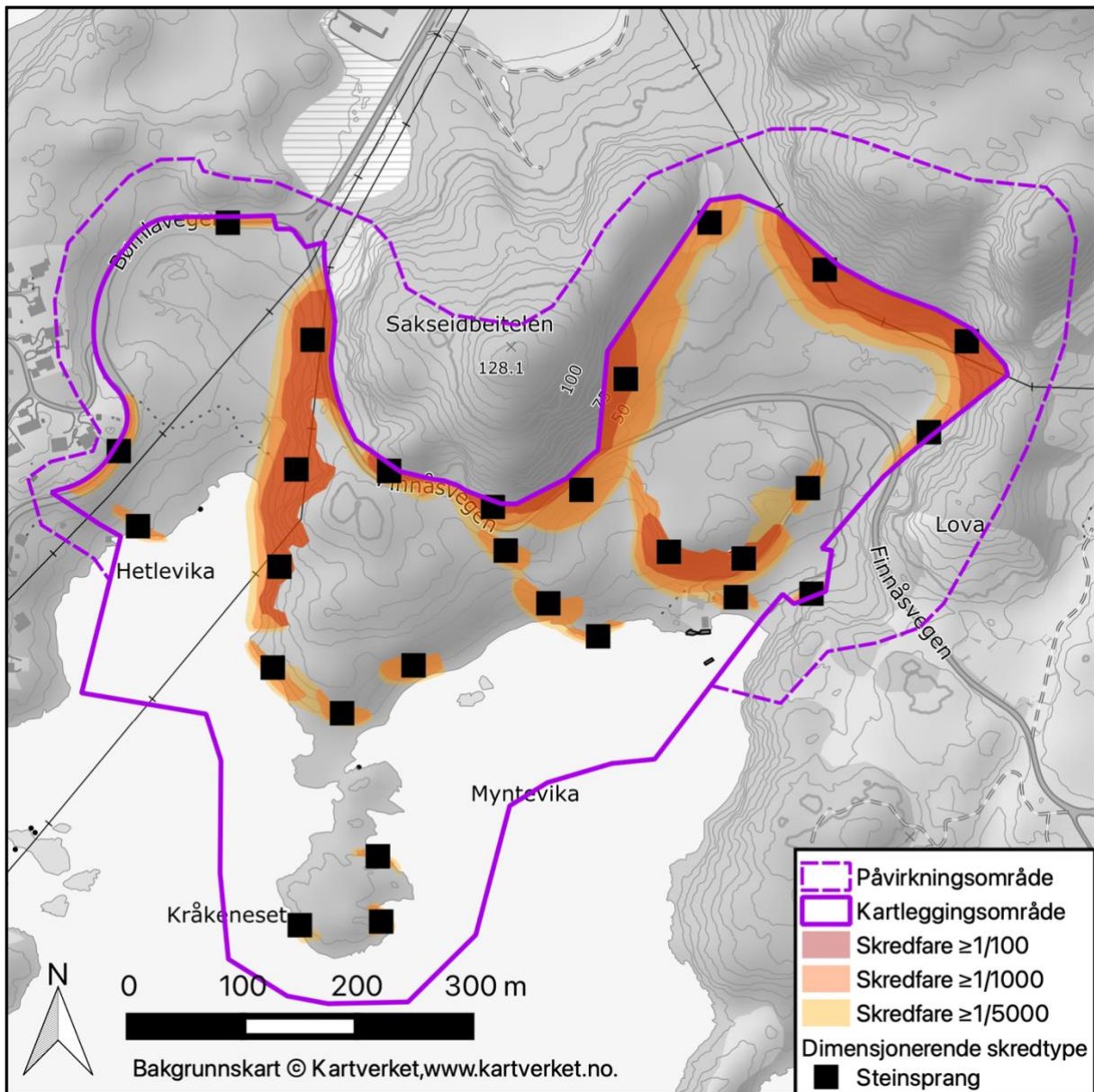
4.6 Forutsetninger for faresonene

Skogen i området er ikke av vesentlig betydning for faresonenes utbredelse. Skogen er dermed ikke en forutsetning for faresonene i området.

4.7 Mulighet for å redusere faresonene

Dersom man ønsker å redusere faresonene i det vurderte området, kan det utføres skredsikringstiltak. I de fleste skrentene vil tiltak som rensk og boltesikring av potensielt løse blokker være mest aktuelt. I tillegg vil det kunne være behov for bruk av steinsprangnett og wirenett i enkelte områder hvor berget er kraftig oppspruket og det ikke er hensiktsmessig å fjerne enkeltblokker. Nedsprenging/bruk av luftputer vil også kunne være en mulig løsning for enkelte større avløste partier. Tilkomsten med lift vil være mulig enkelte steder, mens rensk og boltesikring andre steder må utføres av klatrelag i sele. Alle sikringstiltak må detaljprosjekteres av geolog.

Sikringstiltak som fanggjerd eller fangvoller er også mulige, men trolig mindre aktuelle på grunn av terrengforhold og/eller kostnader.



Figur 8: Faresoner for skred med årlig sannsynlighet $\geq 1/100$, $1/1000$ og $1/5000$.

5 Vurdering av individuell risiko langs gangsti

5.1 Akseptkriterier

For gangstier og lignende tiltak med sporadisk personopphold finnes det ikke noe lover, forskrifter eller veiledninger som angir hvilke akseptkriterier som er gjeldende for skredfare.

For slike tiltak fremstår det fornuftig å legge til grunn krav til individuell risiko, ifølge Stortingsmelding 15/2012 definert som «sannsynligheten for at et individ mister livet som følge av faren i løpet av ett år» (Olje- og energidepartementet, 2012). For jernbanenettet og offshorevirksomheter i Norge er kravet at høyeste individuelle risiko ikke skal være høyere enn 1/10 000. Det fremstår basert på stortingsmeldingen også som at det er dette akseptkriteriet som ligger til grunn for kravene til sikkerhet mot skred i TEK 17 § 7-3 (Direktoratet for Byggkvalitet, 2022). Akseptkriteriet fra Stortingsmelding 15/2012 på 1/10 000 er trukket frem som et felles akseptkriteriene i forbindelse med prosjektet Naturfare, infrastruktur, flom og skred (NIFS), da NGI i 2014 gjorde en sammenligning av risikoakseptkriteriene til NVE, Jernbaneverket (Bane NOR) og Statens vegvesen (NGI, 2014). Sammenligningen viste relativt god sammenheng mellom NVE sitt S2 krav (1/1000), Bane NOR sitt risikoakseptkriterie på 1/10 000 og sikkerhetskrav for skredsannsynlighet på veg i håndbok N200 (Statens vegvesen, 2022). Vi mener derfor at krav om høyeste individuelle risiko på 1/10 000 (0,0001) er et fornuftig akseptkriterium med tanke på skredfare også langs gangstier og lignende tiltak med sporadisk personopphold.

5.2 Metode

Metoden *Probability of Death to an Individual* (PDI) ofte benyttet for å beregne individuell risiko. I forbindelse med prosjektet NIFS, gjorde NGI i 2014 en sammenligning av risikoakseptkriteriene til NVE, Jernbaneverket (Bane NOR) og Statens vegvesen (NGI, 2014). Der ble følgende formel benyttet for å beregne individuell risiko knyttet til biltrafikk på veg:

$$S = \frac{N_d \times (L + l) \times f}{24 \times 1000 \times v}$$

Formelen beskriver sannsynlighet for at et skred treffer et kjøretøy, hvor:

- N_d = antall biler per døgn (=ÅDT)
- L = dimensjonerende bredde i meter, bil eller skred, avhengig av hvilken som er størst.
- l = stopplengde for bilen gitt hastigheten v . Skal kun medregnes for skred som foregår over flere sekunder.
- f = antall skred per år
- v = kjørehastigheten i km/t

Selv om metoden er tilpasset kjøretøy langs vei, vil samme prinsipp gjelde for gående.

Formelen inneholder ingen korrigerende faktor for antall omkommende per treff av bil fra skred, altså sårbarheten til et individ som blir truffet av et skred. Denne problemstillingen belyses av Glade (2004), som foreslår sårbarhetsverdier for ulike situasjoner der et individ rammes

av et skred. Verdi for sårbarhet uttrykker sannsynligheten for dødsfall for et individ som rammes av skred og avhenger av faktorer som skredtype/-størrelse og om et individ oppholder seg inne i åpent landskap, et kjøretøy eller en bygning.

5.3 Beregning av individuell risiko

For strekningen på østsiden av Hetlevika planlegges det en gangvei i skredutsatt terreng. Den delen av gangveien som går gjennom skredutsatt terreng er om lag 250 m lang, og her er det steinsprang som er aktuell skredtype.

Vi benytter nevnte formel med følgende tilpassinger og inngangstall:

- N_d = Antall passeringer per døgn er satt til 15 basert på innspill fra oppdragsgiver.
- L = Dimensjonerende bredde vil i dette tilfellet være for skred. Det antas en gjennomsnittlig skredbredde på 5 m for steinsprang som kan ramme gangveien.
- l = Stopplengde på personer som oppdager et skred antas å være 0 m.
- f = Antall skred per år er grovt beregnet basert på faresonene for området. Skredfare som ligger til grunn i TEK 17 gjelder for en tomtebredde, eventuelt 30 meters parseller. Skredfare for hele strekningen blir dermed summen av skredfaren langs alle 30-meters parsellene langs strekningen. Det er drøyt 120 m av vegen hvor skredfaren vurderes å være større enn 1/100 for hver 30-meters parsell, og så er det i tillegg deler av strekningen som har større skredfare enn 1/1000 og 1/5000. Samlet skredfare langs strekningen estimeres å være omtrent 1/20 per år, altså 0,05 per år.
- v = ganghastighet anslås å ligge rundt 3 km/t. Dette tar høyde for at det vil være en del som holder høyere hastighet, men at det også vil være sporadisk stopp langs strekningen.

I tillegg må det korrigeres for at enhetsstrekningen er ca. 250 m lang, mens det i formelen fra NGI (2014) tas utgangspunkt i en 1000 m lang strekning. For å korrigere for dette reduseres hastigheten med en faktor på 4 som gir $v = 0,75$ km/t. Beregningen blir da:

$$S = \frac{N_d \times (L + l) \times f}{24 \times 1000 \times v} = \frac{15 \times (5 + 0) \times 0,05}{24 \times 1000 \times 0,75} = \frac{3,75}{18000} \approx 0,0002 = 2/10\ 000$$

Dette angir altså individuell risiko for treff av skred, men ikke for død. For personer som blir truffet av mindre steinsprang fra relativt lave skråninger antas sårbarhetsverdien å ligge i størrelsesorden 0,1-0,3 (Glade, 2004), altså at dette i 10-30% av tilfellene vil føre til død. Individuell risiko for død blir dermed i størrelsesorden 2/100 000 til 6/100 000 ($2-6 \times 10^{-5}$). Dette er altså lavere risiko for død som følge av skred enn 1/10 000. Vi anser dermed skredfaren langs den planlagte gangveien for å være akseptabel for gående. Merk imidlertid at vurderingen legger opp til at det ikke etableres naturlige stoppesteder i områdene som er vurdert som skredutsatt. Normal praksis fra samferdsel og flere turstier er at de skredutsatte partiene merkes med skilt, for å varsle forbrukeren om restrisiko.

5.4 Anbefalte tiltak

Ettersom vurdert skredfare er akseptabel anbefaler vi i utgangspunktet ikke at det trengs å sikres langs gangveien med tanke på permanent situasjon.

Det påpekes imidlertid at det sannsynligvis vil være større personopphold langs gangveien i anleggsfasen, og at det i den forbindelse trolig vil være fornuftig å gjøre noe skredsikring. Det vil trolig være aktuelt å renske tydelig løse blokker, samt eventuelt å boltesikre labile blokker i overkant av fremtidig gangvei. Det anbefales også at det etableres en mindre grøft inn mot skråningen som kan fange opp mindre steinsprang og annen masse fra skråningen.

6 Konklusjon

Det skal utarbeides en detaljreguleringsplan i forbindelse med kysthytter og småbåthavn på GBnr. 5/72 i Bømlø kommune for å legge til rette for friluftsliv og båtplasser. Deler av området ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for snøskred og for steinsprang. Det er derfor utført en detaljert skredfareutredning for planområdet. Ulike deler av planområdet skal tilfredsstillende krav til sikkerhet mot skred i sikkerhetsklasse S1, S2 og S3, med største årlige nominelle sannsynlighet for skred på hhv. 1/100, 1/1000 og 1/5000.

For planlagt gangsti er det gjort en vurdering av individuell risiko for død knyttet til skred. Konklusjonen av denne er at risikoen langs fremtidig gangsti er akseptabel. Det er likevel trolig nødvendig å gjøre noe sikring i form av rensk, bolting, nett og eventuelt etablering av grøft for å ivareta sikkerhet under anleggsarbeidene.

Det er gjort vurdering av alle skredtyper i bratt terreng, men det er bare steinsprang som vurderes å være aktuelt innenfor kartleggingsområdet. Arealene som er vurdert å være utsatt for steinsprang er merket av som faresoner. Skog er ikke vurdert å ha vesentlig betydning for faresonene. For å redusere skredfaren ansees det som mest aktuelt med rensk og boltesikring i aktuelle skrenter.

7 Bibliografi

- Brekke, H., Amalixsen, K. G., Færseth, R. B., Jorde, K., Naterstad, J., Nilsen, E., . . . Ree, R. (1993). *Berggrunnskart Bømlo 11142 1:50 000*.
- Direktoratet for Byggkvalitet. (2022, 01 13). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>
- Dorren, L. K. (2015). Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. *EcorisQ paper (www.ecorisq.org)*.
- Fell R, H. K. (2005). *A Framework for landslide risk assessment and management, Proceedings of the international conference on landslide risk management, Vancouver, Canada, 31 Mai – 3 jui 2005*.
- Glade, T. (2004). *Vulnerability Assessment in Landslide Risk Analysis*.
- Meteorologisk institutt. (2021). *Norsk Klimaservicesenter*. Hentet fra Seklima: <https://seklima.met.no>
- Multiconsult. (2008). *Havlandet, Bømlo - Ingeniørgeologiske vurderinger*.
- NGI. (2003). *Road traffic and avalanches – methods for risk evaluation and risk management. NGI rapportnr. 20001289-4*.
- NGI. (2014). *Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom. Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS). Rapportnr. 20130800-01-R*.
- NIBIO. (2021). *Kilden*. Hentet fra kilden.nibio.no
- NVE. (2021). *NVE Atlas*. Hentet fra atlas.nve.no
- NVE. (2021). *Se Norge*. Hentet fra <http://www.senorge.no/index.html?p=klima>
- NVE. (2021). *Snøskredskolen*. Hentet fra [Varsom.no: https://www.varsom.no/snoskredskolen/snoskredvarselet-forklaring/snoskredstorrelser/?ref=mainmenu](https://www.varsom.no/snoskredskolen/snoskredvarselet-forklaring/snoskredstorrelser/?ref=mainmenu)
- Olje- og energidepartementet. (2012). *Hvordan leve med farene- om flom og skred. Stortingsmelding 15 (2011-2012)*.
- Statens kartverk, Geovekst og kommunene. (2021). *Norge i bilder*. Hentet fra norgebilder.no
- Statens vegvesen. (2022, 01 13). *N200 Vegbygging*. Hentet fra 1.1.8 Sikkerhet mot skred: <https://svv-cm-sv-apppublic-prod.azurewebsites.net/product/859924/nb#id-87748275-9008-4d20-b949-40620e40e8cc>
- Thoresen, M. L. (1995). *HORDALAND fylke, kvartærgeologisk kart M 1:250.000*.