



RAPPORT

Bryggjeslottet, Mo i Modalen

SKREDFAREVURDERING MED FORSLAG TIL
SIKRINGSTILTAK

DOK.NR. 20210428-01-R
REV.NR. 0 / 2021-09-22

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjektittel: Bryggjeslottet, Mo i Modalen
Dokumentittel: Skredfarevurdering med forslag til sikringstiltak
Dokumentnr.: 20210428-01-R
Dato: 2021-09-22
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Modalen Kommune
Kontaktperson: Tone Selmer Skuggevik
Kontraktreferanse: Oppfølging i etterkant av akuttvurdering

for NGI

Prosjektleder: Katrine Mo
Utarbeidet av: Katrine Mo og Ulrik Domaas
Kontrollert av: Vidar Kveldsvik

Forord

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17, kap 7.3) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikke, må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot skredfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene. Denne rapporten fokuserer på å forbedre sikkerhet til eksisterende bygg etter skredhendelse. Rapporten gir dimensjonerende krefter på sikringstiltak, og defineres som en forprosjektering. Det er også gjennomført en kartlegging av aktsomhetssoner for skred i bratt terreng etter TEK 17.

Dimensjonerende skredtype i området er steinsprang.

Sammendrag

Skredfarevurdering og forslag til sikringstiltak for Bryggjeslottet, er utarbeidet i etterkant av steinspranghendelse den 28.05.2021. Steinspranghendelsen førte til flere treff av flogstein på byggets tak, samt en god del steinsplinter spredt utover uteareal til bygget.

Vurderingen baserer seg på befaring, gjennomgang av historiske hendelser og eksisterende kartdata. I tillegg er det gjennomført modellering av steinsprang og flogstein i programvaren Rocfall, samt steinsprang i RAMMS Rocfall.

På bakgrunn av dette anbefales det å utvide dagens sikringsvoll mot nordøst og sørvest, samt øke sikringshøyden på vollen ved å plassere et fanggjerd over. Det anbefales å gjennomføre en oppdatert faresonerer etter at sikringstiltaket er gjennomført. Om sannsynligheten fortsatt er for høy, kan det vurderes permanent forsterkning av tak/-vegger på bygget som sikring for flogstein.

Om oppdraget

Oppdragsgiver:	Modalen kommune
Utførende foretak:	NGI
Skredfareutredning for:	Område spesifisert i kartutsnitt
Følgende tiltak og sikkerhets- klasse(r) er planlagt på eiendommen/planområdet:	S2
Befaring gjennomført, eventuelt hvorfor ikke:	Ja
Befaring gjennomført av og når:	Ulrik Domaas og Vidar Kveldsvik, 18. juni 2021

Innhold

1	Innledning	8
1.1	Forbehold	8
2	Områdebeskrivelse	9
2.1	Bryggjeslottet	9
2.2	Topografi og geologi	10
2.3	Vegetasjon	12
3	Skredhendelse 28.05.2021	13
4	Midlertidig sikring av Bryggjeslottet, Mo sentrum	18
4.1	Midlertidig løsning	18
4.2	Generelt	19
5	Grunnlag for valg av entreprenør.	19
6	Oppsummering	19
6.1	Beslutninger tatt i diskusjon med kommunen	20
7	Grunnlagsmateriale	20
7.1	Digitale terrengmodeller (DTM)	20
7.2	Historiske skredhendelser	20
7.3	Eksisterende sikringstiltak	21
7.4	Bruk av modeller	21
8	Skredfareutredning per skredtype	22
8.1	Steinsprang	22
8.2	Steinskred	29
8.3	Snøskred	29
8.4	Jordskred	30
8.5	Flomskred	30
8.6	Sørpeskred	30
8.7	Hva er den samlede skredfaren?	30
8.8	Avvik fra tidligere skredfareutredninger	31
9	Anbefalte sikringstiltak	31
10	Grunnundersøkelser	33
11	Referanser	33

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har på oppdrag fra Modalen kommune vurdert skredfare og faresoner og utarbeidet forprosjektering av sikringsløsninger for området ved Bryggjeslottet (Figur 2-1). Området ligger i sentrum av Mo sør for Moelva, ved foten av Husafjellet.

Bakgrunnen for henvendelsen er et steinsprang som skjedde 28.05.2021, som traff deler av Bryggjeslottet. Hendelsen er forklart i detalj i Kapittel 3.

I forbindelse med ønske om tidlig bruk av lokalene i Bryggjeslottet hadde NGI møte med kommunen 23.06.2021 for å diskutere nødvendige tiltak for midlertidig bruk av bygget. Kapittelet 4 omhandler midlertidige tiltak og er sendt som brev til kommunen fra NGI den 24.06.2021.

Som bakgrunn for vurderingene er det gjennomført befaring, simuleringer av steinsprang, samt studie av detaljert terrengmodell, nye og historiske flyfoto, tidligere rapporter og historiske hendelser. Befaring ble utført 18.06.2021 av Vidar Kveldsvik og Ulrik Domaas, begge NGI. Fra Modalen kommune deltok og tilretteviste Njål Bolstad Eidsnes og Kjell Langeland. Christer Tollefsen Aas ga informasjon om steinspranget 28.05.2021 og om et tidligere steinsprang mot bygget. For å orientere noen aktuelle entreprenører for utførelse av sikringsarbeider, og for å få faglige innspill til NGIs arbeid, ble fire entreprenører orientert om befaringsen på forhånd, hvorav tre deltok mot slutten av befaringsen:

- Gjerden fjellsikring (deltok)
- Sartor Maskin fjellsikring (deltok)
- Wimo Fjellsikring (deltok)
- Fjerby fjellsikring (deltok ikke)

Sikringstiltak med fangvoll og fanggjerde, samt rensk og bolting i fjellsiden ble diskutert, men endelig løsning var ikke avklart på befaringstidspunktet.

I tillegg til observasjoner under befaringsen har NGI mottatt video av fjellsiden opptatt med drone. Hvor videoopptak skulle skje ble avtalt med droneoperatøren på stedet under befaringsen.

1.1 Forbehold

Vurderingen er gjort på bakgrunn av dagens terreng- og vegetasjonsforhold. Klimaendringer og menneskelige inngrep i terreng og vegetasjon i det tilgrensende området til planområdet, for eksempel etablering av skogsveg, snauhogst og skogplanting, kan endre forutsetningene for vurderingene. Dette gjelder særlig i områder brattere enn 30°.

Metodikken for å bestemme skredfaresoner omfatter til dels kvalitative vurderinger i tillegg til kvantitative beregningsmetoder og kan generelt ikke oppfattes som endelige, men kan bli endret i lys av nye opplysninger og kunnskap.

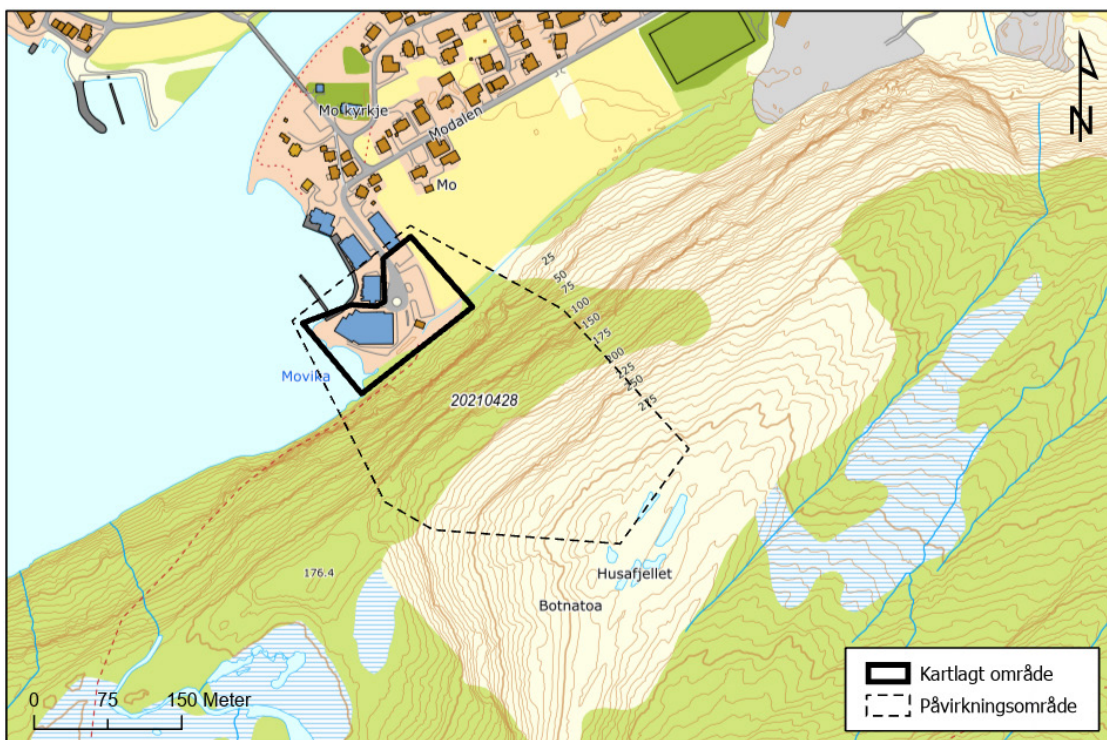
2 Områdebeskrivelse

2.1 Bryggjeslottet

Bryggjeslottet er et kommunalt bygg med mange funksjoner, som treningssenter, bowlinghall, bibliotek, svømmehall og basketbane. Bygget er en viktig del av kommunens kulturtilbud, og det er arbeidsplasser knyttet til bygget.

Bygget ligger i sørøstlig del av Mo sentrum, med fjorden på vestlig side. Sør for bygget er det noen meter ubebygde flate arealer, før terrenget går bratt opp mot Husafjellet.

Kartlagt område inkluderer Bryggjeslottet med parkeringsplasser og el-ladestasjon. Påvirkningsområdet strekker seg fra fjorden og opp til toppen av Husafjellet (Figur 2-1). Oversiktsfoto er vist i Figur 2-2.



Figur 2-1 Oversikt over kartleggingsområdet (Bryggjeslottet med tilhørende utearealer) med påvirkningsområde.



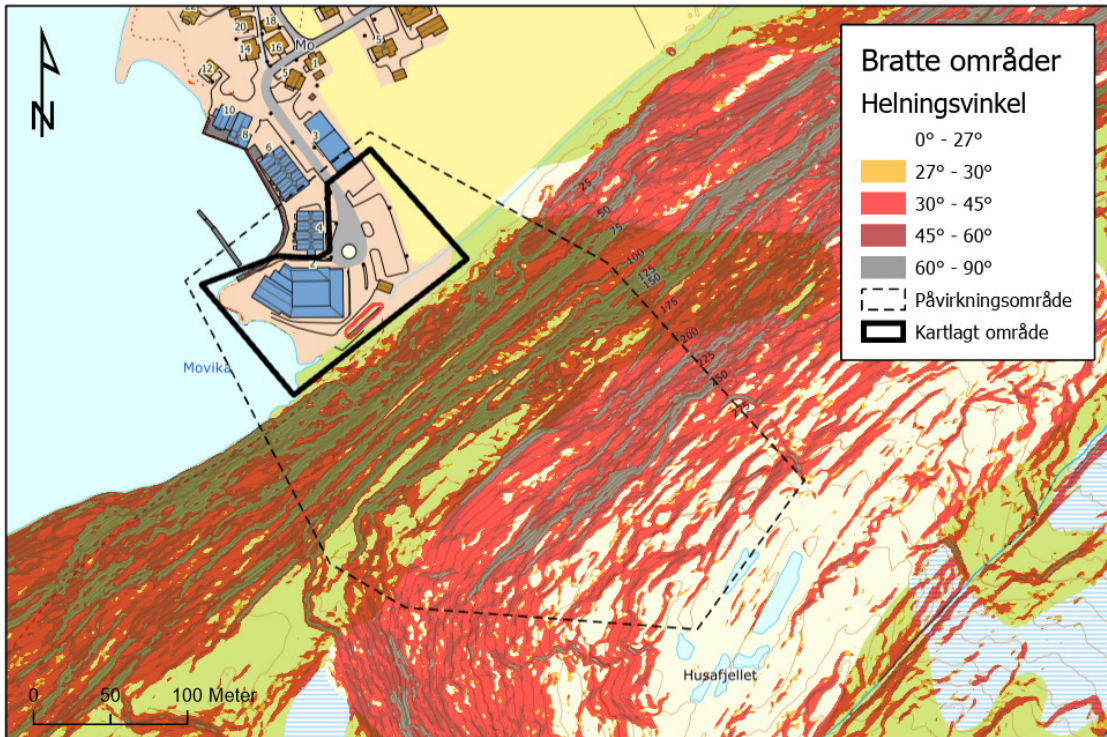
Figur 2-2: Oversiktsfoto fra brygga. Bryggjeslottet (hvitt) ses lengst mot høyre og løснеområder for steinsprang er synlige som lyse partier i fjellsiden.

2.2 Topografi og geologi

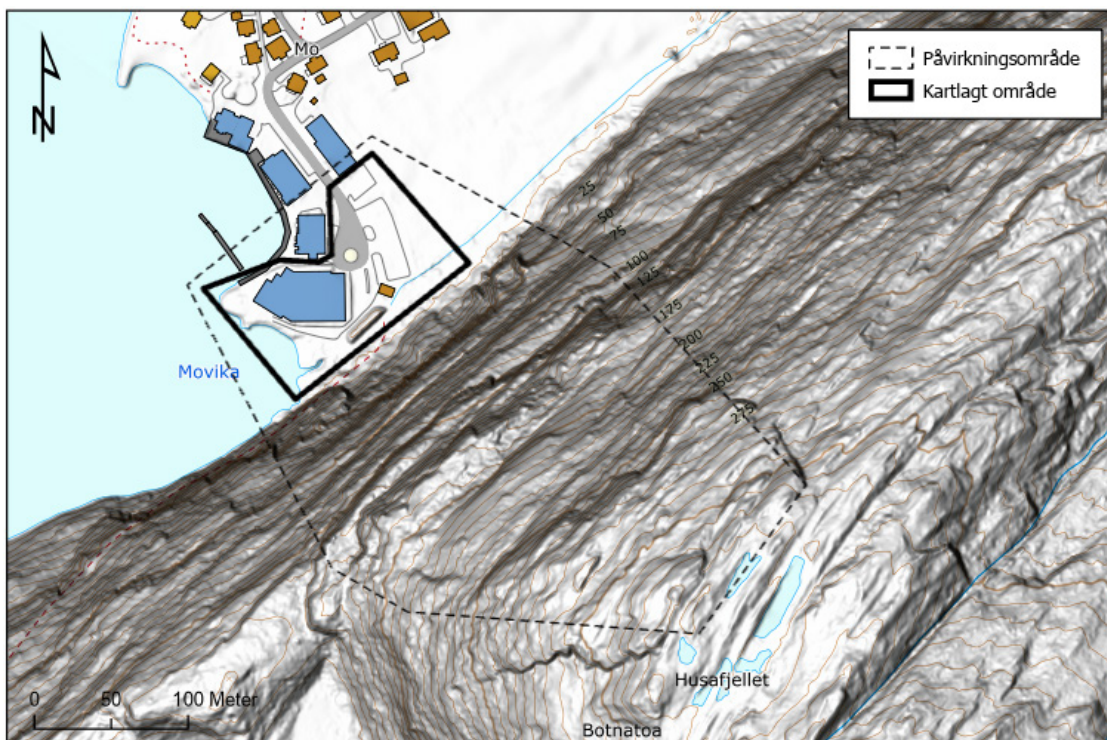
Figur 2-3 viser terrenghellingskart for det vurderte området med tilhørende påvirkningsområde. Det er relativt store arealer med brattere helningsvinkel enn 45° . Disse bratte skrentene er brutt opp av flere hylleformasjoner med slakere terreng. Hylleformasjonene i fjellet er også tydelige på skyggerelieffkart (Figur 2-4). Over ca. 300 moh. flater terrenget ut. I bunnen av dalen er overgangen mellom dalbunnen og den bratte fjellsiden brå, og terrenget går raskt over i flatt terreng.

Berggrunnskart fra NGU (ngu.no) viser at fjellsiden over Bryggjeslottet består av "monzogranittisk til granodiorittisk gneis, fin- til middelskornet, grå, stedvis båndet, stedvis kvartsrik gneis og kvartsitt, gjennomvannet av granittiske ganger og stedvis av granitt omdannet til øyegneis". De siste årene har NGI observert at flogsteinproblematikk ofte er knyttet til denne type bergart (granittisk gneis).

Løsmassedekket i området er kartlagt av NGU (ngu.no) som elve- og bekkeavsetning i bunnen av dalen. I fjellsiden over Bryggjeslottet er det bart fjell.



Figur 2-3. Helningskart basert på 1m terrengmodell.



Figur 2-4. Skyggerelieffkart over området.

2.3 Vegetasjon

Det er tynn bjørkeskog på toppen av hylleformasjonene i fjellsiden. Store deler av fjellsiden er for bratt til vegetasjon. Vegetasjonen er såpass tynn at den ikke har nevneverdig bremsende effekt på blokker, men den kan potensielt føre til ustabilitet av blokker ved rotsprengning. Flybilder viser lite endring i fjellsiden fra 1964 (Figur 2-6) og 2013 (Figur 2-5).



Figur 2-5. Flybilde fra 2013.



Figur 2-6. Flybilde fra 1964.

3 Skredhendelse 28.05.2021

Hendelsen 28.05.2021 skjedde ca. klokken 20:30. Steinspranget løsnet ca. ved kote 125. Utfallsvolumet ble i akuttvurdering anslått til noen 10 talls kubikkmeter. Under befarings ble det kun observert blokker opp til 1-2 kubikkmeter. Blokken/blokkene har knust i mindre blokker på vei ned fjellsiden, og ført til en stor mengde flogstein/steinsplinter som har spredt seg utover uteområdet/parkering. Noen har også truffet Bryggjeslottet. Viktige punkter, som observerte utløp, er markert i Figur 3-1 med forklaring i Tabell 3-1. Bilder med beskrivelser fra hendelsen er gjengitt nedenfor (Figur 3-2 til Figur 3-8).



Figur 3-1. Observasjonspunkter (Placemarks) fra befaringsen.

Tabell 3-1. Noen observasjoner fra befaringen.

Placemark 2	Ytterste blokk på sørsiden av bygget, ca. 10 kg.
Placemark 3	K. Tollefsen Aas. Steinblokk på tak ved bibliotek ved tidligere hendelse. Skadet kun taket.
Placemark 4	Mindre blokk landet på plass nært bygg. Plasseringen er omtrentlig, basert på informasjon fra person på stedet: blokken var fjernet før befaringen.
Placemark 5	Steinflis, ytterst på parkeringsplassen.
Placemark 6	Steinflis lengre ut enn ladestasjon.
Placemark 7	Større blokk, anslagsvis 2 m ³ . Ingen observerbar skade på vallsiden. Fangvollen er estimert til 3-3,5 m høyde.
Placemark 8	Ura er lite utviklet og flat, hvilket tyder på få utfall av større blokker. Blokkene som er størst er flate og helleformer, og de lengste er ca. 4-6 m lange.
Placemark 9	Vurdert vestlig ende av forlenget fangvoll med fanggjerde på toppen.
Placemark 11	Vurdert nordøstlig ende av forlenget fangvoll med fanggjerde på toppen.



Figur 3-2. Løsneområde for steinspranget 28.05.2021, ca. 125 moh.



Figur 3-3. Steinsprut utover vei langs østsiden av bygget.



Figur 3-4. Stein som har truffet taket og knust skiferheller. Ingen steiner gikk igjennom taket.



Figur 3-5. En av de større blokkene (Anslått til ca. 30 kg). Mindre steinflis ligger spredt ut over hele det asfalterte området.



Figur 3-6. Fra foten av fjellsiden og opp mot løснеområdet for steinspranget 28.05.2021.



Figur 3-7. Mange små steinsplinter er spredt utover. Det er enkelte små skader på husvegg og to vinduer.



Figur 3-8. Det mest av større blokker ble fanget opp bak vollen.

4 Midlertidig sikring av Bryggjeslottet, Mo sentrum

I forbindelse med ønske om tidlig bruk av lokalene i Bryggjeslottet hadde NGI møte med kommunen 23.06.2021 for å diskutere nødvendige tiltak for midlertidig bruk av bygget. I dette kapittelet er brevet sendt kommunen 24.06.2021 gjengitt i sin helhet:

"I forbindelse med midlertidig sikring av Bryggjeslottet mot steinsprang/steinsprut er NGI bedt om å bistå kommunen i bestilling av sikringsarbeidet. I møte med kommunen er det foreslått sikring ved rensk, fangvoll m. fanggjerde, og forsterke taket på Bryggjeslottet. Sikringstiltakene vil være omfattende, og det er derfor foreslått midlertidig sikring ved rensk og bolting av løst berg i fjellsiden. Midlertidig sikringsløsning beskrives under. Rensk og bolting vil også forbedre sikkerheten for uteområdene/parkeringsplass og el-ladestasjon.

4.1 Midlertidig løsning

4.1.1 Rensk

- *Areal i fjellsiden med behov for rensk er inkludert i vedlegg, tegnet av NGI.*
- *Det anbefales å renske de løse blokkene med spett. Rensken starter øverst, mest av HMS-krav til sikkerhet for personopphold i fjellsiden.*
- *Sprengning frarådes ettersom det kan gi uønsket størrelse på utfall og kan bidra til mer løst berg.*
- *Entreprenør som utfører rensk samarbeider med NGI under arbeidets gang. Dette kan gjøres fortløpende med foto og mobilkontakt. Entreprenør dokumenterer kort områder som er rensket for løst berg.*
- *Det må forventes at steinsprut vil inntreffe og bygget bør være evakuert når rensk pågår. Tid for kortvarig opphold i bygget med stans i rensk avklares direkte mellom kommune og entreprenør.*
- *Taket på Bryggjeslottet bør dekkes under arbeidet med eksempelvis sprengingsmatter for å redusere skadepotensiale på bygg.*
- *Ansvarsforhold ved skade på bygg, uteområde og el-stasjon må avklares. Entreprenør sender kommunen sin ansvarsforsikring.*
- *Det er viktig at rensk utføres på en slik måte at området over og til sidene for løsneområdet ikke destabiliserer.*

4.1.2 Bolting

- *Ved behov for bolting av større løse blokker anbefales det fullt innstøpte kamstålbolter med plater. Bolting bør følge standard prosedyre for bolting, og gå min 1,5 m inn i fast berg. Disse boltene kan plasseres for å låse foten av de potensielt største rasvolumene. Endelig stilling til hvor boltene skal plasseres, tas av ingeniørgeolog sammen med den utførende etter at rensk og nettsikring er utført.*

4.2 Generelt

- *SJA-analyse utføres av entreprenør og loggføres.*
- *Regler for opphold innenfor avsperrt område avklares skriftlig.*
 - *HMS- kort fra Arbeidstilsynet*
 - *Bruk av hjelm og annet verneutstyr*
- *Publikum må holde seg utenfor avgrenset område.*
 - *Alternativt kan området avsperras med høyt anleggsgjerde for anleggsdrift*
- *Avsperrt område må skiltes. Krav til verneutstyr angis skriftlig og festes på gjerdet.*
- *Det bør evakueres et større område enn forventet nedslagsfelt under rensk av fjellsiden, av sikkerhetsmessige årsaker.*
- *Observasjoner fra entreprenør under rensk mht blokkstørrelser, utløpslengde mm. kan brukes for justering av de permanente sikringsløsningene, enkel dokumentasjon m. bilder ønskes sendt til kommunen og NGI (Katrine.Mo@ngi.no).*
- *Arbeidet bør følge beskrivelser som i håndbok V225 SVV Bergskjæring.*
- *Kombinasjonsbolter med endeforankring kan benyttes midlertidig, og gyses i ettertid for permanent sikring.*

5 Grunnlag for valg av entreprenør.

- *Arbeidsomfang er vanskelig å anslå for rensk.*
- *Entreprenør kan eksempelvis angi timeforbruk pr renskelag (normalt to personer) pr. uke og med timerater og sum eks. mva. I tillegg kan entreprenør gi et estimat på antall ukeverk som trengs. Dette kan deles opp i generell rensk og sikringsarbeider i fjellsiden.*
- *Kostnader med opphold, rigg og transport avtales.*
- *Uforskyldt ventetid betales etter avtalte timerater. Dette kan omfatte værforbehold og må avklares i forkant av arbeidet.*

6 Oppsummering

- *Nesa Media har laget dronevideo over hele fjellsiden som sendes entreprenør for vurdering av arbeidsomfang.*
- *Vi vil også anbefale en grundig rensk av fjellside og at det vurderes ytterligere sikringstiltak etter hvert som renskarbeidene utføres.*
- *Sikringsomfanget er ikke kjent og type sikringstiltak velges ut ifra stedlige forhold og tilpasninger etter hvert som renskarbeidene utføres og problemstillinger avdekkes.*
- *Arbeidene må utføres av firma og personer med erfaring fra tilsvarende sikringsarbeider og følges opp av kvalifisert personell med bergteknisk kompetanse.*
- *Vi anbefaler at det utarbeides en enkel forespørsel for å utføre de aktuelle sikringstiltak og at denne sendes ut til aktuelle entreprenører for prising."*

6.1 Beslutninger tatt i diskusjon med kommunen

I møte med kommunen ble ulike tiltak for sikring av bygg diskutert. Rensk må utføres før utvidelse av fangvoll og fanggjerde etableres pga. at anleggsarbeidet er tidkrevende og de som er i området kan være utsatt for uakseptabel fare. Midlertidig kan taket på Bryggjeslottet kles med sprengningsmatter. Det samme gjelder de mest utsatte veggene på bygget som vender mot fjellsiden.

7 Grunnlagsmateriale

7.1 Digitale terrengmodeller (DTM)

Helningskart benyttes til å identifisere mulige kildeområder for ulike skredtyper, ettersom steinsprang oftest løsner fra helninger $>45^\circ$. Terrengmodellen er også benyttet som grunnlag for kjøring av beregningsmodeller.

Som grunnlag for terrenganalyser i denne rapporten er det benyttet LiDAR-basert terrengmodell kartlagt i 2019 med 1x1 m oppløsning (hoydedata.no). Punkttettheten er 2 pkt/m². Helning og skyggekart er generert på bakgrunn fra terrengmodellen, og benyttet i videre analyser.

7.2 Historiske skredhendelser

En viktig basis for faresonekartlegging er å skaffe seg oversikt over tidligere skredhendelser. Dette er nyttig informasjon i forhold til å bestemme hvor ofte skred skjer og hvor lang rekkevidde skred kan oppnå.

Følgende kilder er benyttet ved kartlegging av tidligere skredhendelser:

- ↗ NVEs nasjonale skreddatabase
- ↗ Observasjoner fra befaring og flybildestudier
- ↗ Samtaler med kommunen

Det er ingen registrerte skredhendelser i NVEs skreddatabase (atlas.nve.no) i planområdet.

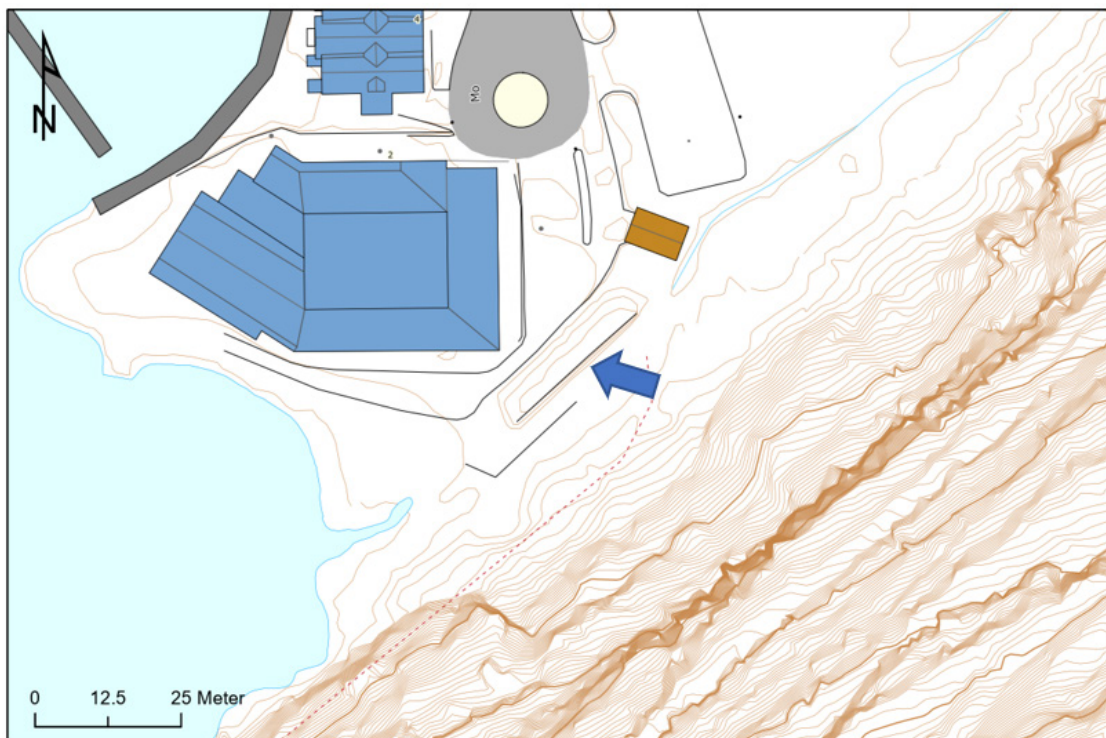
Fra kommunen og grunneier er det opplyst om tidligere steinsprang ved fotballbanen drøyt 400 meter nord-øst for Bryggjeslottet. I flybilder fra 1964, kan et større utfall observeres ca. 300 meter nordøst.

I tillegg ble det under befaringen opplyst om at det tidligere var plassert ett mindre bygg rett sør for Bryggjeslottet, men nærmere fjellsiden. Dette ble fjernet etter å ha blitt truffet av steinsprang flere ganger.

7.3 Eksisterende sikringstiltak

Eksisterende sikringstiltak består av en 3 – 3,5 m høy voll mellom fjellsiden og Bryggjeslottet. Vollen er ca. 30 meter lang, har bratt tørrmur på skredsiden og ligger parallelt med fjellsiden. Vollen er ikke lang nok for å dekke hele bygget.

Eksisterende voll ble forprosjektert i notat nr. 610251.300-2 av Multiconsult i 2005. Det ble anbefalt å plassere vollen nærmere bygget enn dagen plassering. Utfalls-sannsynlighet for blokker ble vurdert som svært lav, og dimensjonerende blokkstørrelse 1 m³.



Figur 7-1. Eksisterende voll (markert med blå pil) mellom Bryggjeslottet og fjellsiden.

7.4 Bruk av modeller

Beregningsmodeller er et viktig supplement når endelig plassering av faregrensene skal bestemmes. Viktigste kilde til fastsettelse av faregrenser vil være faglig skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befaringen og opplysninger om tidligere skredhendelser. Modellkjøringer vil være et hjelpemiddel for å vurdere om det er behov for justering av grensene. Antall modellkjøringer avhenger av hvor usikker man er og konsekvens av skred.

Benyttede modeller er angitt i Tabell 7-1. Rocfall er en 2D modell benyttet for å få et innblikk i flogsteinbaner, mens RAMMS 3D er benyttet med fokus på utløp av blokker med større volum (1 m³).

Tabell 7-1 Oversikt over modellverktøy anvendt for skredsimuleringer i denne rapporten

Skredtype	Dynamiske modeller	Topografiske/statistiske modeller
Steinsprang	RAMMS Rockfall	Forhold mellom maks. utløp og løsnepunkt, toppur og høyde av fjellside
	Rocfall	

8 Skredfareutredning per skredtype

8.1 Steinsprang

8.1.1 Er steinsprang aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Steinsprang er dominerende faretype i området. Det er store områder med tilstrekkelig helningsvinkel for utfall, og flere tidligere hendelser.

8.1.2 Utredning av løsneområde og utløsningssannsynlighet

Store deler av fjellsiden er potensielle løsneområder for steinsprang. Antatt løsningsannsynlighet er estimert til hvert 10 – 20 år.

8.1.3 Utredning av utløp

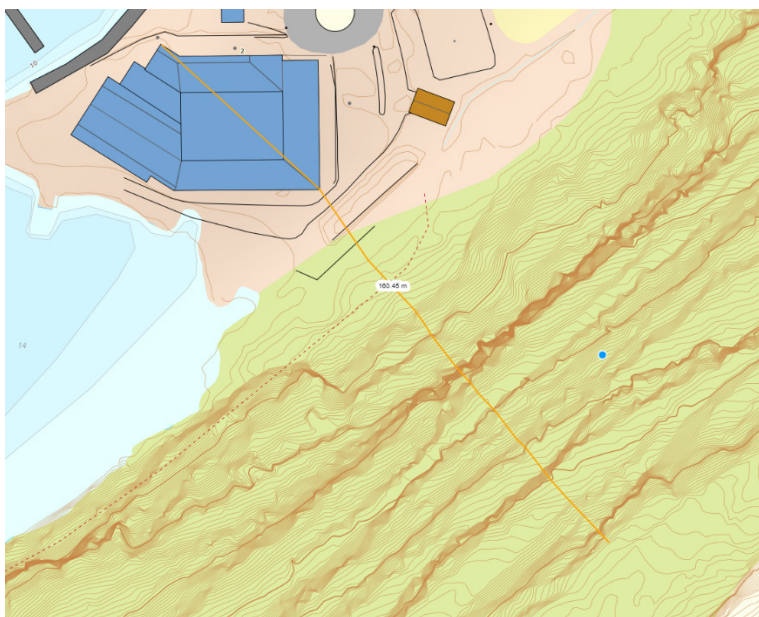
Tabell 8-1 Tabell med parametere for modellkjøring steinsprang

Lokasjon/skredbane/modellkjøring	Blokkform	Blokkstørrelse	Terrengparametere	Skog
Stedsnavn 1/ modellkjøring 1 Rocfall. RocFall Assess slopes that are at risk of rockfalls (rocscience.com)	Rektangulær, avlang, avrundet	Steinsprut: 20kg, 100kg Steinsprang: 2700 – 5400 kg	Hardt berg, talus, asfaltert vei	Ikke hensyntatt
Stedsnavn 2/ modellkjøring 2. RAMMS Rocfall	Rektangulær, avlang	Steinsprang: 2700kg/1 m ³	Se Figur 8-6	Ikke hensynstatt

Eksempel på kommentar til noe i tabellen. Benytt stil "Bildetekst" og senke font størrelse til 9

8.1.4 Steinsprang med Rocfall-modellen.

Profilen er tatt ut fra kartet og avsatsene er lagt inn i profilen i etterkant ettersom digital profilering ikke viste avsatsene tilstrekkelig godt (Figur 8-1). I etterkant av hendelsen er det vurdert at steinspruten som traff hus og vegger på Bryggjeslottet har startet på to avsats og blokkfragmenter er slynget ut fra en avsats.

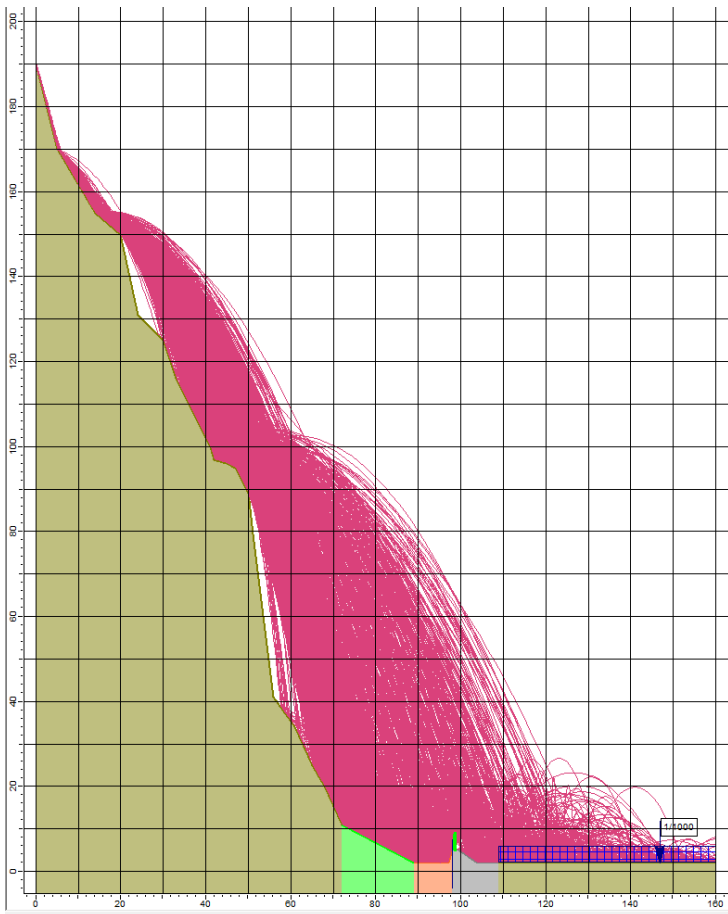


Figur 8-1 Terrengprofil for beregninger med Rocfallmodellen er vist med gulbrun strek.

Steinsprut fra avsatsene vil beregningsmessig gå i en høy bue og treffe taket med bratt vinkel. Beregningene som er utført har vist at hastighetene er store nok til at blokkfragmenter kan nå langt inn på taket. Informasjon fra siste steinsprang og også tidligere hendelser tilsier at det meste av taket kan nås av steinfragmenter fra knusing på avsatsene. Beregningene som er utført i Rocfall er utført med standard verdier for blokkform og størrelse og underlagets hardhet er valgt ut fra at det er bart berg med lite løsmasseoverdekning. For ura i foten av fjellsiden er det brukt standardverdier for restitusjon for ur.

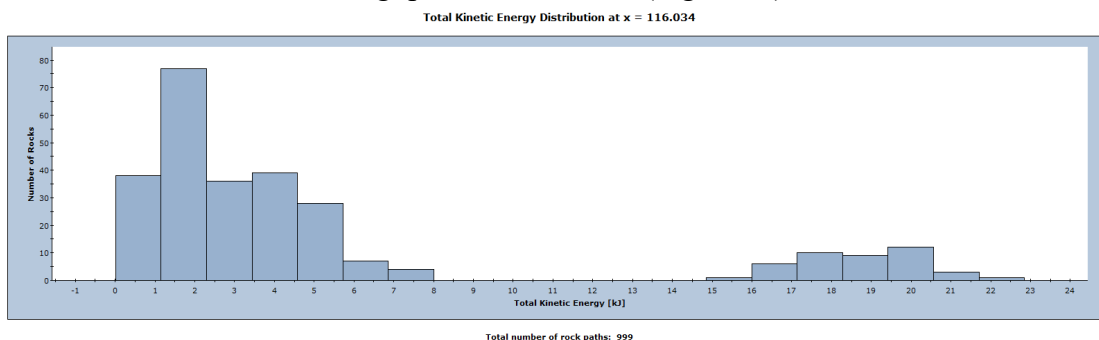
Beregningene er utført med tanke på sikringsløsninger og vi har derfor regnet på blokkstørrelser som kan treffe fangvoll og fanggjerde (1-2 m³: 2700 – 5400 kg) og blokkfragmenter som kan treffe tak og vegger (20 - 100 kg). Blokkstørrelsene er valgt konservativt ut fra hva som er kommet ned til fangvoll og mot tak og uteområde. Beregningene utføres med 1000 repetisjoner for å få et bredt bilde av sprangbaner og nedslagsområde, samt hastigheter og energi i nedslaget mot voll og bygg. Figur 8-2 viser at det er flest treff på taket nærmest fjellsiden.

Steinsprut er vanskelig å beregne og erfaring fra andre steder i landet tilsier at steinsprut i enkelte tilfeller kan gå vesentlig lengre ut enn hva tradisjonelle beregninger viser. Det vil imidlertid være avtagende sannsynlighet for treff med avstand ut fra fjellsiden. Alle beregningene med parametervalg som er utført lagres på prosjekt og kan leveres kommunen for eventuell 3. partskontroll eller uavhengig kontroll.



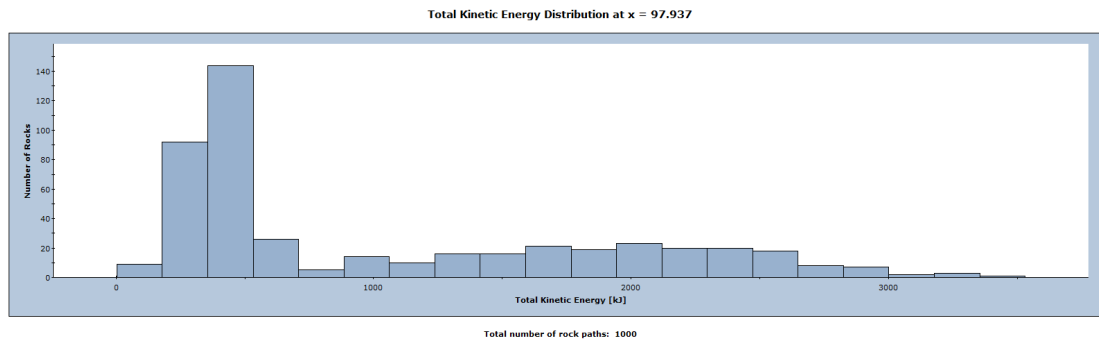
Figur 8-2 Beregningene er utført med 100 kg blokkstørrelse for å se belastningene mot byggets tak. Tilsvarende beregninger er utført for 1 og 2 m³ blokker. Alle beregningene er utført med 1000 repetisjoner.

Steinsprut vil normalt treffe bygget med steinfragmenter på noen få kilo. Et par blokker som ligger på plassen mellom fangvoll og Bryggjeslottet er på 20-30 kg. Vi regner med at de fleste blokker vil være under 100 kg og har satt dette som dimensjonerende blokkstørrelse. Beregningene viser at belastningene mot taket kan bli fra blokker som treffer taket med kinetisk energi på inntil ca. 20 kJ (Figur 8-3).



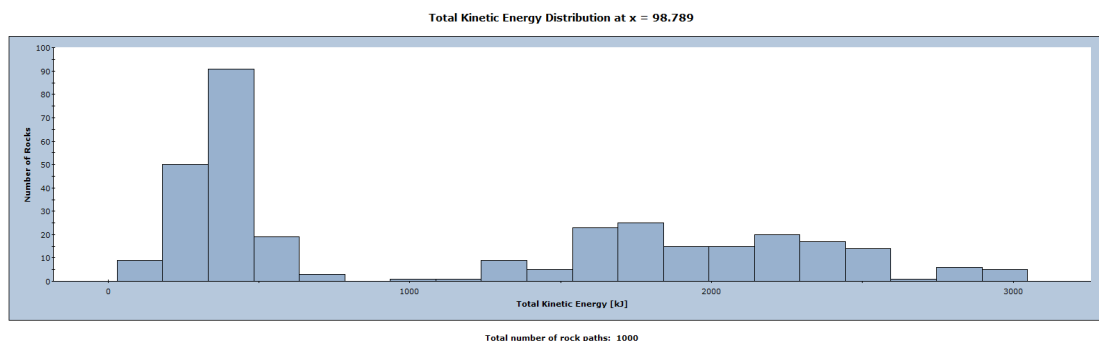
Figur 8-3 Steinsprut med blokk på 100 kg som treffer taket har kinetisk energi hovedsakelig under 20 kJ.

Fangvollen som er forslått forlenget (Kapittel 9) bør tåle treff av blokk på inntil 2 m³. Vi regner med at slike blokker vil dempes i ura og gå i lave sprang og rulle og treffe lavt på fangvollen. Beregningene viser at kinetisk energi vil være under ca. 3000 kJ (Figur 8-4).



Figur 8-4 Beregninger av 2 m³ blokk (5400 kg) som kommer i lave sprang og rulling mot fangvoll vil beregningsmessig ha kinetisk energi under ca. 3000 kJ.

Noe mindre blokk på 1 m³ forventes å gå i noe høyere sprang og et fanggjerde på toppen av vollen kan fange disse blokkene. Beregningene viser at slike blokker kan ha kinetisk energi på under 1000 kJ ved treff av fanggjerde (Figur 8-5).



Figur 8-5 Steinsprang med blokk på 1 m³ som vi antar kan treffe et fanggjerde på toppen av vollen har kinetisk energi under 1000 kJ. Figuren viser energien til blokk som går i lave sprang til venstre på figuren (mest sannsynlig hendelser) og for blokker som går i lange sprang fra avsatter til høyre i figuren (usannsynlige hendelser).

Beregningene som er utført med Rocfall gir indikasjoner på spranglengder, spranghøyder og kinetisk energi. I tillegg til beregningene utføres det subjektive vurderinger av beregningsresultatene av hva som kan skje med steinsprangene. Samlet sett gir dette etter vår oppfatning et realistisk bilde av hvordan området kan sikres. Det er imidlertid usikkerheter i beregningene og antakelser vi gjør.

8.1.5 Modelleringer i RAMMS Rocfall

Som en støtte i skredfarevurderingen er RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall User Manual v. 1.6) brukt. Resultatene må tolkes og vurderes sammen med andre data, og

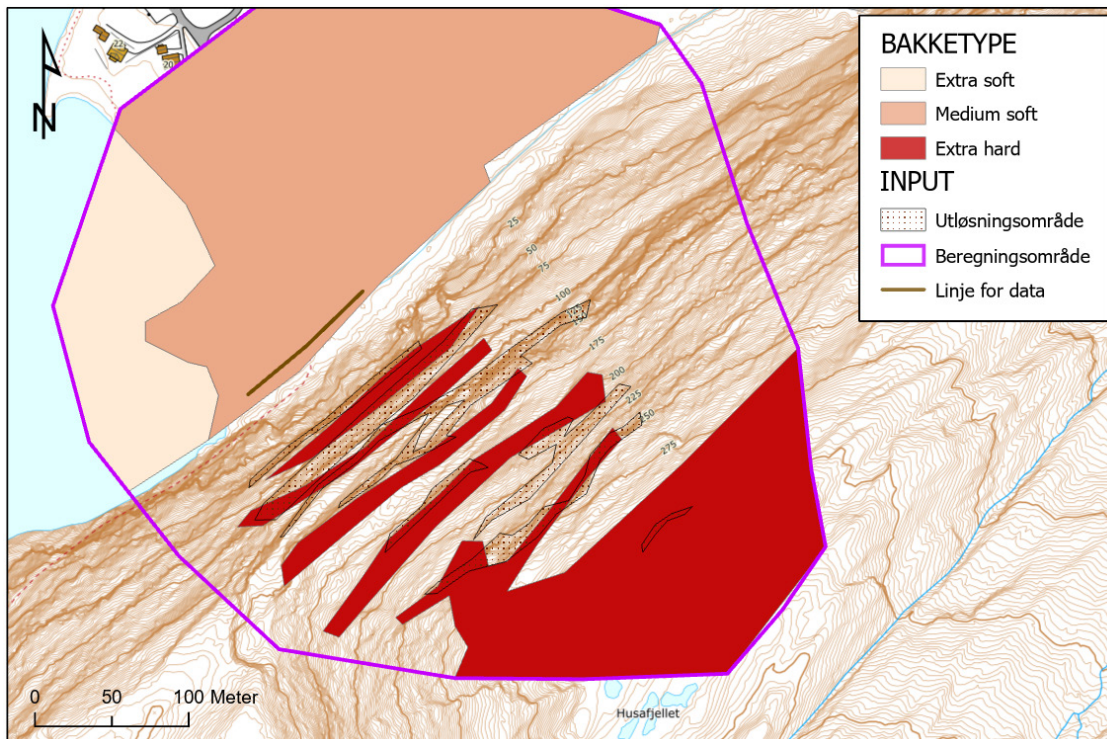
kan ikke brukes direkte som sannsynlighet i faresonekartlegging. Resultatet tar blant annet ikke hensyn til sannsynligheten for at steinsprang skjer. Det er hentet ut data for energi, spranghøyde og hastighet for å estimere hva vollen må dimensjoneres for. Blokkene i modelleringen knuses ikke, og modelleringen inkluderer ikke flogsteinbaner.

Generelt er input i modellen basert på eksisterende kartmateriale, flybilder og observasjoner under befaringen. Som grunnlag for kjøringene er det brukt en digital terrengmodell med 2 m oppløsning. Det er antatt rektangulære, litt avlange blokker med densitet 2700 kg/m^3 , og simuleringen er kjørt for blokker på 1 kubikkmeter. Totalt er det sluppet 46035 blokker, fordelt på 9207 løsnepunkter langs utløsningsområdene markert Figur 8-6. Fokuset har vært på områdene med potensialet for større utfall med retning mot Bryggjeslottet. I hvert punkt slippes 5 blokker som er gitt 5 tilfeldige orientering i hvert løsnepunkt fordi startorienteringen av blokker til en viss grad påvirker bevegelsesretningen.

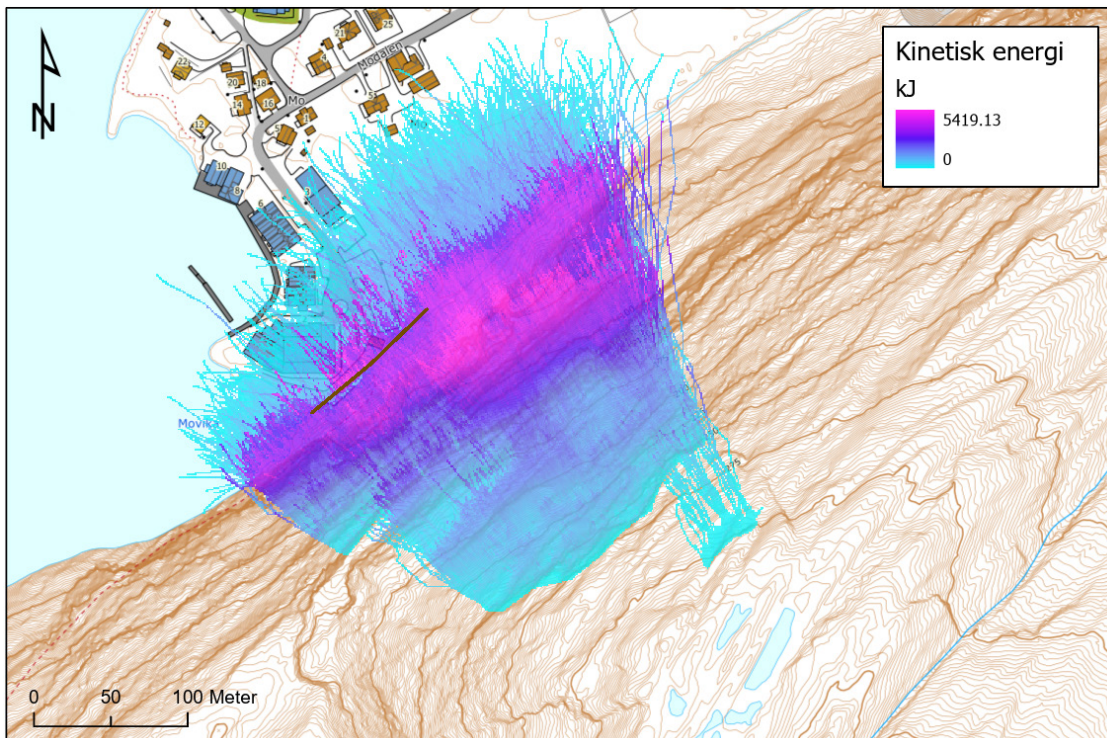
Terrenget er delt inn i forskjellige bakketyper, kartlagt ved hjelp av flyfoto, hellingskart, fjellskyggekart og observasjoner fra befaringen. Terrengtypene i modellen går fra "extra hard" (bart fjell), til "extra soft" (myr). Terrenget varierer fra "extra hard" i de bratteste partiene med hamre /skrenter og terrenghelning over 45 grader og der en kan se bart fjell til "medium hard " i store deler fjellsiden der det er noe løsmasser (generelt for hyllene der det er noe vegetasjon). Dyrka mark, og bakken i området der terrenget flater ut er markert som medium soft (Figur 8-6).

Resultatene av modelleringen viser at blokkene har kinetisk energi på maksimalt litt over 5000 kJ (Figur 8-7). Energien på blokkene synker raskt ut over flata. Konsentrasjon av steinsprangblokker avtar raskt utover flata (Figur 8-8). Det er også en tydelig effekt fra vollen (inkludert i modelleringen), som stopper en god del av blokkene.

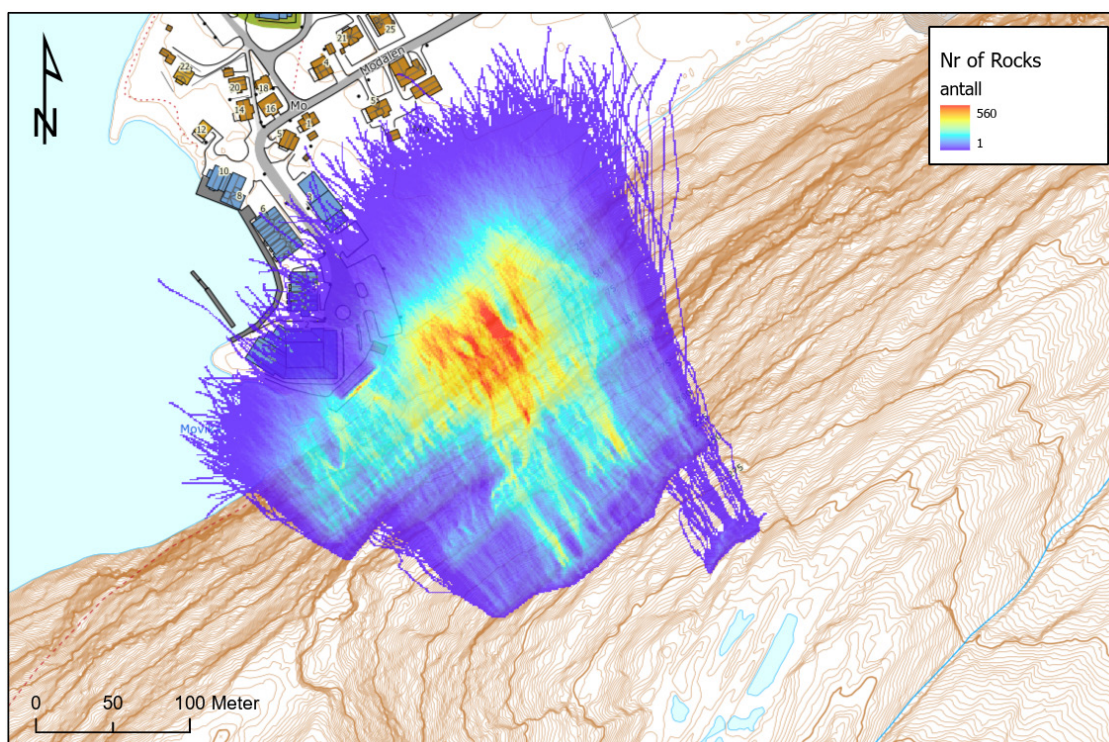
Det er lagt inn en linje gjennom vollen som er forlenget sørvest og nordøst ("Linje for data" i Figur 8-6), for å representere oppdatert voll. Denne linjen er laget for å hente ut data fra blokker som passerer linjen i funksjonen barriere plott i RAMMS. Data presentert i Tabell 8-2 og Figur 8-9.



Figur 8-6. Input bakketypene. Alt areal innenfor beregningsområdet som ikke er farget, er satt til medium hard direkte i RAMMS programmet. Løseområder er fordelt over flere skrenter med bratt helning oppover innenfor relevante deler av fjellsiden.



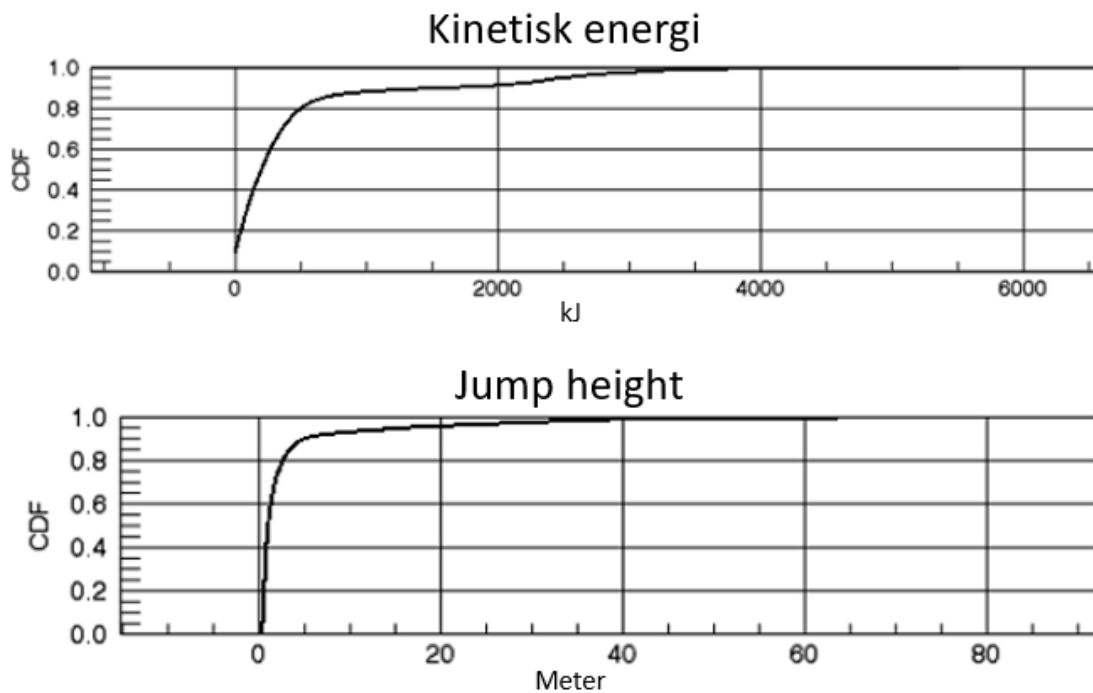
Figur 8-7. Beregning av kinetisk energi. Kinetisk energi er maksimalt på 5419 kJ.



Figur 8-8. Stoppunkter til blokker. Konsentrasjonen er stor ned mot utflatningen under fjellsiden. Konsentrasjonen av blokker påvirkes også tydelig av den eksisterende vollen.

Tabell 8-2. Dimensjonerende parameter for steinsprang ($1m^3$). Energi og spranghøyde for blokker som passerer datalinjen i RAMMS modelleringen.

Type	Gjennomsnitt	Median	90 persentil	95 persentil
Spranghøyde (m)	3,22	1,13	5,11	15,46
Energi (kJ)	495	229	1559	2512



Figur 8-9. Kumulativ kurve som viser kinetisk energi og spranghøyde for blokker som passerer datalinjen. Kurven viser at 80% av blokkene i RAMMS-modelleringen har kinetisk energi under 1000 kJ, og spranghøyde under 5 meter.

8.1.6 Når steinsprang inn i kartleggingsområdet?

Slik situasjonen er i dag, når steinsprang inn i området med ujevne mellomrom. Antatt returperiode på flogstein estimeres til oftere enn hvert hundrede år.

8.2 Steinskred

Det er ikke observert tegn til strukturer som muliggjør utløsning av større steinskred. Det ble ikke observert større områder med gravitasjonsdrevne deformasjon (volumer over 100 000 m³). Fare for større steinskred utredes derfor ikke videre.

8.3 Snøskred

Det er ikke identifisert store potensielle utløsningsområder for snøskred innenfor vurdert påvirkningsområde. Terrenget er hylleformet, og enten for bratt til å samle opp store mengder snø, avbrutt av områder som er for slake. Det er ikke historiske data for snøskred i området. Fare for snøskred utredes derfor ikke videre.

8.4 Jordskred

Ut i fra detaljert terrengmodell er det ikke identifisert potensielle utløsningsområder for jordskred innenfor vurdert påvirkningsområde. Det vil si, det er ingen områder som har løsmasser og er brattere enn 20°. Fare for jordskred utredes derfor ikke videre.

8.5 Flomskred

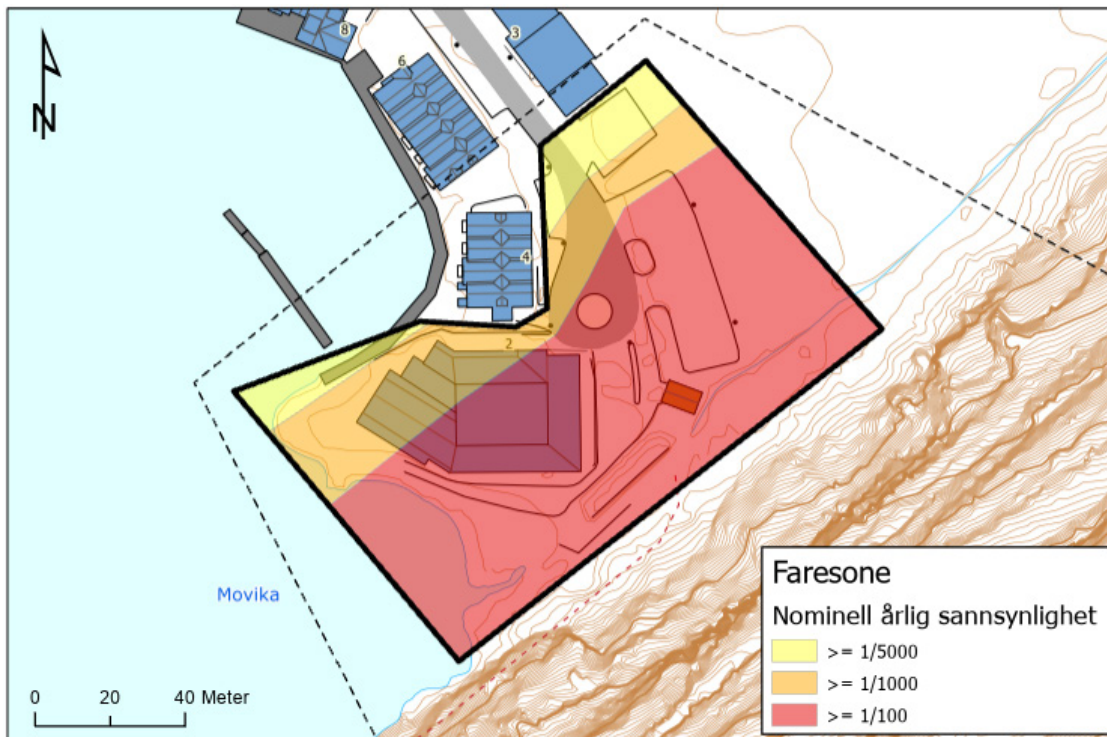
Ut i fra analyse av detaljert terrengmodell er det ikke identifisert potensielle utløsningsområder for flomskred innenfor vurdert påvirkningsområde. Det vil si, det er ingen forsenkninger eller bekkeløp brattere enn 15° hvor det er løsmasser, eller hvor løsmasser kan bli tilgjengelig som følge av andre skredprosesser. Fare for flomskred utredes derfor ikke videre.

8.6 Sørpeskred

Det er ikke identifisert potensielle utløsningsområder for sørpeskred innenfor påvirkningsområdet, det vil si forsenkninger eller bekkeløp som kan samle vann i snødekket. Det er heller ikke observert tegn til eller registrert historisk sørpeskredaktivitet i området. Fare for sørpeskred kan derfor utelukkes i vurdering av faresoner, og utredes derfor ikke videre.

8.7 Hva er den samlede skredfaren?

Den samlede skredfaren avhenger av maksimalt utløp av flogstein og steinsprang, som er dimensjonerende faretyper. Kart med faresoner er vist i Figur 8-10.



Figur 8-10. Faresoner for sikkerhetsklassen S1-S3 i TEK17.

8.8 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Behovet for utregning kom i etterkant av skredhendelsen der steinsprangblokker traff taket på Bryggjeslottet. NGI har ikke kjennskap til at det har blitt utarbeidet faresoner i området tidligere.

9 Anbefalte sikringstiltak

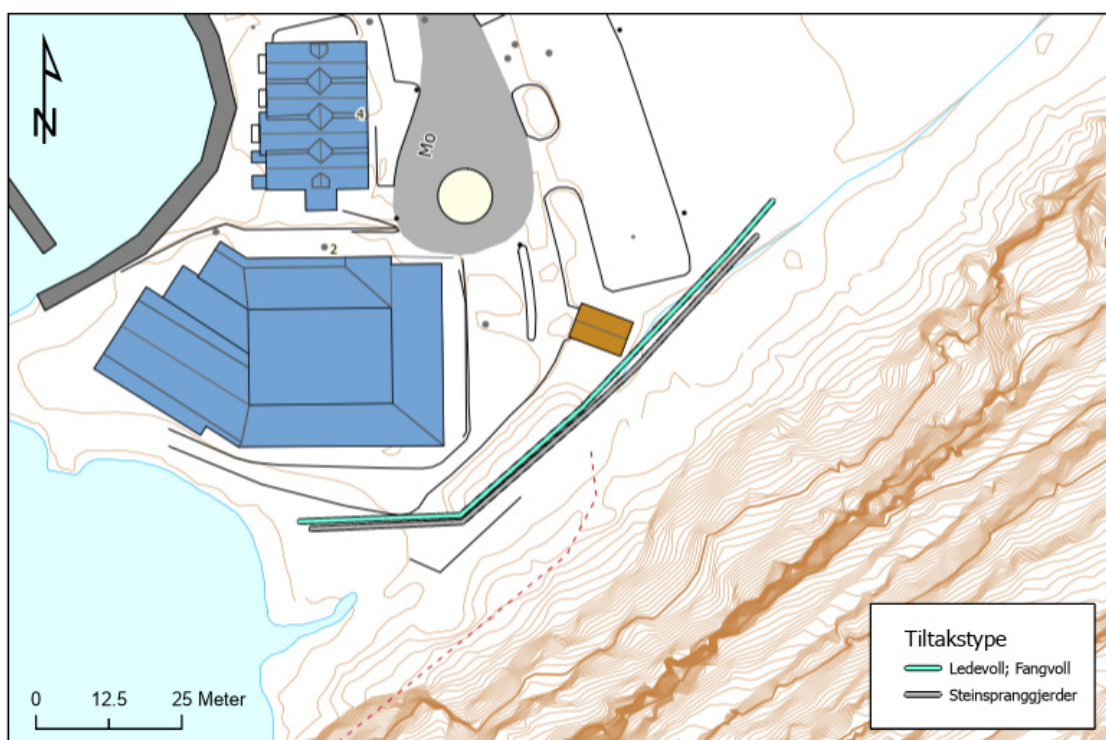
Basert på modellering og observasjoner fra skredhendelsen, anbefales det å forlenge eksisterende voll. Modelleringer i RAMMS Rocfall viser at mange blokker bremses effektivt i det de når flata. En del blokker passerer likevel vollen på begge sider.

Vollen bør ha en høyde på 3 meter, og forlenges i sørvestlig og nordøstlig retning. Det anbefales liknende oppbygning som for eksisterende voll, med blokk-mur mot fjellsiden (støtsiden) og med løsmasser på den andre siden.

Det anbefales å sette et steinspranggjerdet med finmasket innernett langs toppen av vollen for å stoppe mindre blokker som flyr høyt (flogstein). Sikringstiltaket er utvidet til å også inkludere parkeringsplass, samt ladestasjon for el-biler. Dimensjoner på steinspranggjerdet bør være 3000 kJ, og det bør ha en høyde på 3 meter. Senterlinje for voll og steinspranggjerdet er markert i Figur 9-1.

En barrierehøyde på totalt 6 meter vil treffes av 90 % av blokker på 1 m³ ifølge modellering i RAMMS Rockfall. Det er likevel en mulighet og en restrisiko for at blokker kan sprette høyere, spesielt for blokker med mindre volum (flogstein). Energikapasiteten virker med fangvoll og 3000 kJ fanggjerde å være godt ivaretatt, og er antatt å ville stoppe 95 % av 1 kubikkmeter store blokker som treffer barrieren. Modellering av 2 m³ blokker i Rocfall gir hovedsaklig energier under 3000 kJ.

Modellering av blokker under 100 kg (flogstein/steinsprut), viser at disse blokkene har potensial til å sprette over planlagt sikringstiltak. Beregninger i Rocfall viser at slike blokker (antatt oftest rundt 20-30kg), vil treffe taket med rundt 20 kJ.



Figur 9-1. Forslag til sikringstiltak.

Det er utfordrende å vurdere om det vurderte området vil oppfylle sikkerhetsklasse S2 etter at sikringstiltak er gjennomført. Det anbefales å gjennomføre en oppdatert faresonering etter at sikringstiltaket er gjennomført. Om sannsynligheten fortsatt er for høy, kan det vurderes permanent forsterkning av tak/vegger på bygget. Det anbefales å inkludere byggeteknisk kompetanse i forbindelse med forsterkning av taket. En undersøkelse av om bygget allerede tåler treff fra flogstein med slag på rundt 20 kJ, vil kunne gi si om forsterkning av taket/vegger er nødvendig.

10 Grunnundersøkelser

Bygging av løsmassevoll nær strandkanten innebærer risiko for utrasing om grunnen er svak evt. om det er kvikkleire i grunnen. Vi er ikke kjent med at det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med eksisterende fangvoll eller bygg i området. Før ny fangvoll bygges bør det utføres grunnundersøkelser og stabilitet av voll og grunn beregnes.

11 Referanser

RAMMS:: Rockfall User Manual V 1.6 Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

Rocfall, Rocscience. Referanseliste som grunnlag for modellutviklingen:

<https://www.rocscience.com/help/rocfall/rocfall/references.htm>

Multiconsult 2005, notat 610251.300-2.

Disclaimer

Skredfarevurderingene gjelder så lenge vesentlige endringer i forutsetningene for vurderingene ikke forekommer. Eksempler på vesentlige endringer er endringer i Plan og Bygningslovens krav, nye opplysninger om historiske eller nyere skred, endringer i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur, osv. Oppdragsgiver må til enhver tid vurdere om forutsetningene er endret, for i så fall å få utført en revidert kartlegging.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Skredfarevurdering med forslag til sikringstiltak		Dokumentnr./Document no. 20210428-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Modalen kommune	Dato/Date 2021-09-22
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Steinsprang, sikringstiltak		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge/Vestland	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Modalen	Felt navn/Field name
Sted/Location Mo	Sted/Location
Kartblad/Map 049N	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 33 Øst: 857 Nord: 6777118	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control					
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2021-09-07 Katrine Mo	2021-09-14 Vidar Kveldsvik		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 22. september 2021	Prosjektleder/Project Manager Katrine Mo
--	--	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

