

NOTAT

OPPDRAAG	Haram Civil Construction	DOKUMENTKODE	10205906-RIGberg-NOT-001
EMNE	Vibrasjoner og risiko for steinsprang og skred	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Haram Kraft AS	OPPDRAAGSLEDER	Helge Toft
KONTAKTPERSON	Olav Rommetveit	SAKSBEHANDLER	Audun Andersen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10234013 Bergteknikk Midt

SAMMENDRAG

Haram Kraft AS skal føre opp vindturbiner på et fjellplatå på Haramsøya. Fjellsidene langs platået er aktive løsneområder for steinsprang og steinskred. Både i nær framtid og på lang sikt vil skred vil forekomme, uavhengig av de planlagte arbeidene.

Vibrasjoner fra sprengningsarbeid kan i sjeldne tilfeller bidra til å framskynde utrasinger i allerede ustabile partier. Selv ved relativt store vibrasjoner vil bidraget fra disse være svært lite sammenlignet med naturlige mekanismer.

I området Kråkhammaren og østover, langs søndre fjellskrent, anbefales det at øvre grense for vibrasjoner settes til svingehastighet $v = 5 \text{ mm/s}$. Videre anbefales at det monteres 4 stk. vibrasjonsmålere for overvåkning av vibrasjoner i dette området. Basert på erfaringer underveis må entreprenør tilpasse salveopplegget fortløpende, slik at anbefalt vibrasjonsgrense ikke overskrides. Ved selve Kråkhammaren bør det i tillegg, om mulig, monteres en triaksiell måler på en antatt ustabil blokk, for å se om denne får horisontale bevegelser som følge av sprengningsvibrasjonene.

Det er flere steder hvor det skal sprenges eller utføres andre vibrasjonsskapende arbeider nærmere enn 250 m fra mulige løsneområder for steinsprang og steinskred, og hvor eventuelt nedfall i teorien kan treffe bygninger eller infrastruktur. Alle slike områder vil bli undersøkt av ingeniørgeolog, og sannsynligheten for steinsprang og steinskred vil bli vurdert. Der skred vurderes å kunne inntreffe, fastsettes en vibrasjonsgrense. Vibrasjonsgrensen vil ta hensyn til sannsynlighet for at steinsprang eller skred kan inntreffe og konsekvensene dette kan medføre. Ingen slike områder skal utsettes for vibrasjoner fra sprengningsarbeid før dette er utført, og eventuelle vibrasjonsmålere er montert og vibrasjonsgrenser fastsatt.

1 Innledning

Haram Kraft AS skal føre opp 8 turbiner på Haramsøya i Ålesund kommune. I forbindelse med dette arbeidet vil det bli behov for sprengningsarbeider, både i forbindelse med uttak av stein til byggeformål, fundamentering av turbinene og etablering av adkomstvei opp på fjellet og til hver av turbinene.

Turbinene skal etableres på et fjellplatå på nordvestre del av øya. Store deler av platået er omgitt av bratte fjellsider med ur på nedsiden.

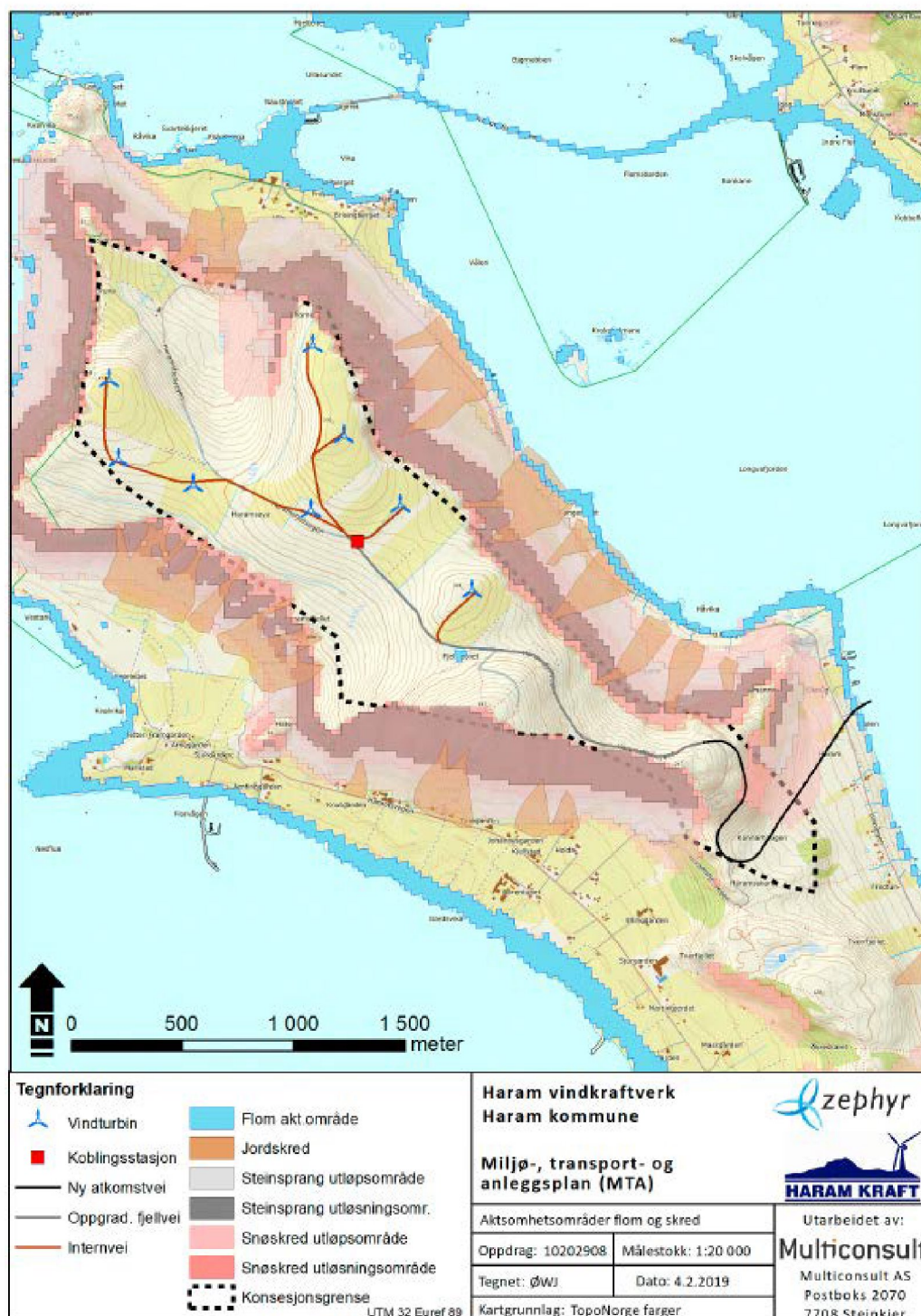
Dette notatet omhandler risiko for skred utløst av vibrasjoner fra sprengning og annet anleggsarbeid knyttet til oppføring av turbiner.

01	17.08.2020	Presiseringer basert på innspill fra NVE	Audun Andersen	Nils Ramstad	Pål D. Jakobsen
00	14.08.2020	Første versjon	Audun Andersen	Nils Ramstad	Pål D. Jakobsen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

2 Risiko for skred

Figur 1 viser planlagte turbiner og adkomstvei sammenstilt med aktsomhetskart fra NVE.

Aktsomhetskartene er basert på topografi, og tar ikke hensyn til forhold som geologi, vegetasjon, vind og forventede snø- og nedbørsmengder. Aktsomhetskartene beskriver kun områder der topografien tilsier at skred og steinsprang kan utløses, og områder hvor skredene vil kunne ha utløp. Aktsomhetskartene beskriver altså ikke sannsynligheten for at skredhendelser kan inntreffe.



Figur 1. Figuren er hentet fra detaljplanen for Haram vindkraftverk, og viser planlagte turbiner og adkomstvei, sammenstilt med aktsomhetskart fra NVE.

2.1 Steinsprang og steinskred

De bratte fjellsidene som omgir fjellplatået på Haramsøya er preget av gjennomsettende sprekker, og dermed også løse blokker og sprekkeavløste bergpartier. Dette er aktive løsneområder for steinsprang og steinskred, noe som går tydelig fram av urmassene som over lang tid har bygget seg opp langs foten av fjellsidene. Her er det samsvar mellom aktsomhetskart for steinsprang og faktisk skredaktivitet.

For alle områder markert som løsneområde for steinsprang i aktsomhetskart fra NVE, vil steinsprang og steinskred naturlig inntreffe, både i nær framtid og på lang sikt. De viktigste drivende faktorene for utløsning av slike hendelser, og som per nå pågår i fjellsidene på Haramsøya, er frostsprengning, vann og forvitring:

- Frostsprengning vil bidra til å utvide eksisterende sprekker, samt å presse løse blokker utover.
- Vannfylling i sprekker fører til oppbygging av sprekkevannstrykk. Dette er en viktig drivende faktor for utløsning av både store og små skred, og er årsaken til at NVE i sin tid forsøkte vannbombing for å utløse skred ved Mannen.
- Kontakt med vann og luft, samt frostsprengning, fører over tid til at berg forvittrer og svekkes.

Vibrasjoner fra sprengningsarbeid kan i sjeldne tilfeller bidra til å framskynde utrasinger i allerede ustabile partier. Selv ved relativt høye vibrasjoner vil bidraget fra disse være svært lite sammenlignet med de naturlige mekanismene beskrevet ovenfor.

2.1.1 Kråkhammaren

Kråkhammaren, se figur 2, er et område på sørvestsiden av fjellplatået. Området er tidligere vurdert i større detalj av Multiconsult, se notat 10215209-RIGberg-NOT-001, datert den 30.6.2020. Ved Kråkhammaren er det observert løse blokker og tilsynelatende sprekkeavløste bergpartier, og sannsynligheten for skredhendelser er vurdert som høyere enn 1/100, uavhengig av arbeidet som skal utføres i området. På nedsiden av Kråkhammaren er det bebyggelse, og en simulering av steinsprang som løsner fra området vist i figur 2, indikerer at sannsynligheten for at dette når fram til bebyggelse er mindre enn 1/1000. Det anbefales likevel at det utføres vibrasjonsmålinger og settes strenge vibrasjonskrav i dette området, se kapittel 3.2.1.



Figur 2. Dronefoto av Kråkhammaren.

2.1.2 Andre områder

Andre områder er ikke vurdert spesielt. Dette vil bli gjort på et senere tidspunkt. Se kapittel 3.2.2.

2.2 Andre skredtyper

Snøskred

Utøsing av snøskred betinger at det akkumuleres tilstrekkelig med snø til at snøskred faktisk kan utløses. Dersom det i anleggsperioden inntreffer temperatur, nedbør- og vindforhold som gjør at dette inntreffer, skal risiko for snøskred vurderes fortløpende.

Sannsynligheten for snøskred er derfor ikke vurdert nærmere i dette notatet.

Jord- og flomskred

På fjellplatået viser ikke NVE sine kart (se Figur 1) aktsomhetsområder for jord- og flomskred nærmere enn 200 m fra planlagt adkomstveg eller fundamenter for turbiner. Videre viser løsmassekart fra NGU (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>) at aktsomhetsområdene definert av NVE i hovedsak består av bart berg og urmasser. Aktsomhetsområdene for jord- og flomskred vurderes derfor ikke å være følsomme for vibrasjoner fra sprengning og annet anleggsarbeid.

Grunnet stor avstand og liten følsomhet for vibrasjoner vurderes det ikke som sannsynlig at vibrasjoner fra sprengning og annet anleggsarbeid kan bidra til utøsing av jord- og flomskred i området.

3 Vibrasjoner fra sprengning og annet anleggsarbeid

Av årsakene nevnt i kapittel 2.2 er det kun hensyn til steinsprang og steinskrud som er vurdert med tanke på vibrasjoner fra sprengning og annet anleggsarbeid.

3.1 Generelt

Det finnes standarder som omhandler fastsetting av grenseverdier for vibrasjoner fra sprengning og annet anleggsarbeid. Disse tar kun hensyn til bygninger og andre konstruksjoner. I tillegg finnes en tilbaketrukket standard (NS8141-2013) som gir føringer for fastsetting av vibrasjoner i tunneler og bergrom, uten at dette er direkte overførbart til bergskjæringer og bergskrenter.

Det finnes ingen retningslinjer for fastsetting av vibrasjonsgrenser med tanke på risiko for utløsning av steinsprang og fjellskred. Som en referanseramme for vibrasjonsgrenser nevnes følgende:

- For vanlige boliger fundamentert på berg settes vibrasjonsgrense beregnet etter NS8141:2001 normalt til mellom 30 og 50 mm/s, og bygningsbesiktigelse i forkant av sprengningsarbeidene anbefales utført på bygg fundamentert på berg innenfor en radius på 50 meter fra sprengningsstedet.
- For tunneler med dårlig berg og ingen bergsikring anbefaler den tilbaketrukne standarden NS8401-2013 grenseverdi for vibrasjoner på 15 mm/s. Grenseverdiene i denne standarden er beregnet ut fra andre forutsetninger enn de forannevnte grenseverdiene. Verdien på 15 mm/s er derfor ikke sammenlignbar med de forannevnte verdiene på 30 og 50 mm/s.

3.2 Framgangsmåte, vibrasjonsovervåkning og vibrasjonsgrenser

3.2.1 Øst for Kråkhammaren

Se figur 3. Innledningsvis vil det bli sprengning i forbindelse med etablering av adkomstveg. Før første salve skal det monteres vibrasjonsmålere ved utvalgte lokaliteter, og etter hvert som arbeidene beveger seg mot vest vil sprengning og annet vibrasjonsskapende arbeid nærme seg vibrasjonsmålerne. Målerne monteres på intakt berg.

Med utgangspunkt i avstander og salveplan kan forventede vibrasjoner beregnes etter formelen:

$$v = K \cdot \frac{\sqrt{Q}}{d}$$

Der:

v=toppverdi av vertikal svingehastighet (mm/s)

K=fjellkonstanten (vil variere fra sted til sted, men ligger normalt mellom 100 og 250)

Q=maksimal ladning per intervall (kg)

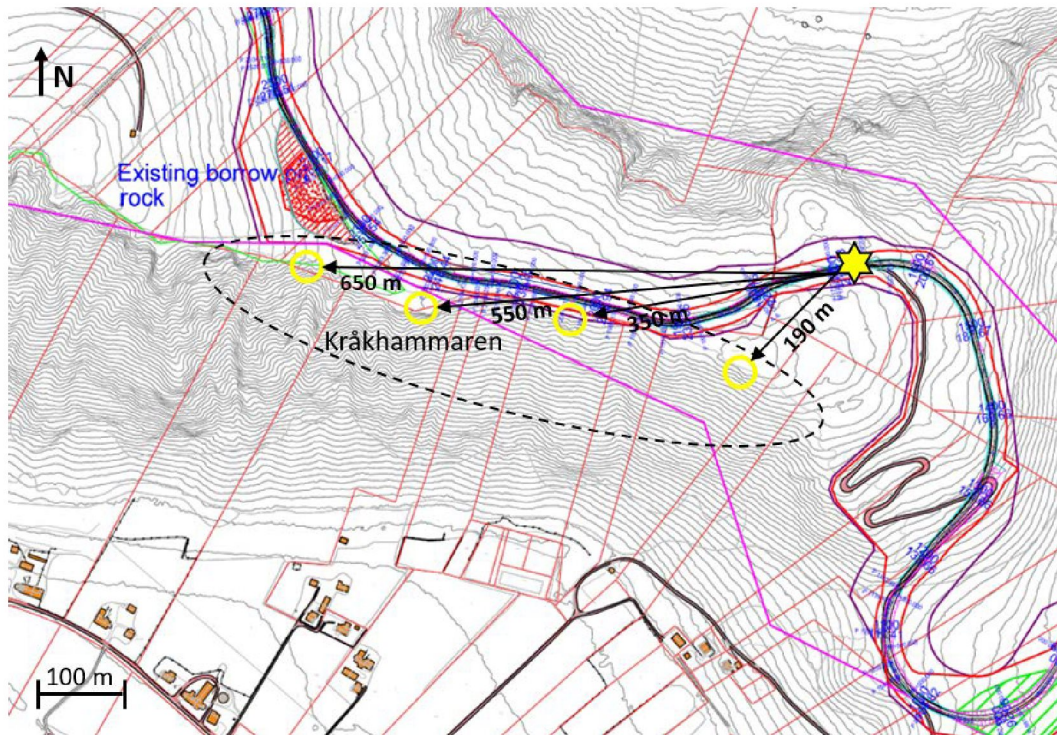
d=avstanden mellom sprengningssted og målepunkt (m)

Målerne skal forbli operative så lenge det utføres sprengning nærmere enn 500 m fra målerne innenfor området markert med sort stiplet ellipse i figur 3. Avstanden på 500 m er satt spesielt for området Kråkhammaren, fordi det her er det observert store avløste bergpartier, og på nedsiden er det bebyggelse og veg. Dette vurderes derfor som viktig å ha full kontroll på vibrasjonene i dette området, slik at beboere og de som ferdes på vegen kan være sikre på at anleggsarbeidene ikke påvirker stabiliteten. Videre er det i dette området man først vil tilegne seg erfaringer fra sprengning i området. Utførende entreprenør skal tilpasse salveopplegget basert på erfaringer underveis, slik at fastsatte grenseverdier for vibrasjoner ikke overskrides når det sprenges nær mulige løsneområder.

For øvrige områder er anbefalt avstand 250 m, som beskrevet og begrunnet i kapittel 3.2.2.

Av hensyn til risiko for steinsprang og skred anbefales at **vibrasjonsgrense settes til svingehastighet v=5 mm/s** i den sørvendte fjellskrenten innenfor ellipsen i figur 3. Denne grenseverdien er basert på erfaring. Dette er en konservativ vibrasjonsgrense, og vibrasjoner innenfor denne grensen vurderes ikke å kunne bidra til å framskynde steinsprang og skred. Vibrasjonsovervåkning bør utføres på fast berg, nærmest mulig blokker og bergpartier som kan rase ut.

Ved selve Kråkhammaren, se foto i figur 2 og gul sirkel nr. 2 fra venstre i figur 3, bør det i tillegg, om mulig, monteres en triaksiell måler på en antatt ustabil blokk, for å se om den får horisontale bevegelser som følge av sprengningsvibrasjonene.



Figur 3. Skisse som viser omtrentlig sted for første salve og for plassering av vibrasjonsmålere. Sted for første salve, og plassering av vibrasjonsmålere, samt avstander, vil avvike noe fra det som er vist i skissen. Gul stjerne markerer sprengning, gule sirkler markerer vibrasjonsmålere og sorte piler angir omtrentlig avstand mellom stedet for første salve og utplasserte vibrasjonsmålere. Sort stiplet ellipse markerer området som teoretisk kan påvirkes av vibrasjoner fra anleggsarbeidet, og hvor nedfall kan nå bebyggelse eller infrastruktur.

3.2.2 Øvrige områder

Det er flere steder hvor det skal sprenges eller utføres andre vibrasjonsskapende arbeider nærmere enn 250 m fra mulige løснеområder for steinsprang og steinskred, og hvor eventuelt nedfall i teorien kan treffe bygninger eller infrastruktur.

Alle slike områder skal undersøkes av ingeniørgeolog. For hvert av områdene skal det fastsettes en vibrasjonsgrense og behov for vibrasjonsovervåking skal vurderes. Vibrasjonsgrensene vil bli fastsatt basert på en vurdering av sannsynlighet for at steinsprang eller skred kan inntreffe, og konsekvensene dette kan medføre.

Ingen slike områder skal utsettes for vibrasjoner fra sprengningsarbeid før dette er utført og eventuelle vibrasjonsmålere er montert.

Avstanden på 250 m begrunnes med beregninger basert på formelen som oppgitt i kapittel 3.2.1. Med en fjellkonstant på 200, og en ladning på 40 kg per intervall, er forventet toppverdi av vertikal svingehastighet 5 mm/s på denne avstanden. Dette er en ladningsmengde som kan benyttes ved uttak av berg i steinbrudd.

3.3 Tiltak ved overskridelse av vibrasjonsgrenser

Det er entreprenørs ansvar å sørge for at fastsatte grenseverdier for vibrasjon ikke overskrides. Mulige tilnærminger der dette viser seg vanskelig vil være avhengig av situasjon og lokalitet, og tiltak må vurderes i samråd med geolog. Eksempler på tilnærminger er listet opp nedenfor:

- Justering av linjeføring for adkomstveg, der dette er mulig innenfor fastsatte plangrenser
- Alternative metoder for berguttak, for eksempel pigging
- Ytterligere vurderinger av stabilitet i akkurat disse områdene, supplert av steinsprangsimuleringer og ved behov avbøtende tiltak.

4 Videre arbeid

Geolog skal foreta befaring ved alle områder som faller innenfor kategorien definert i kapittel 3.2.2.

Resultatene av undersøkelsene og anbefalinger knyttet til vibrasjonsgrenser og vibrasjonsovervåkning vil bli presentert i eget notat.