

Til: Nye Veier AS
v/ Kari Charlotte Sellgren
Kopi til: Lars Bjørgård
Dato: 2019-10-18
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20180631-02-TN
Prosjekt: Kvænanngsfjellet
Prosjektleder: Anders Solheim
Utarbeidet av: Katrine Mo
Kontrollert av: Frode Sandersen

Vurdering av eksisterende steinsprangsikring ved Rakkenesura

Innhold

1	Innledning	2
2	Vurdering av eksisterende steinspranggjerd	3
2.1	Eksisterende tiltak	3
2.2	Dimensjonerende blokkstørrelser og utfallshyppighet	5
2.3	Modellering av steinsprang	5
2.4	Vurdering av restrisiko	11

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med utredelse av strekningen E6 Kvæangsfjellet er NGI engasjert for å gjennomføre en ROS analyse for naturfarer som flom og skred. For strekningen over Kvæangsfjellet er det besluttet å gjøre tilleggsvurdering av eksisterende steinspranggjerdet ved Rakkenesura (Figur 1-1).

Vurderingen omfatter vurdering av eksisterende steinspranggjerdet. Her skal dagens tilstand og forventet levetid vurderes. I tillegg skal det vurderes restrisiko for veggstrekningen med sikring.



Figur 1-1. Oversiktskart, området med steinsprangsikring markert med sort pil.

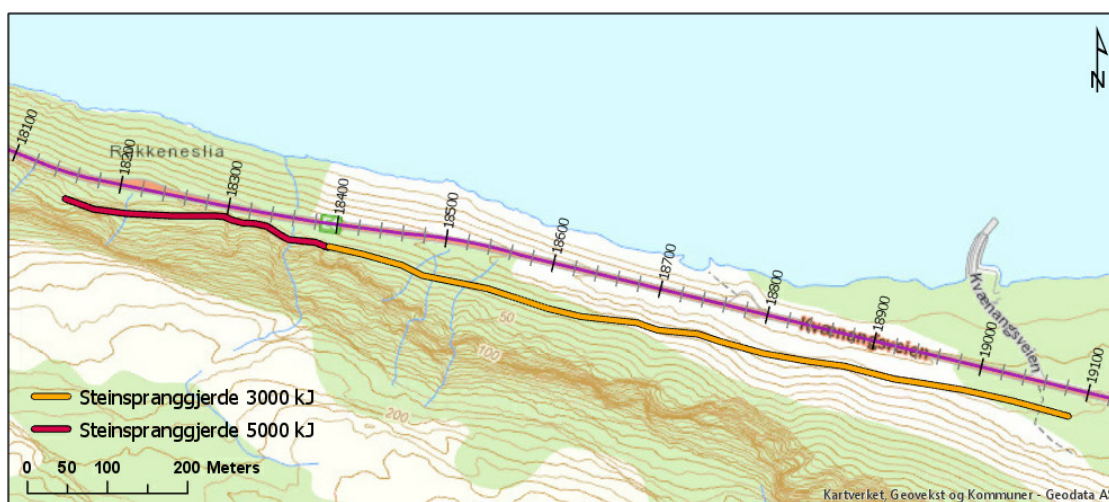
2 Vurdering av eksisterende steinspranggjerde

2.1 Eksisterende tiltak

Statens Vegvesens (SVVs) rapport nr. 2013031895-34 fra 2015, er brukt som grunnlagsinformasjon om hvordan de eksisterende steinsprang-gjerdene er dimensjonert. I tillegg er befaringsobservasjoner og bilder fra NGIs befaring v/Carl Harbitz og Frode Sandersen 26. – 28. august 2019 brukt som bakgrunn for vurderingen. Andreas Persson (SVV) har også vært behjelpelig med informasjon om den eksisterende sikringen.

Gjerdet er satt opp i 2015/2016. Gjerdene ble dimensjonert med utgangspunkt i å kunne stoppe blokkstørrelser opp imot 1,5 -2 m³. Det er tilstrekkelig avstand mellom veien og gjerdet, da det ved planlegging ble tatt høyde for deformasjon i gjerdet i tilfelle treff.

I SVVs rapport er følgende dimensjoner oppgitt: 5000 kJ med 6 meters høyde fra ca. profil 19020 til ca. profil 19270. 3000 kJ med 4 meters høyde fra ca. profil 19260 til ca. profil nr. 19940. Etter observasjoner fra befaringen samt diskusjon med SVV, er det klart at det ble benyttet 5 meters høyde over hele strekket (Figur 2-3), men med energidimensjoner 3000 og 5000 kJ (Figur 2-1).



Figur 2-1. Eksisterende steinspranggjerde. Rød linje representerer det sterkeste gjerdet (5000 kJ) og oransje linje det svakeste (3000 kJ). Plassering av steinspranggjerdet er hentet ut fra flybilder. Oransje linje blir videre omtalt som "østre del" mens rød linje omtales som "vestre del".



Figur 2-2. Det er gjort omfattende arbeid med steinsprangsikring over traseen.



Figur 2-3. Gjerdet i østre ende med 5 meters høyde og 3000 kJ energikapasitet.

2.2 Dimensjonerende blokkstørrelser og utfallshyppighet

Dimensjonerende blokkstørrelse er beskrevet av SVV til å ha en størrelse tilnærmet lik en fotball. Antatt frekvens på nedfall av stein langs veien, ble estimert av SVV til 1 gang/år langs hele den sikrede strekningen. I felt ble det observert noe mindre nedfall i gjerdet, som stemmer med konklusjonen om relativt hyppig nedfall av stein, med begrenset volum.

Det ble ikke observert nedfalte blokker liggende i gjerdet med en slik størrelse at det forventes skade på gjerdet.



Figur 2-4. Eksempel på nedfall som har forekommet langs veien. Bilde fra SVV rapport nr. 2013031895-34.

2.3 Modellering av steinsprang

For å vurdere sikringseffekten til steinspranggjerdet har NGI modellert steinsprang med programverktøyet RAMMS Rockfall (RAMMS: Rockfall User Manual v1.6). Modellen RAMMS er brukt til å beregne kinetisk energi og spranghøyde på blokker på 1 m³ og 2 m³. Det er viktig å være klar over at regnemodeller ikke gir absolutte svar, og derfor er det fokusert på statistikken for flere tusen blokker, og lagt lite vekt på ekstremverdier for enkeltblokker. Resultatene må i tillegg sees i sammenheng med feltobservasjonene og erfaringer fra lokaliteten. Erfaringsmessig er utløp modellert i RAMMS rockfall noe konservativt sammenlignet med observasjoner i felt. Endelig konklusjon kan derfor avvike noe sammenlignet med modelleringsresultatene, da de kun er brukt som en støtte.

2.3.1 Input-parametere og oppsett

I oppdragsrapport fra SVV, viser registreringene at dimensjonerende blokkstørrelse er ca. en fotball, men av hovedproblemet et blokker over 1-2 m³ som spretter over gjerdet. Det er kjørt to simuleringer i RAMMS for å inkludere blokkdimensjoner på 1 m³ og 2 m³. Som grunnlag for kjøringene er det brukt en digital terrengmodell med 2 m oppløsning (1 m DEM som input med redusert til 2 m i RAMMS).

Følgende kommentarer knyttes til RAMMS-beregningene:

- Det er sluppet blokker per celle (i en 2 m DEM) innenfor løsneområdet. Fra hver celle er det sluppet 4 blokker med tilfeldig orientering. Totalt er det sluppet 21152 blokker per simulering.
- Løsneområdene inkluderer terreng med helning over 45°.
- Terrenget er delt inn i forskjellige bakketyper, kartlagt ved hjelp av flyfoto, hellingskart og fjellskyggekart. I tillegg er feltbilder og kommentarer fra befaringen brukt. Terrenotypene går fra "extra hard" for bart fjell, "hard" for ur/asfaltert vei til "extra soft" for myr. NGI benyttet verdier foreslått i manualen for underlag og skredblokk. I den aktuelle skråningen er de to mest fremtredende terrenotypene bart fjell og ur.
- Vegetasjon er inkludert i modellen, og er kartlagt ved hjelp av flyfoto. Vegetasjonsklassene er tett, medium og åpen skog, og baserer seg på antall trær ganger diameter på trær (tetthet av trær) per hektar. Det er kun inkludert medium skog i området, hovedsakelig i østre del, da vestre del er brattere og med mer bart fjell, og skogen er vurdert som for tynn til å ha noen betydelig påvirkning.
- En barrierelinje er inkludert langs det eksisterende steinspranggjerdet. Denne barrieren er kun brukt for å registrere data på blokkene som passerer linjen, og har ingen bremsende effekt på blokkene.

2.3.2 Resultater

Basert på observasjoner i felt, og beskrivelser i SVVs notat, deles gjerdet opp i en vestre og en østre del, for å få en mer realistisk statistikk for blokkene som passerer hver gjerdedel. Dette er fordi den vestre delen forventes å ha betydelig høyere energier og spranghøyder enn den østre. En oversikt over statistikken for simulerte blokker som passerer gjerdet er gitt i Tabell 1 og Tabell 2.

For en mer oversiktlig fremstilling av resultatene, velger vi å presentere simuleringene i 3D, med illustrasjon av eksisterende gjerde inkludert (Figur 2-5 og Figur 2-6). Figurene viser kinetisk energi (kJ) for blokkene. Energien er høyest i partiet mot vest, som tidligere beskrevet i SVVs notat. I dette partiet kan blokker på 1 m³ overskride energier på 3000 kJ ved utfall i de øvre delene av skråningen.

Vestre del

Statistikk for kinetisk energi på blokker på 1 m³ og 2 m³ som passerer eller treffer senterlinjen for gjerdet i vestre del er vist i Figur 2-7 og Figur 2-8. Gjennomsnittsennergien for blokkene på 1 m³ ved passering av vestre del av nettet er 800 kJ. For blokkene på 2 m³ er gjennomsnittsennergien 1615 kJ. 90 persentil gir verdier på 1500 kJ og 3200 kJ for henholdsvis 1 m³ og 2 m³.

Spranghøyden for 1 m³ og 2 m³ blokker er presentert i Figur 2-9 og Figur 2-10. Gjennomsnittlig spranghøyde for blokkene på 1 m³ er 6,2 meter og for blokkene på 2 m³ er den 6,5 meter. Det er noen svært høye sprang som trekker opp gjennomsnittet. Medianene er på henholdsvis 3,1 og 3,5 meter. Kurven med den kumulative frekvensen viser at ca. 60% av både blokkene på 1 og 2 m³ har en spranghøyde på mindre enn 5 meter. Større spranghøyder kan komme av at blokker treffer uheldig for eksempel på et framspring med berg i dagen eller på større blokker i ura.

Østre del

Statistikk for kinetisk energi på blokker på 1 m³ og 2 m³ som passerer eller treffer senterlinjen for gjerdet er vist i Figur 2-11 og Figur 2-12. Gjennomsnittsennergien for blokkene på 1 m³ ved passering av gjerdet er 500 kJ. For blokkene på 2 m³ er gjennomsnittsennergien 1200 kJ. 90 persentil gir verdier på 1000 kJ og 2200 kJ for henholdsvis 1 m³ og 2 m³.

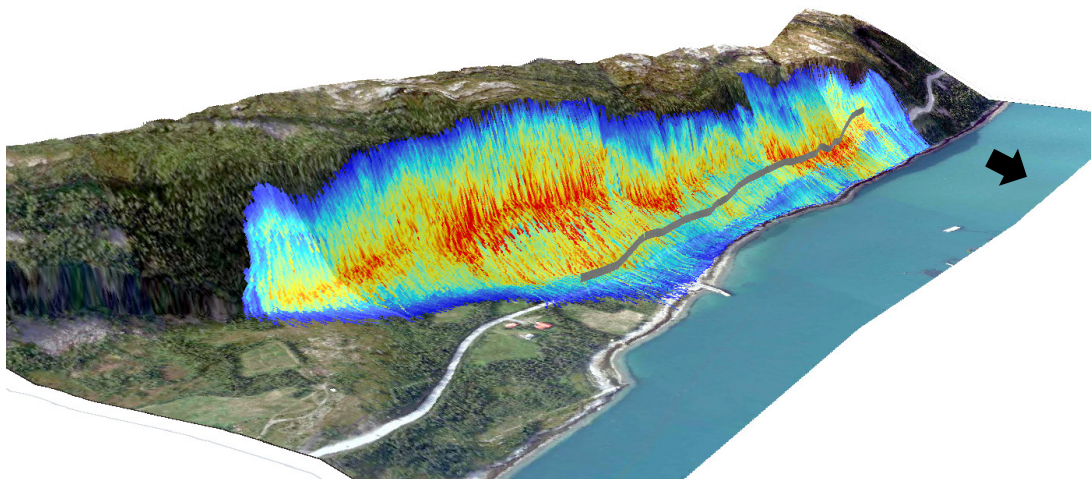
Spranghøyden for 1 m³ og 2 m³ blokker er presentert i Figur 2-13 og Figur 2-14. Gjennomsnittlig spranghøyde for blokkene på 1 m³ er 1,7 meter og for blokkene på 2 m³ er den 2 meter. Kurven med den kumulative frekvensen viser at over 95% av både blokkene på 1 og 2 m³ har en spranghøyde på mindre enn 5 meter. Erfaringsmessige inkluderer modellen noen ekstreme sprang som er urealistisk høye, og sprang over 10 meter er vurdert som usannsynlig.

Tabell 1. Oversikt verdier, spranghøyde.

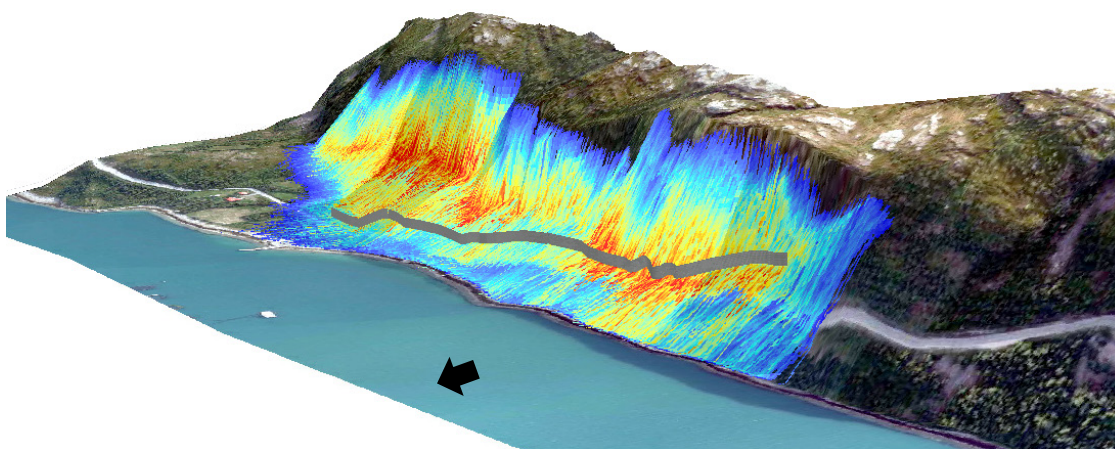
Spranghøyde(m)	1 m ³ vestre del	2 m ³ vestre del	1 m ³ østre del	2 m ³ østre del
Median	3,1	3,5	1,3	1,5
Gjennomsnitt	6,2	6,5	1,7	2
90 persentil	16,5	17	3,5	4
95 persentil	21	21	4,6	5,3

Tabell 2. Oversikt verdier, energi.

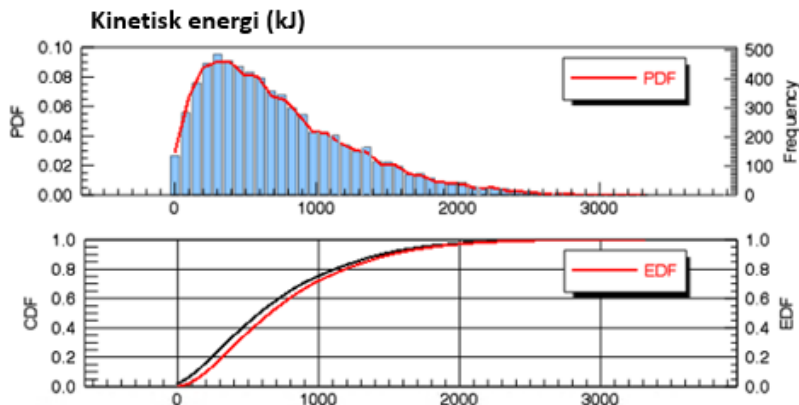
Energi (kJ)	1 m ³ vestre del	2 m ³ vestre del	1 m ³ østre del	2 m ³ østre del
Median	650	1400	430	1000
Gjennomsnitt	800	1615	500	1200
90 persentil	1500	3200	1000	2200
95 persentil	1800	3800	1150	2500



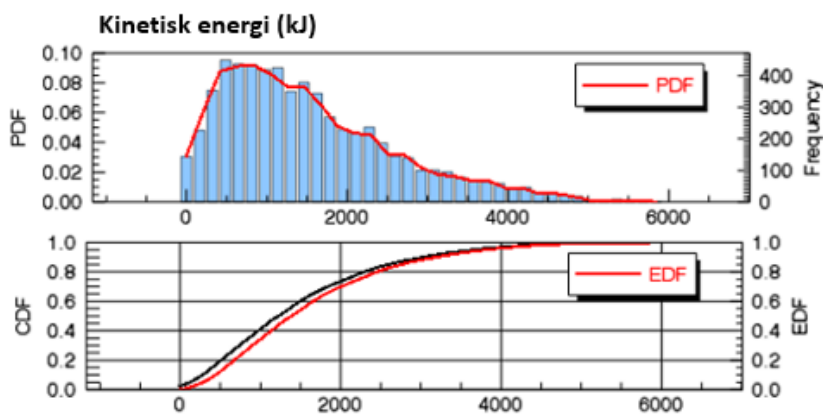
Figur 2-5. 3D skisse av modellering. Illustrasjon av gjerdet med omtrentlig plassering (tatt fra flyfoto og observasjon) er lagt inn. Det er stor fallhøyde for blokkene i østre del (venstre i figuren), men blokkene bremses noe opp i urmassene før de når gjerdet. Nord symbolisert med sort pil. Høyest energi (rød farge) representerer i overkant av 3000 kJ.



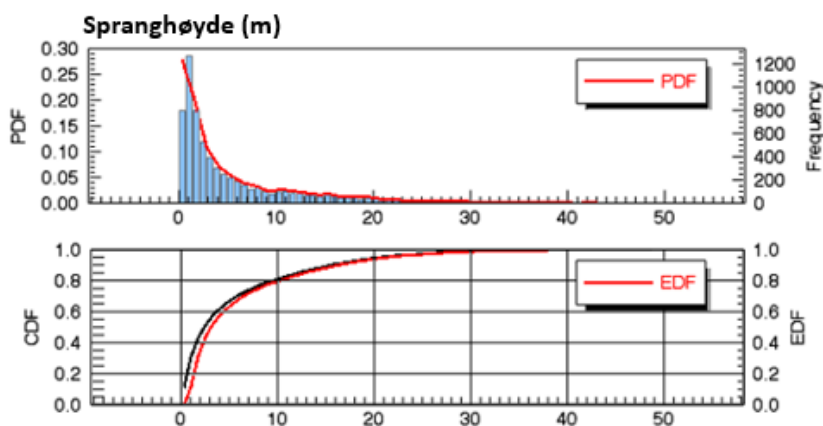
Figur 2-6. Simuleringen sett fra motsatt side. Energien er høyest mot gjerdet (over 3000 kJ) i partier helt mot vest (høyre i figuren). Simuleringsresultatene passer godt overens med SVV's konklusjon med å bruke gjerde med 5000 kJ kapasitet i dette området. Nord symbolisert med sort pil. Høyest energi (rød farge) representerer i overkant av 3000 kJ.



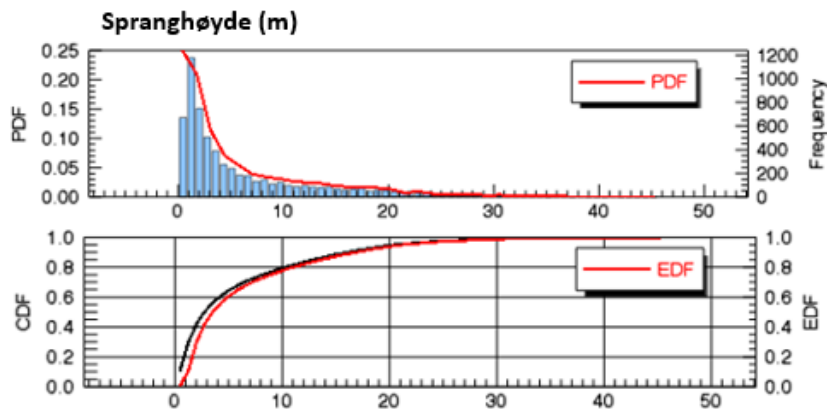
Figur 2-7. Kinetisk energi for blokker på 1 m³ i den vestre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



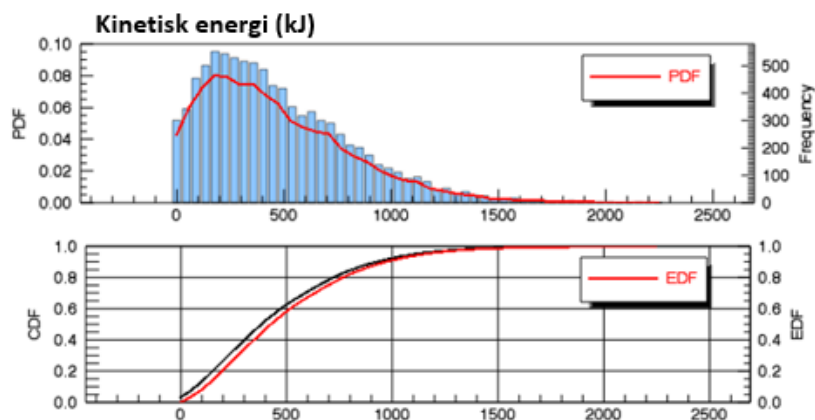
Figur 2-8. Kinetisk energi for blokker på 2 m³ i den vestre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



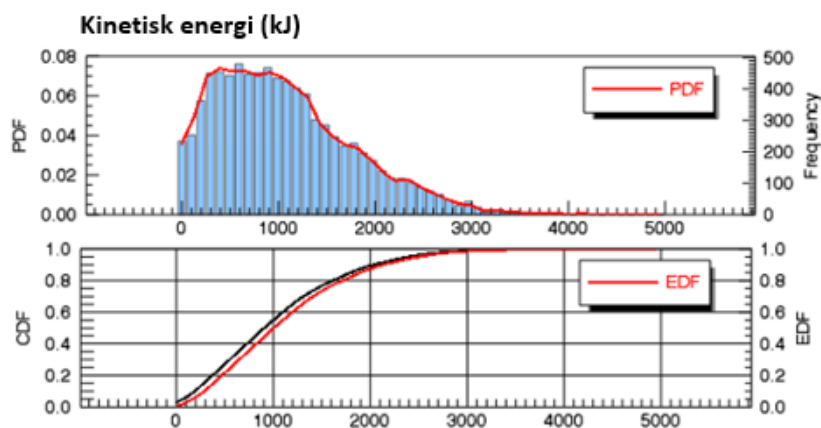
Figur 2-9. Spranghøyder for blokker på 1 m³ i den vestre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



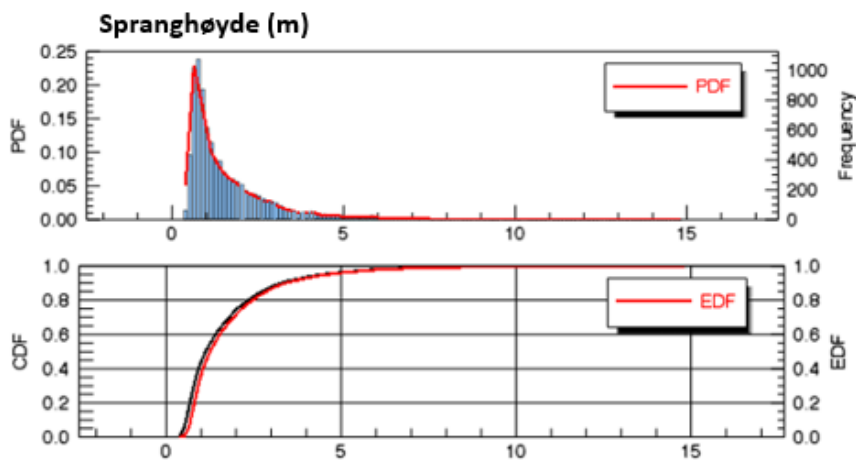
Figur 2-10. Spranghøyder for blokker på 2 m³ i den vestre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



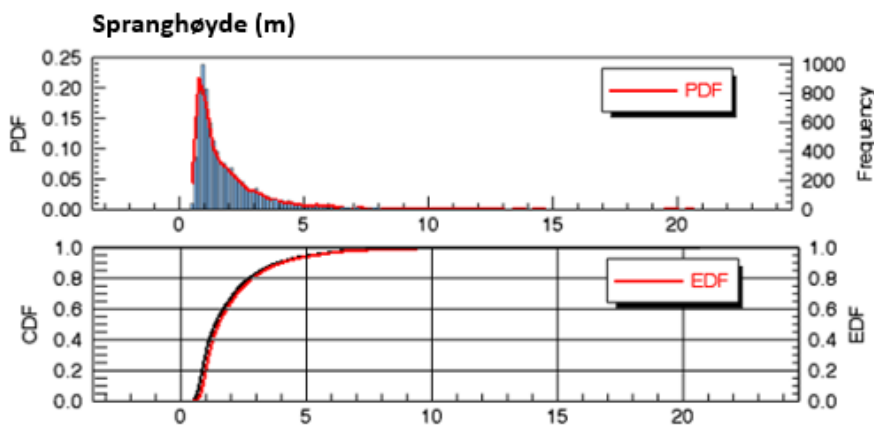
Figur 2-11. Kinetisk energi for blokker på 1 m³ i den østre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



Figur 2-12. Kinetisk energi for blokker på 2 m³ i den østre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



Figur 2-13. Spranghøyder for blokker på 1 m³ i den østre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function). PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).



Figur 2-14. Spranghøyder for blokker på 2 m³ i den østre delen av gjerdet. EDF (Empirical Distribution Function) PDF (Probability Density function). CDF (Cumulative Distribution Function).

2.4 Vurdering av restrisiko

De eksisterende gjerdene har god energikapasitet. I vestre del tåler gjerdene 95 persentilen av energi både for 1 m³ og 2 m³. Derimot er det en større usikkerhet knyttet til spranghøyden på blokkene, som i hovedsak utgjør restrisikoen i vestre del. I østre del er både energikapasitet og høyde tilstrekkelig, og kun spesielle hendelser med ekstremt store utfall eller ekstreme sprang fører til restrisiko.

Returperiode for blokker ned til veien med størrelse over 1 kubikk er anslagsvis flere 10-talls år, og dimensjonerende blokkstørrelse er ikke større enn ca. en fotball. Rundt 60% av blokkene av denne størrelsen i vestre del har spranghøyder på 5 meter eller lavere. I østre del antas en tilsvarende utfallssannsynlighet, men en større andel av blokkene stoppes. En usikkerhet i beregningene er fragmentering av stein, som vil gi

lavere energier og sprang. Men slik fragmentering kan også i noen tilfeller gi mindre fragmenter med høy hastighet (flogstein). Av erfaring kan slike fragmenter sprette høyere enn modellen indikerer, men vil være små i størrelsen.

På bakgrunn av innsamlet informasjon har NGI vurdert følgende restrisiko for strekningene.

Vestre del av gjerdet (km fra inndeling i Figur 2-1).

- ↗ Restrisiko på 1 hendelse per 50 år som kan treffe veien. Gjelder fra km 18100 til km 18400.

Østre del av gjerdet (km fra inndeling i Figur 2-1).

- ↗ Restrisiko på 1 hendelse per 100-1000 år som kan treffe veien.
- ↗ Fra km 18400 til 18600, 1 hendelse per 100 år.
- ↗ Fra km 18600 til 18800, 1 hendelse per 500 år.
- ↗ Fra km 18800 til 19100, 1 hendelse per 1000 år.

2.4.1 Vedlikehold og levetid

Et gjerde vil generelt ha en estimert levetid på minst 30 år, og krever vedlikehold og kontroll i form av fjerning av skredmateriale og bytting av ødelagte deler av konstruksjonen. Det må påregnes reparasjoner etter alle større skredhendelser. Det ble observert nedfall av stein som har gått i nettet under befaringen, men disse har til nå vært såpass små at det ikke har vært behov for reparasjoner.

En leverandør av gjerder oppgir forventet levetid på 90-120 år i normalt innenlands-klima. Salt fra vei og fjord kan redusere levetid. I dette tilfellet kan en forvente en levetid omtrent midt mellom 30 og 90-120 år. Området kan kategoriseres som indre fjordstrøk, da det ikke er forventet noe utpreget effekt fra havvinder med skumsprøyt/ vinden drar med seg salt. En kan likevel forvente noen påvirkning sammenlignet med innlandet. En levetid på anslagsvis minst 50 år bør forventes.

Det bør gjennomføres kontroll med jevne mellomrom for å fjerne mindre nedfall i nettet, og kontrollere deler av gjerdet for rust. En slik kontroll bør gjennomføres årlig, fortrinnsvis etter vårløsningen med størst steinsprangaktivitet.

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, etc.). 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 Vurdering av eksisterende steinsprangsikring ved Rakkenesura		Dokumentnr./Document no. 20180631-02-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Nye Veier AS	Dato/Date 2019-10-18
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 Steinspranggjerde, Steinsprang, Steinsprangnett, Sikringstiltak		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Felt navn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	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	2019-10-18 Katrine Mo	2019-10-18 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 18. oktober 2019	Prosjektleder/Project Manager Anders Solheim
--	--------------------------------------	--

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 datterselskap 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 laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

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 tredjemand 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.

