



# Rapport / Report

## Vei til Salten Transformatorstasjon

### Vurdering av skredfare og sikringstiltak

20140617-01-R  
7. november 2014  
Rev. nr.: 0

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 NGL.

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 NGL.



## Prosjekt

Prosjekttittel: Vei til Salten Transformatorstasjon  
Dokumenttittel: Vurdering av skredfare og sikringstiltak  
Dokumentnr.: 20140617-01-R  
Dato: 6. november 2014  
Rev. nr./rev. dato: 0

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 5687 Sluppen  
7485 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Statnett  
Kontaktperson: Arild Trædal  
Kontraktreferanse: Oppdragsavtale under rammeavtale  
13/01444

## For NGI

Prosjektleder: Anders Solheim  
Utarbeidet av: Vidar Kveldsvik, Helge C. Smebye,  
Dieter Issler, Anders Solheim  
Kontrollert av: Unni K. Eidsvig, Karstein Lied

## Sammendrag

På oppdrag for Statnett har NGI vurdert skredfare og sikringstiltak for en ca. 1,3 km lang veistrekning ved Furnesura ved nordøstsiden av Straumvatnet i Sørfold kommune. Per i dag passerer rundt 10 biler daglig. Trafikken vil øke noe i 2015, og den vil øke betydelig fra dagens nivå i årene 2016, 2017 og første halvår av 2018 (Statnett 2014). Årsaken til økningen er byggevirksomhet.

Veistrekningen vurderes til å være utsatt for både steinsprang/-skred, snøskred, sørpeskred og isras. Vi har vurdert skredfaren og risiko for den forventede trafikken langs veien. Spesielt i anleggsperioden vil risiko være uakseptabelt høy, og risikoreducerende tiltak må etableres. Både midlertidige og permanente sikringstiltak for å redusere risiko er vurdert, og etablering av henholdsvis varsling og permanente fanggjerdar anbefales.

BS EN ISO 9001  
Certified by BSI  
Reg. No. FS 32989

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Topografi</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Klima</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Skredhistorikk</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Vurdering av fare for steinsprang/-skred</b>	<b>14</b>
	5.1 Geologi	14
	5.2 Potensielle kildeområder for steinsprang/-skred	14
	5.3 Størrelse av skredblokker som kan treffe veien	14
	5.4 Stabilitet av løsmasser (ur)	16
<b>6</b>	<b>Sannsynlighet for sammenstøt mellom steinsprang/-skred og kjøretøy</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Vurderinger etter retningslinjer fra Statens vegvesen</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Beregninger av steinsprang/-skred og permanent sikring</b>	<b>19</b>
	8.1 Steinsprang/-skred	19
<b>9</b>	<b>Snø- og sørpeskred</b>	<b>22</b>
	9.1 Snøskred	22
	9.2 Sørpeskred	25
	9.3 Isras	27
<b>10</b>	<b>Sannsynlighet for skred under anleggsarbeider og risikoreduserende tiltak</b>	<b>27</b>
	10.1 Steinsprang og steinskred	27
	10.2 Snøskred	30
<b>11</b>	<b>Konklusjoner</b>	<b>31</b>
<b>12</b>	<b>Referanser</b>	<b>33</b>

## Kontroll- og referanseside

## 1 Innledning

På oppdrag for Statnett har NGI vurdert skredfare og sikringstiltak for en ca. 1,3 km lang veistrekning ved Furnesura ved nordøstsiden av Straumvatnet i Sørfold kommune (Figur 1 og Figur 2). Veistrekningen brukes som adkomst til Salten Transformatorstasjon og Siso Kraftverk. Per i dag passerer rundt 10 biler per dag knyttet til driften av de to nevnte anleggene. I tillegg forekommer noe annen bruk. Trafikken vil øke noe i 2015, og den vil øke betydelig fra dagens nivå i årene 2016, 2017 og første halvår av 2018 (Statnett 2014). Årsaken til økningen er byggevirksomhet. Etter første halvdel av 2018 antas trafikken å bli omtrent som på dagens nivå.

Tidligere arbeider konkluderer med at veistrekningen er utsatt for skredfare, og flere steinsprang med utløp til eller forbi veistrekningen har blitt registrert siden veien ble tatt i bruk på slutten av 1960-tallet (Multiconsult 2006, Rambøll 2014 og Statnett-Forsprosjekt).

Befaring ble utført av NGI ved Helge Christian Smebye og Vidar Kveldsvik 2014-09-15 og 2014-09-16. Under befaringen ble det benyttet båt med flere ilandstigninger for utførelse av LiDAR-skanning og gigapixel-foto (*Gigapan*). I tillegg ble veistrekningen befart til fots langs veien, og stedvis opp i Furnesura. LiDAR-data gir grunnlag for blant annet produksjon av detaljert terrengmodell, strukturgeologiske analyser og volumberegninger av potensielle steinsprang/-skred. Gigapixel-foto har høy oppløsning, og kan brukes til detaljerte studier av det fotograferte området.



Figur 1. Oversiktskart. Undersøkellesområdet er angitt med rødt merke.



Figur 2. Området innenfor rødt polygon ble kartlagt mht. skredfare for de ulike skredtypene. Når det gjelder kilder for sørpeskred er hele fjellsiden opp til toppen vurdert.

## 2 Topografi

Den bratteste delen av fjellsiden ovenfor veien, med helning større enn  $30^\circ$ , går fra ca. 10 m o.h. ved veien til ca. 500 m o.h. i vestre del, med gjennomsnittlig terrenghelning på ca.  $35^\circ$ . I østre del er terrenghelningen brattere enn  $30^\circ$ , i gjennomsnitt ca.  $39^\circ$ , mellom veien og ca. 600 moh. Variasjon i terrenghelningen er illustrert i Figur 10 og Kart 1, og fra Kart 1 fremgår det at de bratteste områdene har helning mellom  $40^\circ$  og  $50^\circ$ . Videre har de slakeste områdene typisk helning mellom  $20^\circ$  og  $30^\circ$ . Det finnes også noen få små områder i vestre halvdel hvor terrenghelningen er mellom  $10^\circ$  og  $20^\circ$ . I østligste del av kartlagt område er det slakere terreng ned mot veien, der helning mellom  $0^\circ$  og  $20^\circ$ , og  $10^\circ$  til  $20^\circ$  dominerer.

## 3 Klima

Kunnskap om klimaet i undersøkelsesområdet er særlig viktig for å anslå sannsynligheten for at snøskred kan utløses, men klimaet har også betydning for steinsprangaktiviteten. I tilfelle snøskred er fokuset på nedbørperioder med mer enn 30–50 mm nedbør (som tilsvarer rundt 30–50 cm nysnø) i løpet av tre døgn ved temperaturer under frysepunktet. Den typiske vindretningen i slike nedbørperioder spiller en stor rolle for mengden av snø som samles i de mulige utløsningsområdene.



Derimot er det perioder med temperatursvingninger omkring frysepunktet eller perioder med store nedbørmengder som regn som øker sannsynligheten for steinsprang.

Klimaet, og da særlig nedbørmengde og snøhøyde, varierer sterkt over relativt korte distanser. Det er derfor gunstig at en meteorologisk målestasjon finnes på Valljord, dvs. bare 2–3 km fra undersøkelsesområdet. Målingene startet i 1971, men klimaelementene som måles ble forandret flere ganger. Temperatur- og vindmålinger finnes kun i perioden 1971–1990, snømålinger derimot fra 1989 til 1991 og siden 2009.

Stasjonen ligger ved fjorden. Derfor vil temperaturen i utløsningsområdene for snøskred mellom 400 og 600 m o.h. i situasjoner med nøytral lagdeling i atmosfæren være rundt 3–4 grader lavere enn temperaturen målt ved Valljord. Temperaturgradienten er imidlertid liten når en varmfront passerer stasjonen, dvs. temperaturen i utløsningsområdene kan antas å være omtrent den samme som på Valljord.

Den lokale vindretningen på Valljord er i stor grad bestemt av topografien. Geostrofisk vind (dvs. høydevinden) fra vest til nord er den dominerende vindretningen ved bygevær med potensiale til store nedbørmengder på kort tid. Vinden følger fjordsystemet inn gjennom Sørfolda og dreies mot sør nord for Valljord. Vind fra sør til vest kanaliseres gjennom Fauskeidet og treffer Valljord fra sørvest. Disse vindene forventes ved varmfronter, som medfører store nedbørmengder over flere døgn. Vind fra sør til nordøst forventes ikke å medføre mye nedbør. Vindrosene i Figur 3, som viser vindfordelingen for hver måned, og Figur 7 med vindretningene under snøfall bekrefter dette.

På høyde med toppen av Straumklumpen er vinden i mindre grad påvirket av den lokale topografien. Mellom 300 og 600 m o.h., der de fleste potensielle utløsningsområdene for skred ligger, antar vi at kanaliseringsevnen av Sørfolda og Fauskeidet er følbar. Nordavind forventes å løse seg fra bakken ved skulderen som forløper fra toppen i sørvestlig retning, slik at det dannes en virvel (eller tilbakestrømmingssone) øst for skulderen. Det samler seg betydelige snømengder i denne sonen, noe som har betydning for utløsnings sannsynligheten for snøskred. Sørvestlig vind vil treffe skråningen til en viss grad, men vindhastigheten antas å ikke være særlig høy nedenfor 600 m o.h. i slike situasjoner. Derimot vil østavind følge skråningen mot nordvest og frakte snø fra konvekse områder til konkave.

Klimaoversikten i Figur 3 viser at området får middels store nedbørmengder, mesteparten på høsten og vinteren. I denne perioden er temperaturen i fjellsiden ofte enten rundt frysepunktet (oktober, november, april) eller lavere (november til mars), se også Figur 4. Dette betyr at mye av vinter nedbøren er snø i fjellsiden. Alle de ni vintrene med snømålinger hadde lengre perioder med snø på bakken i Valljord, men den maksimale snøhøyden var bare mellom 0,2 og 0,5 m (Figur 5). Ekstrapolering fra en så kort observasjonsperiode medfører stor grad av usikkerhet, men det er sannsynlig at man må regne med rundt 0,8 m og 1,0 m for returperioder på

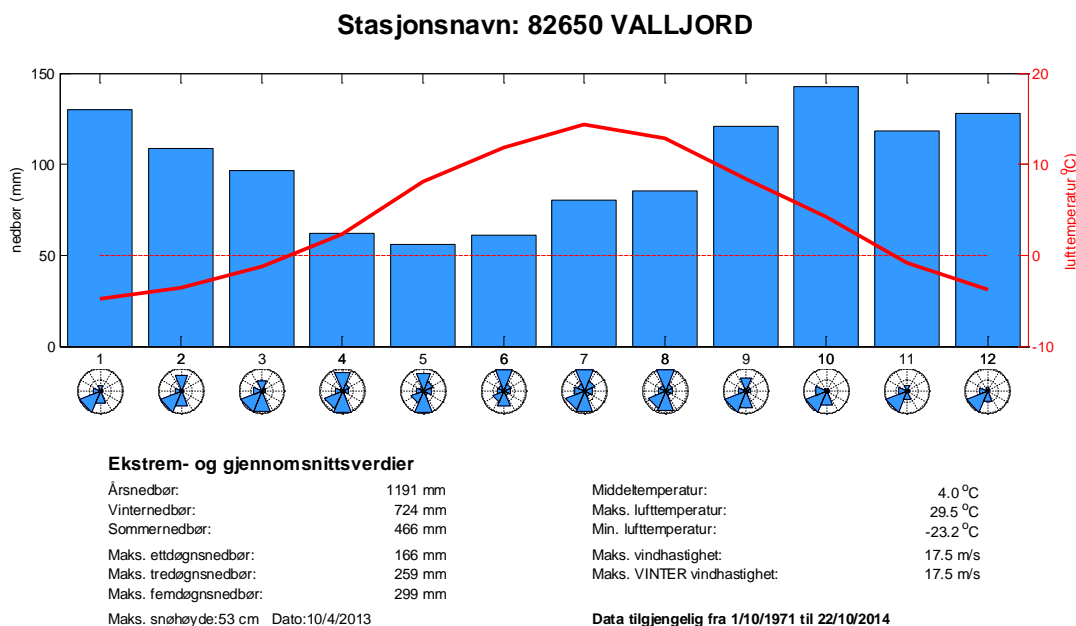
henholdsvis 100 og 1000 år. Overføring av disse tallene til utløsningsområdene på rundt 400 m o.h. er forbundet med enda større usikkerhet, men vi antar at verdier rundt henholdsvis 1,2 og 1,5 m er sannsynlige. Lokalt kan de modifieres av vinden, med bart fjell på skuldrene og flere meter snø samlet i forsenkninger. Vindrosene i Figur 7 viser at snøfall ved Valljord er nesten utelukkende forbundet med fronter som kommer inn fra sørvest, og byger fra nord. Varmfronter kan imidlertid også medføre nedbør som regn vintertid. Det antas at disse vær-situasjonene har omtrent de samme vindretningene i undersøkelsesområdet.

Et iøynefallende trekk i nedbørsdataene er at mye nedbør kan komme i løpet av ett døgn. Nærmere analyse viser at de ni høyeste døgnverdiene i løpet av observasjonsperioden (tilsvarende en returperiode på 5 år) er alle på 90 mm eller mer, med maksimalverdien på hele 166 mm. Den maksimale tre og fem døgns nedbøren over en periode av 44 år ble målt til henholdsvis 260 og 300 mm. De fleste slike hendelser skjedde høst eller vinter, ved døgntemperaturer mellom 2 og 8 °C på Valljord. De mest ekstreme hendelsene kom sannsynligvis som regn i høyde med utløsningsområdene, men kan ha vært snø eller en blanding av snøfall og regn mot fjelltoppen. Ved kuldegrader i høyden tilsvarende slike nedbørmengder en nysnøhøyde på minst 2–3 m, men sannsynligvis mer fordi nedbørmengden forventes å øke med høyden.

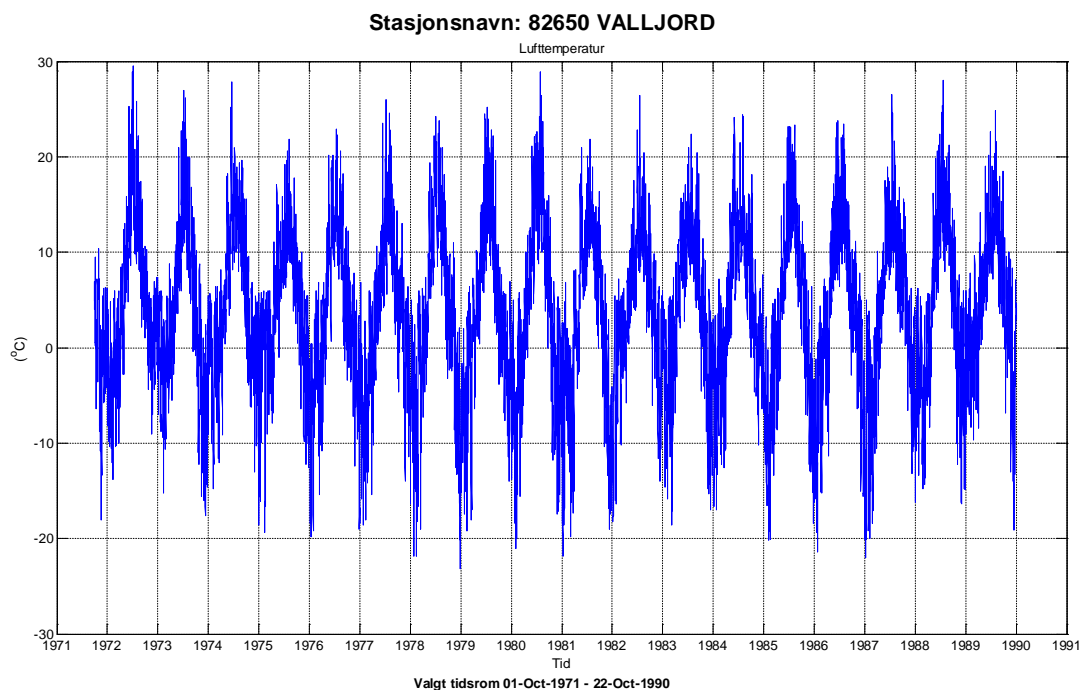
Ut fra de tilgjengelige dataene kan klimaet i undersøkelsesområdet kort karakteriseres som følger:

- Nedbørmengdene er gjennomsnittlige for Norge, men store medbørmengder kan komme på kort tid, særlig med bygevær.
- Hovedvindretningene i dalen er sørvest og nord, pga. topografien og den generelle retningen av henholdsvis varmfroter og byger. Vi forventer at disse er hovedvindretningene også i undersøkelsesområdet. I tillegg vil vind fra sørøst til nordøst opptre oftere ovenfor ca. 300 m o.h. enn i dalbunnen.
- Vinterstid er temperaturen i de potensielle utløsningsområdene over lange perioder under frysepunktet, mens temperaturen svinger ofte rundt 0 °C høst og vår.
- Dersom østavinden ikke frakter snøen ut av utløsningsområdene, forventer vi at snømengdene i høyden er mye større enn ved målestasjonen.

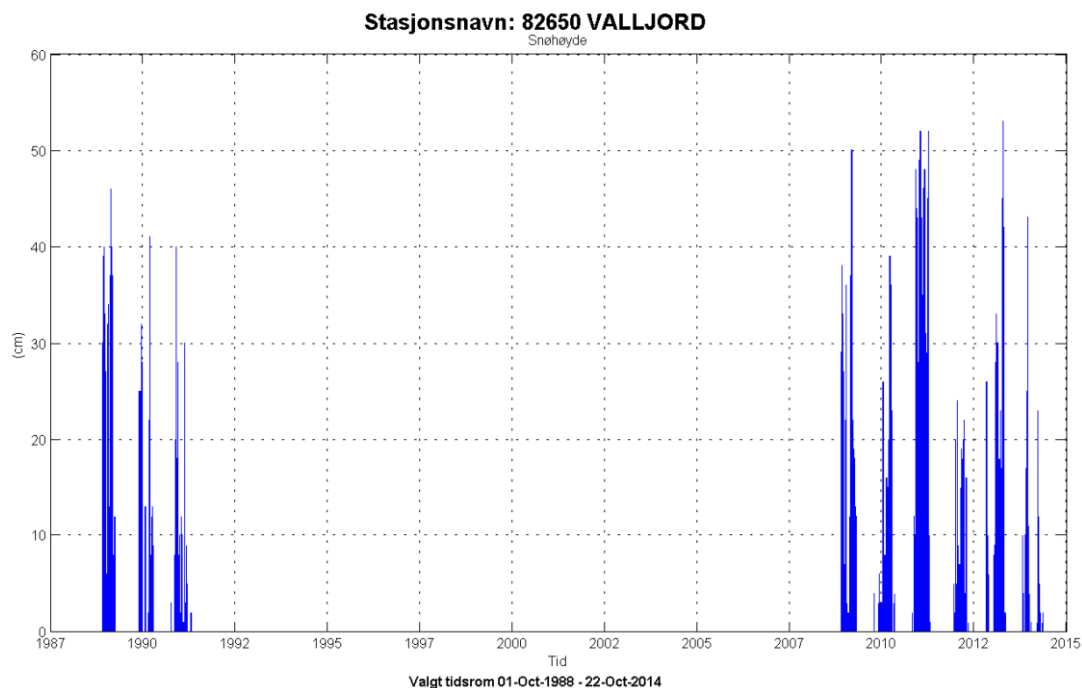




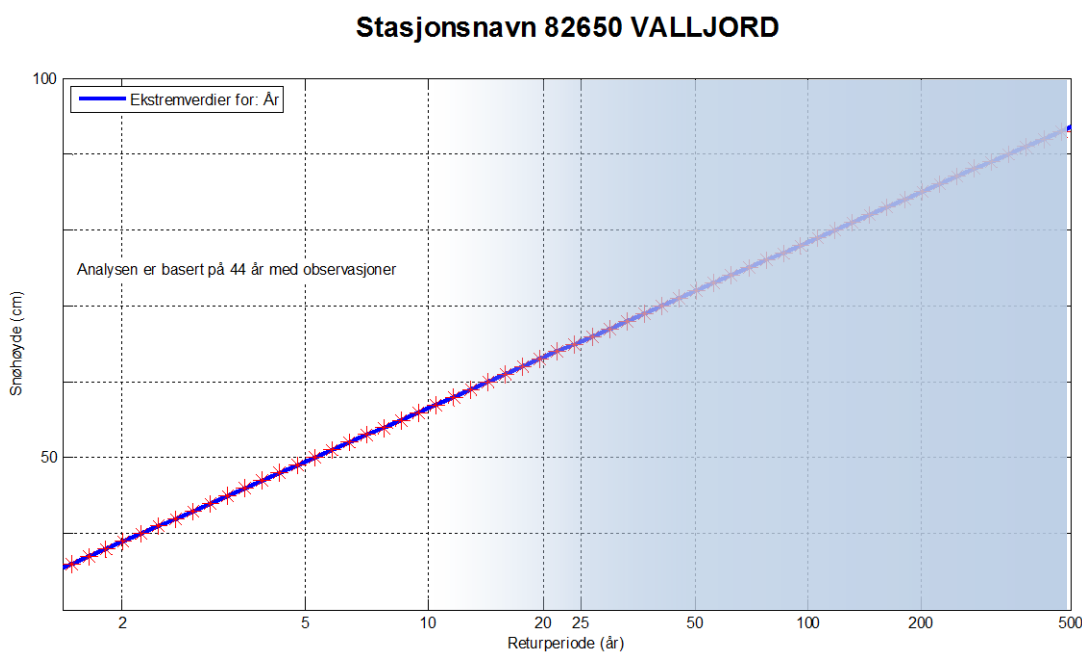
Figur 3. Klimaoversikt fra den meteorologiske stasjonen Valljord. Gjennomsnittstemperaturen er under frysepunktet fra desember til februar. Hovedvindretningene er bestemt av den lokale topografien og er ikke helt representative for utløsningsområdene. Temperatur- og vindmålinger finnes kun i perioden 1971–1990.



Figur 4. Temperaturmålinger fra Valljord. De fleste årene finnes det flere perioder i høst og vår der temperaturen svinger rundt 3–4°C, dvs. rundt frysepunktet i fjellveggen. Samtidig ligger temperaturen de fleste vintre i lange perioder stadig under frysepunktet i utløsningsområdene for snøskred.

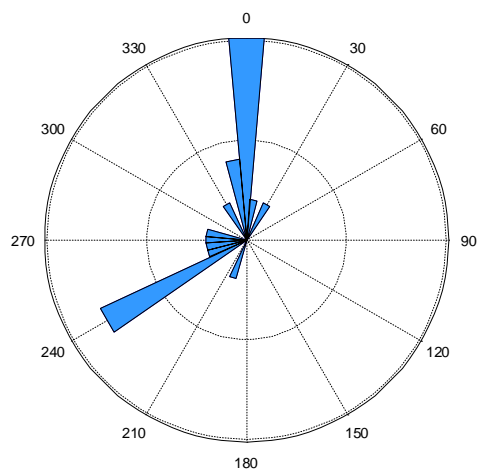


Figur 5. Snøhøydemålinger fra Valljord.



Figur 6. Ekstrapolering av den årlige maksimale snøhøyden ved Valljord med hjelp av ekstremverdistatistikk, basert på 9 vintre med snøhøydemålinger. Skravuren antyder at påliteligheten av ekstrapoleringen minker ved økende returperiode.

### Stasjonsnavn: 82650 VALLJORD



Prosent av tilfeller

**Spøringsparameter:**

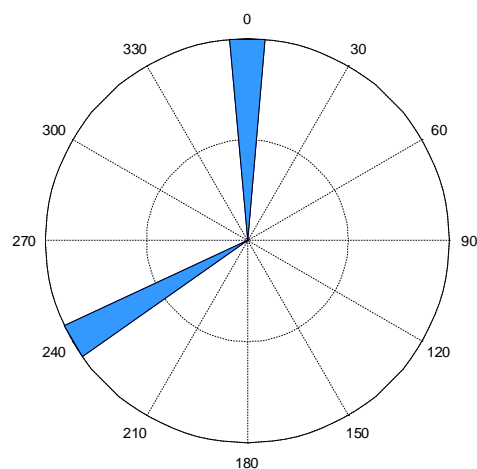
Lufttemperatur < 1 °C  
 Vindhastighet > 5 m/s  
 Snøhøyde > 0 cm

Nedbør (1 døgn) > 10 mm  
 Nedbør (3 døgn) > 0 mm  
 Nedbør (5 døgn) > 0 mm  
 Vindsektor 0 til 360 degr.

Valgt periode: all/all/all til all/all/all  
 Antall tilfeller funnet i perioden: 19 av 40249

Data tilgjengelig fra 1/10/1971 til 22/10/2014  
 Totalt antall observasjoner: 40249

### Stasjonsnavn: 82650 VALLJORD



Prosent av tilfeller

**Spøringsparameter:**

Lufttemperatur < 1 °C  
 Vindhastighet > 5 m/s  
 Snøhøyde > 0 cm

Nedbør (1 døgn) > 20 mm  
 Nedbør (3 døgn) > 0 mm  
 Nedbør (5 døgn) > 0 mm  
 Vindsektor 0 til 360 degr.

Valgt periode: all/all/all til all/all/all  
 Antall tilfeller funnet i perioden: 4 av 40249

Data tilgjengelig fra 1/10/1971 til 22/10/2014  
 Totalt antall observasjoner: 40249

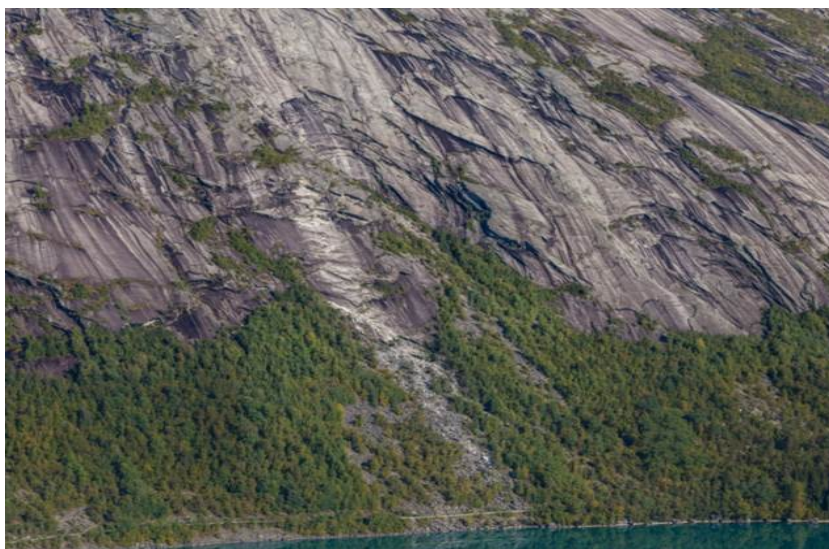
Figur 7. Vindretninger ved snøfall på mer enn omtrent 10 cm (øverst) og 20 cm (nederst) per døgn og moderat vind eller sterkere på Valljord. Analysen er basert på 19 vintre.

## 4 Skredhistorikk

I følge NVEs skredatlas ([www.skrednett.no](http://www.skrednett.no)) ligger veistrekningen innenfor aktsomhetsområder for steinsprang, snøskred og jord- og flomskred (Figur 9). I følge samme skredatlas er det ingen registrerte skredhendelser i området. Steinsprang er imidlertid registrert, og foto fra flere hendelser finnes i Statnett-Forprosjekt.

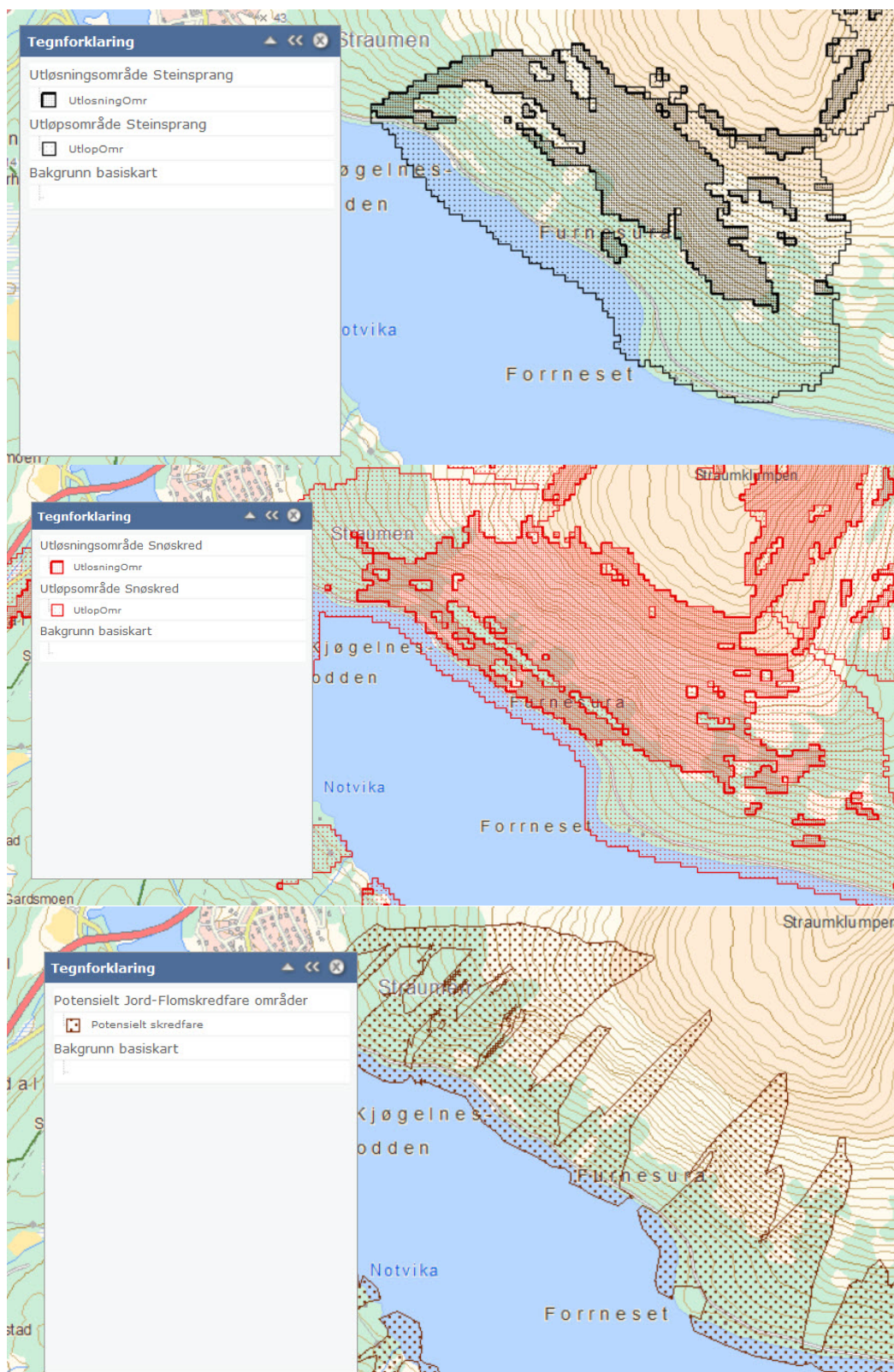
Multiconsult (2006) estimerer at faren for nye steinsprang ned på veien kanskje er så stor som ett steinsprang per andre til fjerde år. Rambøll (2014) skriver følgende om skredfaren: "*Det er åpenbart at steinsprang og ras forekommer flere ganger årlig, men at kun store blokker når ned til veien. Frekvensen av store blokker som når veien er anslått til en gang hvert 2. – 4. år og dette vurderes som en rimelig antagelse også ut fra samtaler med driftspersonell som var på stedet under vår befarings.*" Videre påpekes av Rambøll (2014) at i perioder med mer is enn normalt, vil isras kunne utgjøre en betydelig større trussel enn steinras pga. rashyppighet. Det skrives imidlertid også at nedrasing av is/sørpe på veien forekommer årlig, men at det ikke anses for problematisk.

Vi har selv kontaktet Hans Martin Hjemaas som arbeider ved Siso Kraftverk da vi har fått opplyst at han kjenner skredhistorikken best. Han bekreftet at antagelsen om at steinsprang når ned til veien hvert 2. – 4. år er rimelig. Videre at is kommer ned på veien hvert år, men at det ikke oppleves som farlig, men ofte krever rydding av veien i etterkant av hendelser. Vanligvis glir isen utpå veien, og utgjør dermed ikke nevneverdig fare. Imidlertid ser han for seg at isras kan være farlig helt i den vestre delen hvor det er bratt berg helt ned til veien: her kan større ismengder velte ut på veien. Hjemaas opplyste også om at det er observert to snøskred siden 2000-tallet og ett før det, altså tre totalt. Alle gikk ned på det samme stedet i det lyse skredsåret langt øst i området (se Figur 8 og Figur 10). Det største av dem (2009) krevde rydding av veien før den ble kjørbær. Det finnes ikke informasjon om snøskred har gått andre steder, men stoppet før de nådde veien.



Figur 8. Tre snøskred ble observert i den lyse banen i midten av bildet.





Figur 9. Aktsomhetsområder fra NVEs skredatlas (<http://skredatlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=Skredatlas>). Øverst: Steinsprang. Midt: Snøskred. Nederst Jord- og flomskred.

## **5 Vurdering av fare for steinsprang/-skred**

### **5.1 Geologi**

I følge berggrunnskart fra Norges Geologiske Undersøkelse består bergarten i området av granittisk gneis, grov- til middelskornet, stedvis porfyrisk. Det er en mekanisk sterk bergart, og svakheter i form av sprekker i bergmassen er nødvendig for at steinsprang/-skred skal kunne skje. I følge Multiconsult 2006 finnes tre hovedsprekkeretninger i området. Ett parallelt fjellsiden med sprekkeavstand på 1 – 3 m, og i tillegg finnes sprekker i to retninger normalt på fjellsiden. Våre observasjoner tyder på at sprekker parallelt fjellsiden er godt utviklet i hele fjellsiden, mens sprekker normalt på fjellsiden opptrer mindre systematisk.

Mellom foten av fjellsiden og vannkanten består løsmassene av skredavsetninger (ur) dannet av skred fra fjellsiden. På grunn av mangel på løsmasser utenom ur, ansees sannsynligheten for jord- og flomskred som så liten at dette ikke vurderes videre i rapporten.

### **5.2 Potensielle kildeområder for steinsprang/-skred**

Vår vurdering er at det finnes potensielle kildeområder for steinsprang/-skred langs hele den undersøkte strekningen (Figur A1). Detaljer for noen potensielle kildeområder er vist i Figur A2–A7. Figurene A3–A7 viser både utsnitt av gigapixelfoto og utsnitt av modell laget fra LiDAR-data.

Faren for at steinblokker skal nå ned til veien eller forbi veien, er størst mellom vestligste del av undersøkt område og Fornesbukta, slik det er vist i Figur 10. I Figur 10 er også vist noen skredhendelser som er lokalisert basert på telefonsamtale med Hans Martin Hjemaas. Vi mener det er vanskelig å differensiere skredfaren langs den 1,3 km lange veistrekningen, og at faren for steinsprang/-skred for alle praktiske formål kan anses omtrent lik hele veien.

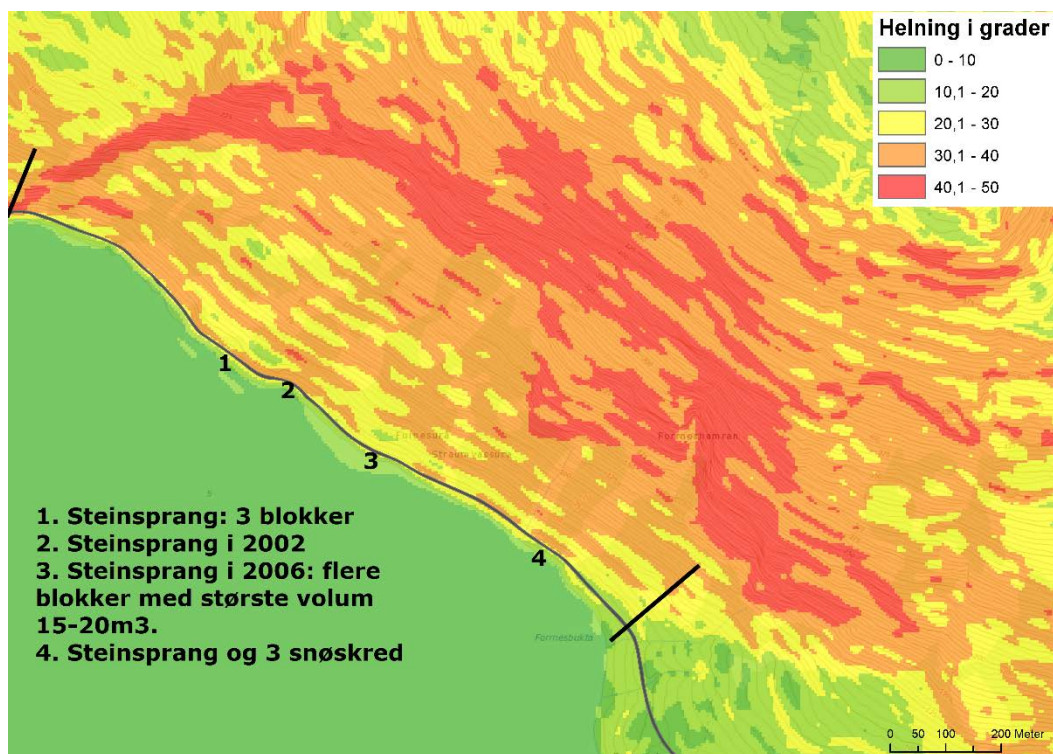
### **5.3 Størrelse av skredblokker som kan treffe veien**

Den største skredblokken som har blitt registrert ble anslått til 15 – 20 m<sup>3</sup>. Den var én av flere skredblokker som kom ned på veien 2006-07-02 (Multiconsult 2006). I Statnett-Forprosjekt er det foto av flere hendelser. Det er vanskelig å vurdere størrelsen av skredblokkene ut fra fotoene, men flere kubikkmeter synes realistisk. Multiconsult (2006) antar at hoveddelen av steinblokkene vil være mindre enn 5 m<sup>3</sup>.

Vi har utført målinger i LiDAR-modellen for estimering av blokkstørrelser (Figur A3–A11). Disse målingene kan ikke sies å utgjøre et representativt utvalg, da målingene har blitt utført på større blokker. Spesielt i ura er det vanskelig å måle de mindre blokkene fordi de er i større grad skjult enn de større blokkene. Målingene som er foretatt i de potensielle kildeområdene i fjellsiden er gjort i tre hovedretninger, høyde på bruddkant, lengde langs fjellsidens fallretning og lengde langs fjellsidens strøkretning. Det har vært vanskelig å måle alle disse retningene på en og samme potensielle steinblokk. Derfor er tabellen med målinger fra potensielle kildeområder



presentert med antall målinger, minst, størst, etc. i hver retning og ikke som mål tilhørende potensielle enkeltblokker. Målingene fra ura er systematisert annerledes, siden flere av blokkene ble målt fra flere sider. Det betyr at målingene fra ura er bedre egnet til å estimere blokkarealer og blokkvolumer enn målingene fra potensielle kildeområder. Resultatene er oppsummert i Tabell 1 og Tabell 2.



Figur 10. Mellom de sorte linjene er det størst fare for at steinblokker skal nå ned til veien, eller forbi veien. Strekningen er 1,3 km lang. Omtrentlig plassering av noen registrerte skred er vist med tall.

Tabell 1. Målinger fra potensielle kildeområder i fjellsiden, fra LiDAR-modellen. Alle mål i meter.

	Høyde bruddkant	Lengde langs fjellsidens fallretning	Lengde langs fjellsidens strøkretning
Antall målinger	22 stk	12 stk	6 stk
Minst	1,5	3,2	6,3
Størst	24,7	17,8	10,9
Gjennomsnitt	5,8	8,5	8,9
Standardavvik	4,9	4,5	1,6

Tabell 2. Målinger av blokker i ura, fra LiDAR-modellen.

	Sidekant 1 [m]	Sidekant 2 [m]	Sidekant 3 [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Volum [m <sup>3</sup> ]
Antall målinger	23 stk	21 stk	2 stk	21 stk	2 stk
Minst	1,6	1,3	1,2	3,4	17,6
Størst	8,6	9,0	3,0	76,5	51,6
Gjennomsnitt	4,7	3,9	---	20,1	---
Standardavvik	1,8	2,3	---	17,3	---

Tabell 1 illustrerer at det er potensial for skredblokker på mange titalls kubikkmeter i potensielt kildeområde. Tabell 2 indikerer at mange skredblokker med volum på flere titalls kubikkmeter finnes i ura.

#### 5.4 Stabilitet av løsmasser (ur)

Multiconsult (2006) skriver følgende: "I det aktuelle området synes materialet å ligge i stabil rasvinkel, så lenge det ikke blir forstyrret av for eksempel nye utfall ovenfra".

NGIs befaring i ura gav som resultat at det ikke er synlige tegn til instabilitet:

- Generelt ikke skjeve trær
- Ikke strekk i ura
- Ikke konveksitet
- Ikke vannsig

I tillegg ligger ura med en gjennomsnittlig vinkel på rundt 30°, hvilket tilsier at den sannsynligvis er stabil.

## 6 Sannsynlighet for sammenstøt mellom steinsprang/-skred og kjøretøy

Den årlige sannsynligheten ( $S$ ) for sammenstøt mellom skred og et kjøretøy i bevegelse (direkte treff) er gitt ved (Kristensen et al., 2003):

$$S = \frac{\text{ÅDT} \cdot (L + l) \cdot f}{v \cdot 1000 \cdot 24} \quad \text{Formel 1}$$

hvor ÅDT er antall biler per døgn,  $L$  er skredets bredde i meter eller kjøretøyets lengde i meter avhengig av hvilken verdi som er størst,  $l$  er stopplengden i meter,  $f$  er antall skred per år og  $v$  er kjørehastigheten i km/t.

Det presiseres at Formel 1 kun beregner årlig sannsynlighet for sammenstøt mellom skred og kjøretøy i bevegelse. Hvor farlig det er for sjåføren avhenger av skredets størrelse og fart. Opplagt vil en liten steinblokk som kommer rullende langs bakken være mindre farlig for sjåføren enn for eksempel steinsprut i vindushøyde eller store rullende steinblokker med stor fart. Den aktuelle veistrekningen har veibredde ca.

3,5 m. Så smal vei betyr at sannsynligheten for sammenstøt mellom skred og kjøretøy i bevegelse er tilnærmet uavhengig av kjøreretning.

Antall steinsprang/-skred ( $f$ ) per år for den ca. 1,3 km lange veistrekningen settes til 0,33, tilsvarende en returperiode på 3 år, basert på Kapittel 4.

Stopplengden ( $L$ ) er summen av reaksjonslengden og bremselengden. Ved å sette reaksjonstiden til ett sekund blir reaksjonslengden ved fart 40 km/t lik 11 m ( $40 \text{ km/t} \times 1 \text{ s} \times 1000 \text{ m/km} / 3600 \text{ s/t}$ ). Bremselengden kan regnes ut som vist i Figur 11. Ved å bruke middelveidene for friksjonskoeffisienter oppgitt i Figur 11 og anta 6 måneder per år med tørr asfalt (egentlig grusvei på stedet), 3 måneder per år med våt asfalt og 3 måneder per år med snø fås en gjennomsnittlig friksjonskoeffisient på 0,7. Bremselengden ved fart 40 km/t (11 m/s) blir dermed etter formelen i Figur 1 lik 9 m. Stopplengden for bruk i Formel 1 blir dermed 20 m (11 m + 9 m).

Skredets bredde i meter eller kjøretøyets lengde i meter ( $L$ ) settes til 5 m for kjøretøy da de fleste steinsprang som når ned til veien antas å ha mindre bredde enn 5 m. Grunnlaget for 5 m bredde på kjøretøy er at 95 % av trafikken vil være med personbil/varebil med typisk lengde 4,8 m mens resterende trafikk vil være lastebil med typisk lengde 10 – 12 m (Trædal 2014).

Antall biler per døgn (ÅDT) varierer (Kapittel 1) og i henhold til Statnett (2014) vil gjennomsnittlig ÅDT være som følger: 33 i 2015, 337 i 2016 og 2017 og 181 i første halvdel av 2018. Den virkelige ÅDT'en antas å bli marginalt høyere pga. annen trafikk enn den som er knyttet til Statnetts virksomhet.

Basert på inngangsdata som beskrevet over fås resultater etter Formel 1 som vist i Tabell 3. Største årlig sannsynlighet for sammenstøt mellom kjøretøy i bevegelse er 0,3 % i henhold til Tabell 3. Til sammenligning aksepteres en årlig nominell sannsynlighet for skred mot bolighus på inntil 0,1 %.

I tillegg er det en viss sannsynlighet for at kjøretøy kjører inn i skredmasser som ligger på veien. Avgjørende her er stopplengden, som er estimert til 20 m, og hvor langt sjåføren ser foran seg. Dersom sistnevnte er mer enn 20 m, bør sannsynligheten for å kjøre inn i skredmasser være veldig lav.

*Tabell 3. Årlig sannsynlighet for sammenstøt mellom steinsprang og kjøretøy i bevegelse.*

År	ÅDT	Årlig sannsynlighet for sammenstøt [%]
2015	33	0,03
2016 og 2017	337	0,3
Første halvår av 2018*	181	0,08

\*Antall skred er lik 0,33/2

## Bremselengde

Formel for utregning av bremselengde kan se slik ut:

$$s = \frac{v^2}{2\mu g}$$

s =bremsestrekning

v =fart i meter per sekund

$\mu$ =friksjonskoeffisient

g=gravitasjon(9,81)

### Friksjonskoeffisient:

Tørr asfalt:	Våt asfalt/grus:	Snø:	Is:
$\mu = 0,9$ til $1,0$	$\mu = 0,4$ til $0,8$	$\mu = 0,2$ til $0,4$	$\mu = 0,15$ (vinterdekk uten pigg) $\mu = 0,25$ (vinterdekk med pigg)

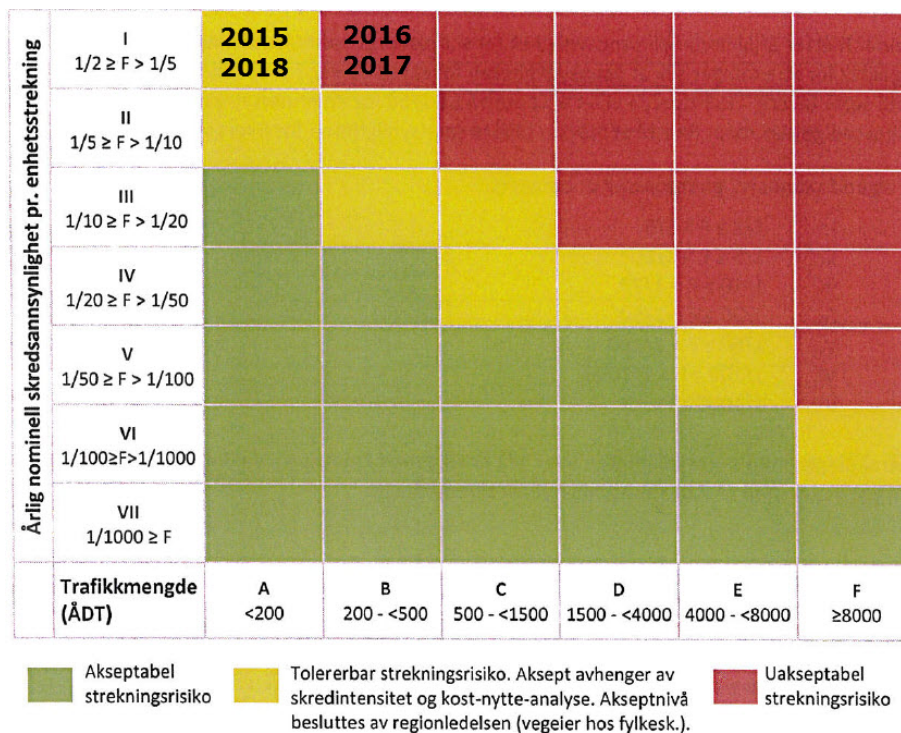
Figur 11. Beregning av bremselengde langs en horisontal vei. Fra <https://www.trafikkvideo.no/nettsted/utregning-av-bremselengde-reaksjonslengde-og-stopplengde>.

## 7 Vurderinger etter retningslinjer fra Statens vegvesen

Risikomatriksen som er vist i Figur 12 er hentet fra Statens vegvesen (2014). Med sannsynligheter og ÅDT som beskrevet i Kapittel 6, ligger 2015 og første halvdel av 2018 i gult område, og 2016 og 2017 ligger i rødt område. For at årene 2016 og 2017 skal havne i gult område kreves at årlig nominell sannsynlighet for skred må være lavere enn 0,2, tilsvarende en returperiode på 5 år. Det kan være tilfelle, men vi har brukt en returperiode på 3 år (Kapittel 4 og 6).

I kapittelet "Veiledning i bruk av akseptkriteriene" står blant annet i Statens vegvesen 2014: "Er enhetsstrekningensrisikoen uakseptabel (rød) eller tolererbar (gul) må det foreslås/fastsettes tiltak som fører til at årlig nominelle sannsynlighet for skredhendelser på enhetsstrekningen gir akseptabel (grønn) risiko. I noen tilfeller vil kostnadene og ulempene ved skredsikring til akseptabelt (grønn) risikonivå være uforholdsmessig store og det åpnes for å akseptere tolererbar (gul) risiko på strekningen. Dette forutsetter at det er gjennomført en kost-nytte-analyse hvor resultatet fører til at det er forsvarlig å åpne for mer fleksibilitet, altså å øke akseptnivået til gult. Årsaken til å åpne for økt risikoaksept begrunnes med at konsekvens i risikomatriksa kun er vurdert ut fra ÅDT, noe som ikke absolutt

reflekterer viktigheten av veien." Videre beskrives at kost-nytte-analyse for ulike sikringsalternativer skal utføres, og det listes opp flere forhold som kan være aktuelle å vurdere.



Figur 12. Risikomatrix for skred på en veistrekning. Grønn, gul og rød angir akseptnivået. Enhetsstrekningen er satt til 1 km. Dersom lengden er i nærheten av 1 km (f. eks. 1,3 km) behandles den som én enhetsstrekning (Statens vegvesen 2014).

## 8 Beregninger av steinsprang/-skred og permanent sikring

### 8.1 Steinsprang/-skred

I Statnett-Forprosjekt nevnes flere mulige løsninger for veistrekningen:

1. Rasoverbygg i form av betongkulvert.
2. Bygge tunnel med lengde 1500 m.
3. Rassikringsgjerde (steinspranggjerde).
4. Bygge fangvoll.
5. Rensk av stedfestede utfallsområder.
6. Leve med rasfaren, montere bom for veien og vurdere faren for ras før passering.

Vi har vurdert steinspranggjerde og fangvoll. Sistnevnte kan være mulig å gjennomføre, men både de praktiske og sikkerhetsmessige utfordringene med bratt terreng og å grave seg ned i urmasser for fundamentering av fangvollen vil sannsynligvis bli store. Vi vurderer steinspranggjerde som en bedre løsning, og har fått innspill fra en entreprenør om at løsningen er gjennomførbar.



Vi har utført beregninger av steinsprang med programmet RocFall versjon 5.011 fra RocScience, og de to profilene er vist i Figur 13 og Figur 14. Omtrentlig plassering av profilene er vist i Figur A1. Beregningene gir blant annet resultater i form av utløpslengder til steinblokker, fart og total kinetisk energi (TKE). Av størst interesse er TKE der det er aktuelt å plassere sikring.

Programmets standardverdier for koeffisientene for normal og tangentiell restitusjon ble brukt for de to underlagsmaterialene langs skredbanen, men uten standardavvik. Det siste betyr at alle steinblokker vil stoppe samme sted. Disse inngangsdataene gav som resultat at steinblokker stopper henholdsvis 24 m (Profil vest) og 15 m (Profil øst) forbi veien. Vi mener det er et fornuftig utløp å bruke, basert på at noen registrerte skredblokker har passert veien og skadet veirekkverket. I tillegg er det ur både mellom veien og Straumvatnet, og ned i Straumvatnet. Massetetthet (densitet) til steinblokkene er  $2600 \text{ kg/m}^3$ . Resultatene er vist i Tabell 4.

Steinspranggjerdet leveres i energiklassene 1000 kJ, 2000 kJ, 3000 kJ, 5000 kJ og 8000 kJ. Tabell 4 viser at et steinspranggjerdet i energiklasse 8000 kJ skal kunne stoppe selv en steinblokk med volum  $40 \text{ m}^3$  (tilsvarende sidekanter med lengde 3,4 m for en kube), mens største registrerte skredblokk har volum  $15\text{--}20 \text{ m}^3$  (Kapittel 5.3). Målinger utført i LiDAR-modellen viser at skredblokker kan ha langt større volum enn  $15\text{--}20 \text{ m}^3$  (Tabell 1 og Tabell 2).

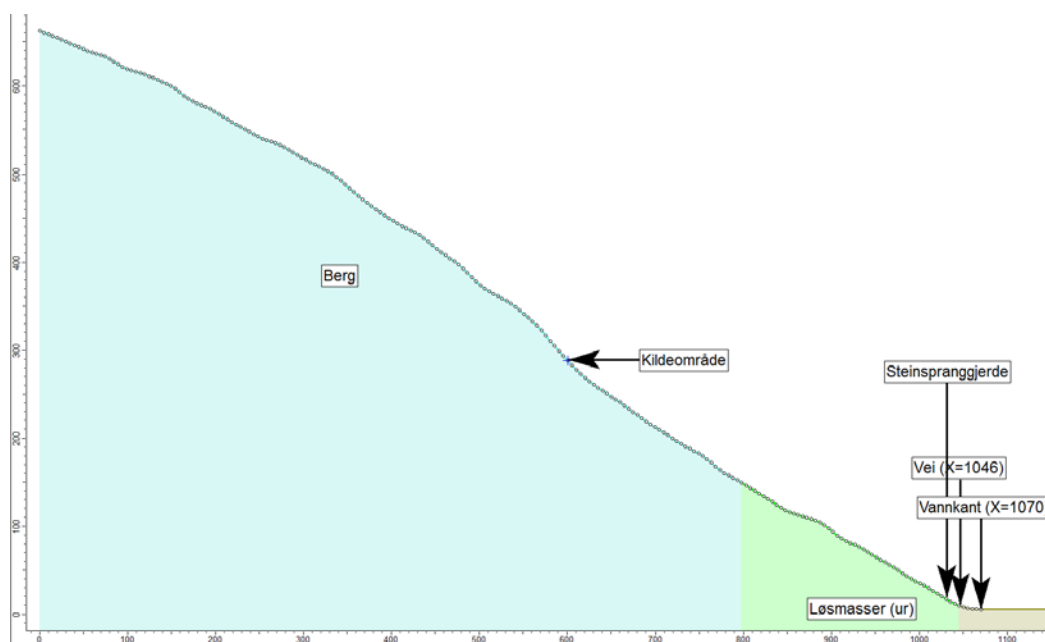
Dersom sikring med steinspranggjerdet skal utføres, anbefaler vi å bruke energiklasse 3000 kJ eller høyere, som kan stoppe blokker minst med volum  $10\text{--}15 \text{ m}^3$ . Sikkerheten for veien vil øke med økende energiklasse, og det gjør også byggekostnaden. Vi anbefaler å innhente priser for steinspranggjerdet i energiklassene 3000 kJ, 5000 kJ og 8000 kJ, og bestemme seg for energiklasse når det ses hvor mye ekstra sikkerhet for veien koster.

Tabell 4. Resultater fra steinsprangberegninger.

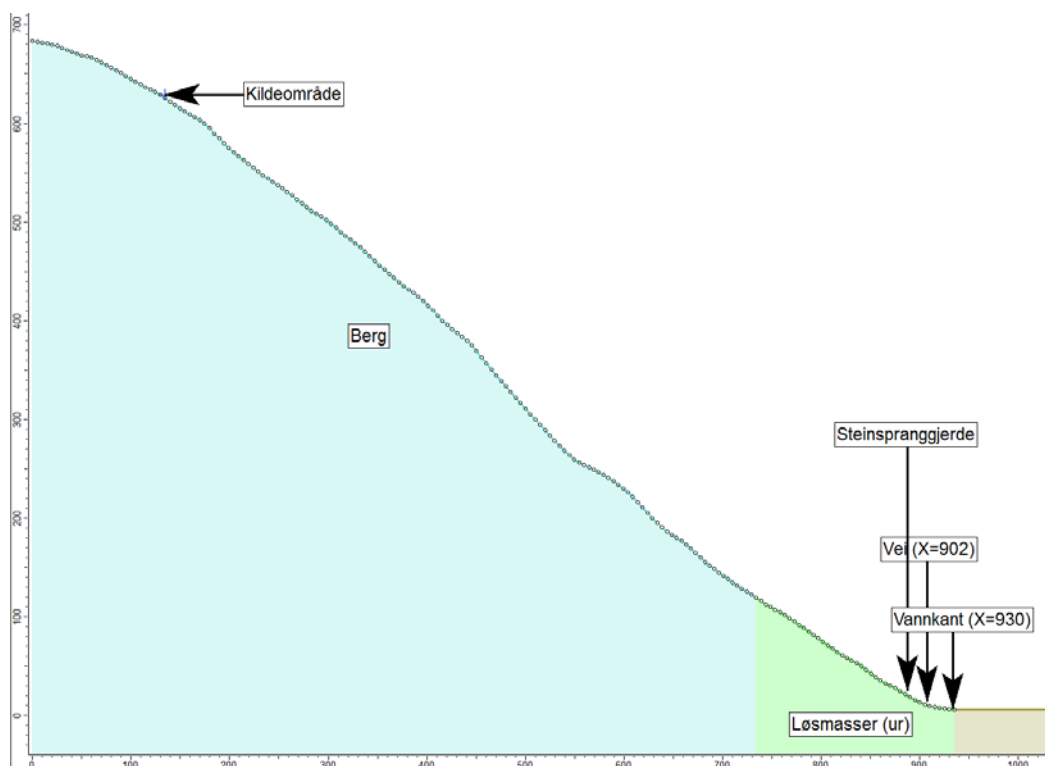
Profil	Volum [ $\text{m}^3$ ]	Utløp forbi vei [m]	Fart ved vei [m/s]	TKE ved vei [kJ]	TKE 10–20 m ovenfor vei* [kJ]
Vest	40	24	7	3600	7900
Vest	25	24	7	2200	4900
Vest	15	24	7	1300	3000
Vest	10	24	7	900	2000
Vest	5	24	7	600	1000
Øst	40	24	6	2500	4100
Øst	25	15	6	1600	2500
Øst	15	15	6	900	1500
Øst	10	15	6	600	1000
Øst	5	15	6	400	500

\* Et steinspranggjerdet bør plasseres minst 10 m fra veien fordi nettet gir etter når det treffes av steinblokker: drøyt 8 m for de kraftigste steinspranggjerdene.





Figur 13. Profil-vest. Se figur A1 for lokalisering.



Figur 14. Profil-øst. Se figur A1 for lokalisering.

Konsekvenser av skredblokker ned på eller forbi veien vil avhenge av blant annet blokkstørrelse, fart og hvor på kjøretøyet skredblokken treffer. Når det gjelder sistnevnte er skredblokkens høyde over veien (vertikalt mellom undersiden av

blokken og veien, spranghøyde) av betydning. I beregningene utført med programmet RocFall ruller skredblokkene langs bakken i hele skredbanen. Terrengmodellen som profilene er hentet fra er ikke detaljerte nok til å gi unduleringer/ujevnheter som kan forårsake sprang. I praksis vil det bli annerledes, og noe sprang må man regne med. Langs deler av veistrekningen er det også bratt skråning med opptil noen meters høyde ned mot veien. Følgelig vil skredblokker måtte ha en viss høyde over veien i disse områdene. For vurderinger av konsekvenser foreslår vi å bruke inngangsdata som vist i Tabell 5.

Tabell 5. Inngangsdata for konsekvensvurderinger.

	Fart [m/s]	Blokkstørrelse [m <sup>3</sup> ]	Høyde over veien [m]	TKE [kJ]
Minst	7	2	0	400
Typisk	7	10	1	2000
Størst	7	50	3	10000

## 9 Snø- og sørpeskred

### 9.1 Snøskred

Snøskred utløses oftest i terreng med helning mellom 30° og 55°. Forutsetning er vanligvis en tilstrekkelig snømengde oppå et svakt lag, som begerkrystaller, skare eller et rimlag tildekket av nysnø. Våte snøskred kan imidlertid gli ut på de bratte svabergene uten et slikt svakt lag. Den nødvendige nysnømengden avhenger av terrenghelningen, størrelsen av utløsningsområdet og snøens styrke, men er ofte rundt 0,5 m på tre døgn. Der terrenget er ruglete, trengs det et relativt mektig lag av gammel snø, som jevner ut terrenget, slik at et skjærbrudd kan forplante seg over en betydelig distanse.

Stort sett er hele fjellsiden mellom veien og 650 m o.h. bratt nok for at snøskred kan utløses (se helningskartet i Figur 10 og Kart 1). Derimot er det relativt få områder som vil kunne samle store mengder av drivsnø. Dette er ikke en betingelse for at snøskred kan utløses, men det øker sannsynligheten betydelig. Ura er så grovblokket at vi kan se bort fra at snøskred kan utløses der.

På grunn av få observerte snøskred (jf. Kap. 4) baseres vårt anslag av utløsnings sannsynligheten på de følgende antagelsene:

- Det potensielle utløsningsområdet kan deles inn i 6 uavhengige utløsningsområder for middelsstore skred med sammenlignbare utløsnings-sannsynligheter, se Kart 02.
- Det har blitt observert tre snøskred i løpet av de siste  $M \approx 50$  år i ett av disse områdene (unntatt muligens små skred som stoppet langt ovenfor veien).
- I utløsningsområdet (400–650 m o.h.) er den årlige sannsynligheten for et snøfall på minst 0,5 m i løpet av tre døgn rundt 0,5, for minst 0,75 m rundt 0,05, og for minst 1,0 m rundt 0,005.

- Gitt en nysnømengde  $\Delta H_s$ , er den betingete bruddsannsynligheten  $P(\text{brudd} | \Delta H_s)$  betydelig lavere enn det som ble observert f.eks. på Strynefjellet (Lied og Kristensen, 2003) fordi det ikke finnes utpregete terrengformasjoner som samler drivsnø og fordi østavinden kan frakte snø ut av utløsningsområdene. Med stor usikkerhet anslår vi de følgende verdiene:

$$\begin{aligned}p_{0,50} &= p(\text{brudd} | 0,50 \text{ m}) \approx 0,01-0,03, \\p_{0,75} &= p(\text{brudd} | 0,75 \text{ m}) \approx 0,03-0,10, \\p_{1,00} &= p(\text{brudd} | 1,00 \text{ m}) \approx 0,10-0,30.\end{aligned}$$

Med disse tallene blir sannsynligheten for at det *ikke* opptrer noe snøskred i noen av seks skredbaner i løpet av ett år til

$$P_1 \approx [1 - (0,45 \times p_{0,50} + 0,045 \times p_{0,75} + 0,005 \times p_{1,00})]^6 \approx 0,89-0,95.$$

I følge opplysningene fra H. M. Hjemaas har det gått to snøskred de siste 15 år og totalt tre snøskred de siste rundt 50 år, men kun i én bane (som tilsvarer utløsningsområde 5 i Kart 02). Med de antatte snøfall- og bruddsannsynlighetene får man de følgende sannsynlighetene for at det ikke går snøskred i de øvrige fem banene over en periode på henholdsvis 15 og 50 år:

$$\begin{aligned}P_{15} &\approx [1 - (0,45 \times p_{0,50} + 0,045 \times p_{0,75} + 0,005 \times p_{1,00})]^{15 \cdot 5} \approx 0,23-0,62, \\P_{50} &\approx [1 - (0,45 \times p_{0,50} + 0,045 \times p_{0,75} + 0,005 \times p_{1,00})]^{50 \cdot 5} \approx 0,007-0,20.\end{aligned}$$

Det kan være plausibelt at intet annet snøskred har gått fra fjellsiden i de siste femten år dersom bruddsannsynligheten er i nærheten av den nedre enden av det anslåtte intervallet. Derimot er det i høy grad usannsynlig at det ikke har gått flere snøskred i de siste 50 år. Det at det ikke foreligger flere observasjoner av snøskred, betyr mest sannsynligvis at flere snøskred løsnet i dette tidsrommet, men stoppet før de nådde veien.

I utløsningsområdet 5 ligger bruddsannsynligheten  $p_{0,50}$  trolig rundt 0,15 for å kunne forklare at det er observert tre snøskred ned til veien i løpet av rundt 50 år. Dette tallet er mye større enn verdiene antatt ovenfor. Det er mulig at de lokale topografiske forholdene medfører høyere bruddsannsynlighet, f.eks. en terrengkant eller vann som siger ut fra en sprekk i fjellsiden. Vi kan imidlertid ikke fastslå en bestemt grunn for en slik forskjell. En annen mulighet er at bruddsannsynligheten er generelt høyere enn antatt, men skred i bane 5 har større sannsynlighet å nå veien fordi de er i mindre grad påvirket av skog eller ur enn de andre.

Disse konklusjonene ut fra klima- og terrengforholdene kan testes ved å beregne den sannsynlige rekkevidden i ulike skredbaner. Alfa-beta-modellen, som er standard-modellen i Norge for utløpsberegninger av snøskred forutsier at sjeldne snøskred fra hele fjellsiden vil nå Straumvatnet. Uten hensyn til skog og urene i terrenget er det også sannsynlig at relativt hyppige snøskred når Straumvatnet (eller veien i den sørøstlige delen av Fornesbukta) ifølge alfa-beta-modellen. For å få informasjon om skredhastigheten ble beregninger også utført med den dynamiske blokkmodellen PCM. Med standard friksjonsparametere ( $\mu = 0,25$  og  $M/D = 0,5 \times \text{fallhøyde} \approx 300$  m) forutsier modellen omtrent de samme utløpsdistansene som alfa-beta-modellen under gjennomsnittlige forhold (litt lengre i avsnittet nærmest Valljord og litt mindre

langt ved den sørøstlige enden av undersøkelsesområdet i Fornesbukta). Dette tilsvarer skredhastigheter ved veien på 25–30 m/s (90–110 km/t), unntatt lengst sørøst der hastigheten er kun på 10–15 m/s (35–55 km/t).

De grovblokkete urene langs store deler av strekningen og til dels den relativt tette skogen har imidlertid bremsende virkning på snøskred. For å anslå om denne bremsevirkningen er tilstrekkelig til å stoppe skredene før de når veien, sammenlignet vi det ytterlige energitapet pga. skog eller ur med bevegelsesenergien som skredet har igjen ved veien uten skog eller ur. Den beregnes til 50–100 J/kg lengst sørøst og til 300–500 J/kg ellers. Den horisontalt målte lengden av banesegmentet med økt friksjon varierer mellom 140 m og 200 m (rundt 250 m lengst sørøst). Der motstanden skyldes skog, anslår vi at den effektive friksjonskoeffisienten øker med  $\Delta\mu_{\text{eff.}} = 0,1\text{--}0,2$ . Dette gir et ekstra energitap på 140–400 J/kg (250–500 J/kg lengst sørøst). På grovblokket ur er  $\Delta\mu_{\text{eff.}} \approx 0,2\text{--}0,3$  et mer realistisk estimat, som fører til ekstra energitap på 300–600 J/kg. Ut fra dette konkluderer vi med at snøskred ikke vil nå veien ved østsiden av Fornesbukta. Lenger vest er det sannsynlig at de fleste skred stopper i ura eller skogen. Under eksepsjonelle forhold med stor skredmasse og mye snø på bakken kan et snøskred likevel nå veien. I slike tilfeller vil hastigheten imidlertid trolig ikke være mer enn 10–15 m/s (35–55 km/t). En slik hastighetsreduksjon er betydningsfull for valget av sikringstiltak.

Det er vanskelig å tallfeste sannsynligheten og egenskapene av snøskred ved veien ut fra den foreliggende informasjonen, men de følgende tallene er plausible:

- Snøskred fra utløsningsområde 5 i Kart 02 med en bredde på omtrent 30 m når veien med en årlig sannsynlighet mellom 0,03 og 0,1.
- I den samme skredbanen har snøskred med en bredde på rundt 100 m ved veien en årlig sannsynlighet på anslagsvis 0,003–0,01.
- Snøskred i banene 1–4 når veien med en årlig sannsynlighet på 0,002–0,006 hvert eller 0,01–0,03 til sammen. Bredden forventes å være 30–100 m.

Vi bemerker imidlertid at disse estimatene har en betydelig grad av usikkerhet fordi det finnes få målinger av bremseeffekten av skog, og vi er ikke kjent med målinger av bremseeffekten av grovblokket ur. Imidlertid mener vi at fanggjerdene som er foreslått som risikoreduserende tiltak mot steinsprang/-skred også vil ha en betydelig effekt på snøskred som kan nå veien. Det lages i dag gjerder som er tilpasset til å kunne sikre mot både steinsprang og snøskred. Belastningen som et snøskred utøver på gjerdet er annerledes enn belastningen fra en stein. Støttrykket ved hastighet  $u$  på 10–15 m/s og tetthet  $\rho$  på 300 kg/m<sup>3</sup> (eller lavere hastighet og større tetthet i tilfelle våstnøskred) anslås til  $p \approx \rho u^2 = 30\text{--}45$  kPa for en fast vegg. Ved avstand mellom stolpene på 10 m og flyte høyde på 1–1,5 m kommer belastningen opp i 300–700 kN pr. gjerde. Et energiopptakskapasitet  $E_{\text{max}}$  på 5000 (8000) kJ tilsvarer den kinetiske energien av skredet på en lengde på 20–70 m (30–110 m). Et enkelt overslag tilsier at friksjonen mellom bakken og den massen som ble stoppet av nettet skulle være tilstrekkelig til å stoppe resten av skredet i tilfelle  $E_{\text{max}} = 8000$  kJ og oftest tilstrekkelig i tilfelle  $E_{\text{max}} = 5000$  kJ. Det er imidlertid sannsynlig at en del av massen i et tørt snøskred kommer gjennom (eventuelt over) gjerdet.

I motsetning til steinsprang kan perioder med mulighet til utløsning av snøskred varsles med høy sikkerhet dersom gode varslingsrutiner er etablert. Selv ved høy skredfare og stengt vei vil det likevel ikke gå skred i mange tilfeller, men disse periodene er få i løpet av en vinter og varer vanligvis ikke lenger enn tre døgn, oftest kun ett døgn. På denne måten blir sannsynligheten for et alvorlig skredulykke på veistrekningen meget lav. Se avsnitt 10.2 for flere opplysninger.

## 9.2 Sørpeskred

Sørpeskred er en blanding av snø og vann og kan dannes i situasjoner der mye vann demmes opp i snødekket og svekker snøens tekstur. Vannet kan være smeltevann og/eller nedbør. I motsetning til snøskred starter sørpeskred oftest fra forsenkninger i skråninger med svak helning, som f.eks. bekkeløp, eller fra tjern der avløpet er blokkert av fokksnø eller avsetninger fra mindre snøskred. Et skarelag i snødekket eller grunn med liten vannopptakskapasitet som myr øker sannsynligheten for at sørpeskred oppstår fordi vannet i snødekket ikke kan infiltrere jordsmonnet.

Sørpeskred er mye tettere enn snøskred pga. det høye vanninnholdet. Det finnes få målinger av hastigheten, men alt tyder på at store sørpeskred kan oppnå 30–40 m/s eller 100–150 km/t i tilstrekkelig bratt terreng. Den høye tettheten gjør at trykket ved et støt mot en hindring kan være betydelig høyere enn i et snøskred. Den høye hastigheten på den andre siden fører til at sørpeskred kan flomme ut av bekkeløpet i svinger og fortsette i fallretningen. De har også stor evne til å rive med snødekket og store mengder løsmasser langs banen, slik at avsetningen kan være mye større enn startmassen. Dersom det er nok vann i skredet, kan utløpslengden være mye lengre enn rekkevidden av snøskred.

I undersøkelsesområdet ligger terrenget delvis til rette for sørpeskred. Skredene vil først og fremst kunne bli utløst i en forsenkning som starter på 800 m o.h. sørvest for toppen av Straumklumpen og snur mot sør med en helning på 10–15° ned til omtrent 700 m o.h. Forsenkningen er 2 til 5 m dyp, mellom 10 og 25 m bred og rundt 350 m lang. I tillegg finnes det en mindre utflating mellom 660 m o.h. og omtrent 710 m o.h. drøyt 200 m mot vest fra forsenkningen. Mellom svaberg kan det samles betydelige mengder drivsnø som demmer opp vannet i snødekket. De potensielle utløsningsområdene er små til middelsstore (mellom 100 og 20 000 m<sup>2</sup>), men gjennom medrivning i brattere terreng (med helning større enn 10–20°) kan et sørpeskred likevel bli relativt stort.

Når et sørpeskred har løsnet og kommet til den bratte skråningen nedenfor ca. 500 m o.h., får det høy fart og forventes å rive med all snø som ligger i banen. De fleste sørpeskred utløses tidlig på vinteren eller om våren. I disse månedene ligger det vanligvis ikke store mengder snø i den sørvestvendte, bratte skråningen med til dels bart og glatt fjell. Nedenfor ca. 100 m o.h. havner sørpeskredet i grovblokket ur eller i skog som har vokst på ur. Ura stopper skredet, med mindre skredet har meget stor masse og/eller det ligger omtrent 2 m snø på bakken. Treffer sørpeskredet derimot

skogen, må man regne med at skredet bare bremses til en viss grad og ødelegger skogen.



*Figur 15. Bredt sørpeskred fra et relativt lite kildeområde ved lite snø i Reisdalen, 2010. Foto O. Solvang, Storslett.*

De mest sannsynlige utløsningsområdene og de omtrentlige banene til sørpeskred er tegnet inn i Kart 02. Som Figur 15 viser, kan selv relativt små sørpeskred bli brede. Terrenget som er vist i dette bildet har mange felles trekk med terrenget i undersøkelsesområdet.

Det mangler pålitelige metoder for å beregne utløsningssannsynligheten for sørpeskred i et gitt område, slik at en subjektiv vurdering må gjøres. Under feltarbeidet ble ikke noe spor etter nylige sørpeskredhendelser funnet. Dette utelukker imidlertid ikke at små sørpeskred, som ikke nådde den bratte delen av fjellsiden, kan ha forekommet. Siden terrenget og klimaet, med store regn- eller snøbyger i tidlig vinter og om våren ligger til rette for mindre sørpeskred, konkluderer vi med at små sørpeskred sannsynligvis skjer oftere enn én gang pr. århundre, kanskje så hyppig som én gang pr. ti år. Sannsynligheten for at et sørpeskred treffer veien er derimot trolig mellom 1/100 og 1/1000 pr. år.

Men ut fra vurderingene i foregående avsnitt mener vi at færre enn 10 % av sørpeskredene har tilstrekkelig masse for å kunne nå veien. Ved en eventuell sikringsløsning som inneholder veistengning i perioder med høy skredfare, kan det fastsettes kriterier for vær- og snøforhold som vil gi tilstrekkelig sikkerhet mot sørpeskred uten å være altfor restriktive.





Figur 16. Mulig farlig israsområde (Hjemaas 2014) i vestligste del av kartlagt område. I en skjæring lengre vest, utenfor bildet, finnes en skjæring hvor antatt farlige isras også kan skje.

### 9.3 Isras

Mulige farlige isras kan skje i den vestligste delen av kartlagt område, og i skjæring lengre vest (Figur 16). Vi foreslår at mer informasjon om dette tema innhentes og at mulige sikringstiltak vurderes.

## 10 Sannsynlighet for skred under anleggsarbeider og risikoreduserende tiltak

### 10.1 Steinsprang og steinskred

Årlig sannsynlighet for at steinsprang/-skred skjer under personopphold i skredutsatt område,  $S$ , kan beregnes etter formel 2:

$$S = N \times (L / L_T) \times O / 8760 \quad \text{Formel 2}$$

hvor  $N$  er antall skred per år langs hele den skredutsatte skråningen,  $L$  er lengden i meter langs fjellsiden med personopphold,  $L_T$  er lengden i meter av hele den skredutsatte strekningen (1300 m),  $O$  er personoppholdstid i timer og 8760 er antall timer i ett år.

Vi har fått et grovt estimat over gjennomføring av anleggsarbeider, dvs. montering av et 1300 m langt steinspranggjerd, fra en entreprenør. Estimaten er som følger:

- Byggetid 26 uker, dvs. 0,02 uker per meter.
- Arbeidstid per uke: 60 timer
- Totalt mannskap på 10–12 personer som arbeider 10–12 timer per dag.
- 2–3 sett boreutstyr.
- 3 lag arbeider samtidig på hver sin 50 m lange steinspranggjerdeseksjon.

Avsnittet over gir at det vil bli arbeidet med 150 m steinspranggjerde samtidig, dvs.  $L = 150$  m, og oppholdstiden per 150 m blir 180 timer ( $0,02$  uker/m  $\times$   $150$  m  $\times$   $60$  t/uke). Årlig sannsynlighet for skred inn i området mens det arbeides med montering av 150 m steinspranggjerde,  $S_{150}$ , blir etter Formel 2 når  $N$  settes til  $0,33$ .

$$S_{150} = 0,33 \times (150 / 1300) \times (180 / 8760) = 0,00078 = 0,078 \%$$

For hele anleggsperioden blir årlig sannsynlighet,  $S_{1300}$ :

$$S_{1300} = S_{150} \times (1300 / 150) = 0,0068 = 0,68 \%$$

Når det gjelder at  $N$  er satt til  $0,33$  så er det den samme som brukt for steinsprang/-skred ned til veien i Kapittel 5. Den kan være noe høyere enn for veien da steinspranggjerde må monteres minst 10 m på oversiden av veien, nærmere potensielt kildeområde. Pga. generell usikkerhet i sannsynlighetsestimatet har vi imidlertid ikke funnet det hensiktsmessig å justere  $N$  noe opp, og én usikkerhet er hvor sannsynlig det er at én eller flere personer faktisk treffes av skredmasser: Det vil ikke være personer langs hele den 150 m lang strekningen når steinsprang/-skred skjer. Størrelsen til skredet (bredden) har betydning. Dertil finnes fluktmuligheter dersom forvarsel til skred registreres. Vi har ikke forsøkt å beregne de lavere sannsynlighetene da usikkerhetene i beregningene vil bli for store til at vi synes det har noen hensikt, men vi estimerer at den årlige sannsynligheten for at skredmasser treffer én eller flere personer er betydelig lavere enn  $0,0068$  ( $0,68$  %).

Når det gjelder utregningen over vil  $S_{1300}$  reduseres med avtagende  $L$  (dvs. med avtagende lengde med personopphold). For eksempel blir  $S_{1300}$  lik  $0,0014$  ( $0,14$  %) for  $L = 30$  m, dvs. en femtedel av  $S_{1300}$  for  $L = 150$  m. Samtidig er det større sannsynlighet for treff på personer hvis de 30 meterne med personopphold treffes av skred, siden et arbeidslag opptar relativt mye mer plass innenfor en lengde på 30 m enn innenfor en lengde på 150 m. Den årlige sannsynlighet for at én eller flere personer faktisk treffes av skredmasser vil derfor ikke avhenge av valget av  $L$ .

NS 5815 "Risikovurdering av anleggsarbeid" definerer risiko som en funksjon av sannsynlighet og konsekvens. Sannsynlighet og konsekvens deles i fem kategorier (Tabell 6 og Tabell 7) som fremstilles i en risikomatrix (Tabell 8).

Risikomatriksen (Tabell 8) kan ifølge NS 5815 tolkes slik:

- Lav (grønn): Lav risiko. Avbøtende tiltak gjennomføres kun når nytte-/kostvurderingen tilsier det.
- Middels (gul): Tolerabelt område. Akseptabelt bare hvis videre risikoreduksjon er for dyr i forhold til oppnådd forbedring.
- Høy (rød): Uakseptabelt område. Avbøtende tiltak er nødvendig.

Basert på årlig sannsynlighet lavere enn  $0,0068$  blir returperioden mer enn 147 år, hvilket tilsvarer sannsynlighetskategori S1 (Tabell 6).

Tabell 6. Eksempler på hyppighet for sannsynlighetskategori S1 til S5

Sannsynlighetskategori	Betegnelse	Eksempel 1	Eksempel 2	Eksempel 3
S1	Lite sannsynlig	> 5 år	Sjeldnere enn 1 gang per 10 år	Aldri registrert lignende hendelse
S2	Mindre sannsynlig	1 år – 5 år	1 gang hvert 5 – 10 år	Har vært registrert lignende hendelse
S3	Sannsynlig	6 måneder – 1 år	1 gang hvert 1 – 5 år	Har vært registrert i sammenlignbare prosjekter
S4	Meget sannsynlig	14 dager – 6 måneder	1 – 10 ganger hvert år	Vil kunne skje i prosjektet
S5	Svært sannsynlig	0 – 14 dager	Mer enn 10 ganger i året	Forventes å kunne skje i prosjektet

Tabell 7. Eksempler på personskader for konsekvenskategori K1 til K5

Konsekvenskategori	Betegnelse	Eksempel 1	Eksempel 2
K1	Ufarlig	Personskader uten fravær <sup>1)</sup>	Ingen eller ubetydelige personskader
K2	Farlig	Personskader med fravær < 10 dager	Få og små personskader
K3	Kritisk	Personskader med fravær > 10 dager	Få, men alvorlige personskader eller alvorlig sykdom
K4	Meget kritisk	Alvorlige personskader	Mulige dødsfall / flere alvorlige personskader eller alvorlig sykdom og fare for varig mæn <sup>2)</sup>
K5	Katastrofal	Dødsfall	Kan resultere i dødsfall og mange alvorlige personskader

- 1) Omfatter også personskader der omplassering er mulig  
 2) Omfatter også hørselsskader og vibrasjonsrelaterte skader

Tabell 8. Risikomatrix som angir lav risiko (grønn), middels risiko (gul) og høy risiko (rød).

	K1	K2	K3	K4	K5
S5	Middels	Middels	Høy	Høy	Høy
S4	Middels	Middels	Middels	Høy	Høy
S3	Lav	Middels	Middels	Middels	Høy
S2	Lav	Lav	Middels	Middels	Middels
S1	Lav	Lav	Lav	Middels	Middels

Konsekvenskategori K4 vurderes som riktigst for steinsprang/-skred hendelser for personer som arbeider uten beskyttelse i skredutsatt område, dog kan konsekvenskategori K5 diskuteres (Tabell 7). Kombinasjonen av sannsynlighetskategori S1 og konsekvenskategori K4 (og K5), gir middels risiko under anleggsarbeidene (Tabell 8). Det ses også at det ikke er mulig å komme i grønt område (lav risiko) for konsekvenskategori K4 (og K5). Middels risiko betyr "Tolerabelt område. Akseptabelt bare hvis videre risikoreduksjon er for dyr i forhold til oppnådd forbedring." Mulige tiltak for å redusere risikoen under anleggsarbeidene er beskrevet i det etterfølgende.

Rensk og sikring i selve fjellsiden før bygging av steinspranggjerd er et mulig tiltak. Et slikt tiltak vil bli både tidkrevende og kostbart dersom det skal utføres ved rappellering ned fra toppen av fjellet. I tillegg vil arbeidet med rensk og sikring i selve fjellsiden i seg selv føre til at entreprenørens folk kan utsettes for betydelig risiko. En annen antatt mindre risikofylt og raskere metode, er å utføre rensk fra helikopter. Rensken kan utføres med kule som slynges inn mot fjellsiden og ved vannbombing.

Et siste, og enkelt og lite kostbart risikoreducerende tiltak, er å vurdere stans i anleggsarbeidene under følgende forhold:

- Det registreres steinsprang/-skred i fjellsiden.
- Det registreres unormale lyder fra fjellsiden som kan indikere brudd/-bevegelse i bergmassen.
- Temperatursvingninger rundt 0°C i fjellsiden.
- Store nedbørsmengder.
- Lange tørre perioder: minst to steinsprang har skjedd i området etter langvarige tørre perioder ifølge Hans Martin Hjemaas.
- Kortest mulig oppholdstid i skredområdet: kun opphold når arbeidene krever det.

I tillegg vil det være fornuftig å følge med på spesialvarsler fra Met.no (yr.no) og NVE (varsom.no) som gis i forkant av dårlig vær.

## **10.2 Snøskred**

Vi går ut fra at intet arbeid utføres i undersøkelsesområdet vinterstid, dvs. veien brukes kun til adkomst til transformatorstasjonen og kraftverket. Sannsynligheten for at et snø- eller sørpeskred når veien er lav og faller under sannsynlighetskategori S1 (se Tabell 6). Den betingete sannsynligheten for at en person treffes av skredet er også lav fordi bredden til hvert enkelt skred utgjør kun 2–10 % av veistrekningen. Selv om kjøring gjennom undersøkelsesområdet i gjennomsnitt vil ta rundt to minutter vinterstid, er eksponeringstiden betydelig lavere. Derimot faller snø- og sørpeskred under konsekvenskategori K4 (lastebiler, personbiler med få passasjerer) eller K5 (buss med mange passasjerer). Moderne kjøretøy har høy mekanisk stivhet og kan trolig tåle trykkvirkningen av et snøskred uten å knuses, men det er sannsynlig at bilen kastes i Straumvatnet og at passasjerene ikke klarer å komme seg ut. Dette fører til middels risiko ifølge risikomatriksen (Figur 12).

For å tallfeste risikoen gjør vi følgende antagelser:

- Vi ser bort fra alle skredbaner unntatt den knyttet til utløsningsområdet 5, der snøskred er observert tre ganger. Vi øker imidlertid sannsynligheten av skred #5 noe.
- Den årlige sannsynligheten for et snø- eller sørpeskred i denne banen er antatt til 0,1.
- A priori er skredsannsynligheten antatt som 0 i 8 måneder pr. år og konstant i 4 måneder pr. år.
- Den gjennomsnittlige bredden av skredløpet er 35 m, lengden av kjøretøyet 5 m og den gjennomsnittlige hastigheten 10 m/s (35 km/t).

Derved blir eksponeringstiden per kjøring rundt 6 s og sannsynligheten at et kjøretøy treffes av et skred er omtrent  $6 \times 10^{-8}$  pr. kjøring. Ved 337 kjøring per døgn i 120 døgn blir sannsynligheten for at minst ett kjøretøy treffes av snø- eller sørpeskred omtrent  $2 \times 10^{-3}$  pr. år i 2016 og 2017. Samme resultat fås om vi benytter Formel 1 med  $f = 0,1$ ,  $v = 35$  km/t,  $L = 35$  m,  $l = 20$  m og  $\text{ÅDT} = 337$ . Avhengig av antall passasjerer og type kjøretøy anslår vi grovt at risikoen for dødsfall kan være så høy som 0,001–0,005 pr. år. Dette er den samme størrelsesordenen som risikoen pga. steinsprang og steinskred. I 2015 og etter første halvåret 2018 er risikoen omtrent 0,0001–0,0005 pr. år, i første halvåret 2018 rundt 0,0003–0,0015 pr. år. Denne risikoen kommer i tillegg til risikoen pga. steinsprang og steinskred.

I forhold til fare for snøskred og sørpeskred under anleggsarbeid vinterstid, vil lokal snøskredvarsling trolig være det rimeligste og mest fleksible risikoreduserende tiltaket. NGI kan utføre slik varsling, som vi har gjort for anleggsvirksomhet på flere kraftverk de siste årene. For å igangsette slik varsling kreves at man har tilstrekkelig tid til å gjøre grundig forarbeid, blant annet en egen befaring for dette. I tillegg vil varslingen bli sikrere om en plasserer en egen værstasjon i eller nært potensielt utløsningsområde for snøskred dersom det ikke finnes andre tilgjengelige stasjoner i nærheten som kan benyttes. Detaljer og kostnader for et slikt varslingsopplegg kan diskuteres videre om det blir aktuelt. En mobil værstasjon koster om lag 100.000,- kr. I et eventuelt varslingsopplegg vil en innføre rutiner for når man kan jobbe i området og når en skal unngå arbeid.

I organisasjonen bør det klart defineres hvem som har ansvar for at risikoreduserende tiltak ivaretas.

## 11 Konklusjoner

En rimelig antagelse er at skredblokker når ned til eller forbi den ca. 1,3 km lange skredutsatte veistrekningen hvert andre til fjerde år. Potensielle kildeområder for steinsprang/-skred finnes ovenfor hele veistrekningen, og vår vurdering er at faren for steinsprang/-skred ned til veien kan anses omtrent lik for hele strekningen. Den største skredblokken som har blitt registrert ved veien ble anslått til 15–20 m<sup>3</sup>.



Målinger i LiDAR-modellen viser at skredblokker på flere titalls kubikkmeter finnes i ura nede ved veien.

Sannsynligheten for sammenstøt mellom skred (skredblokker) og kjøretøy i bevegelse er beregnet til 0,03 % for 2015, 0,3 % for 2016 og 2017 og 0,08 % for første halvår av 2018. Til sammenligning aksepteres en årlig nominell sannsynlighet for skred mot bolighus på inntil 0,1 %. Vurdert etter retningslinjer fra Statens vegvesen klassifiseres 2015 og første halvår av 2018 som "Tolererbar strekningsrisiko. Aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte-analyse." Årene 2016 og 2017 klassifiseres som "Uakseptabel strekningsrisiko".

Som permanent sikring mot steinsprang/-skred anbefaler vi steinspranggjerde fremfor fangvoll. Vi anbefaler å innhente priser for steinspranggjerde i energiklassene 3000 kJ, 5000 kJ og 8000 kJ. Sikkerheten for veien vil øke med økende energiklasse, og det gjør også byggekostnaden.

Bygging av steinspranggjerde vil medføre risiko for utførende personell. Årlig sannsynlighet for skredblokker inn i arbeidsområdet under personopphold er beregnet til 0,68 %. Den årlige sannsynligheten for at én eller flere personer treffes av skred er betydelig lavere.

NS 5815 "Risikovurdering av anleggsarbeid" definerer risiko som en funksjon av sannsynlighet og konsekvens. Med årlig sannsynlighet mindre enn 0,68 % klassifiseres risikoen som middels. Middels risiko betyr "Tolerabelt område. Akseptabelt bare hvis videre risikoreduksjon er for dyr i forhold til oppnådd forbedring." Et mulig tiltak for å redusere risikoen under anleggsarbeidene er rensk utført fra helikopter med kule som slynges inn mot fjellsiden og ved vannbombing. Et annet mulig tiltak er å vurdere stans i anleggsarbeidene basert på observasjoner av forhold som antas å øke sannsynligheten for steinsprang/-skred.

Vi vurderer stabiliteten av løsmassene (ura) til å være tilfredsstillende. Den kan dog bli forstyrret av nye steinsprang/-skred.

Snø- eller sørpeskred på veien er sjeldne hendelser med en årlig sannsynlighet på 0,05–0,1. Det er ett område som skiller seg ut som langt mer utsatt enn resten av strekningen, selv om grunnen for dette ikke kunne fastslås i denne undersøkelsen. Urene og skogen spiller en stor rolle i å holde både sannsynligheten for snøskred på veien og skredenes hastighet ved veien relativt lave. Den årlige risikoen for at et kjøretøy treffes av snø- eller sørpeskred er omtrent tredje del av sannsynligheten for skredblokker inn i arbeidsområdet under personopphold. Den årlige risikoen for dødsfall pga. snø- eller sørpeskred imidlertid trolig er på høyde med risikoen for dødsfall pga. steinsprang eller steinskred.

Sikring mot steinsprang ved hjelp av et gjerde har også positiv virkning på risiko pga. snø- eller sørpeskred. Det er sannsynlig at gjerder med energiopptakskapasitet på 5000 kJ er sterke nok til å bremse mindre skred, og gjerder sertifisert på 8000 kJ skulle være tilstrekkelige for større skred. Det må påregnes at en viss del av

skredmassen kommer gjennom nettet, men vi anser faren for kjøretøy for å være meget liten. Det er imidlertid viktig at stolpene tåler den maksimale belastningen, som vi anslår kan være opp til 300–700 kN.

Et effektivt varslingsopplegg kan redusere risikoen pga. snø- og sørpeskred med flere størrelsesordener og er trolig det mest kostnadseffektive tiltaket for disse skredtypene. Økonomisk tap pga. veistengning må imidlertid også tas med i betraktningen. Grovt må man regne med null eller én stengning på ett døgn per vinter grunnet fare for tørre snøskred pluss flere kortere perioder, særlig om våren, grunnet fare for våtsnøskred.

## 12 Referanser

Hjemaas H A 2014. E-post til NGI ved Vidar Kveldsvik datert 2014-10-30.

Kristensen K, Harbitz C B, Harbitz A (2003). EU program CADZIE. Vegtrafikk og skred – Metoder for risikovurdering og risikohåndtering. NGI rapport 20001289-3.

Lied K, Kristensen K 2003. *Snøskred. Håndbok om snøskred*. Vett & Viten as i samarbeid med Norges Geotekniske Institutt.

Multiconsult 2006. Straumklumpen Sørfold. Vurdering av rasfare. Notat til Elkem Energi Siso AS datert 2006-07-13.

Rambøll 2014. Kontroll av vurderinger og konklusjoner gitt i rapport datert 13. juli 2006 fra Multiconsult. Notat til Statnett datert 2014-02-14.

Statens vegvesen 2014. Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på vei. NA-rundskriv 2014/08 datert 2014-05-08.

Statnett 2014. Regneark med filnavn "Trafikkbelastning" mottatt av NGI 2014-10-20.

Statnett-Forprosjekt. Rassikring av adkomstvei Salten transformatorstasjon. Forprosjektrapport, udatert.

Trædal A 2014. E-post til NGI ved Vidar Kveldsvik datert 2014-10-23.

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>					
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Vurdering av skredfare og sikringstiltak			<b>Dokumentnr./Document No.</b> 20140617-01-R		
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport/Report		<b>Distribusjon/Distribution</b> Begrenset/Limited		<b>Dato/Date</b> 6. november 2014	
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Statnett					
<b>Emneord/Keywords</b> Steinsprang, steinskred, snøskred, sørpeskred, isras, sikring, risiko					
<b>Stedfesting/Geographical information</b>					
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Nordland			<b>Havområde/Offshore area</b>		
<b>Kommune/Municipality</b> Sørfold			<b>Felt navn/Field name</b>		
<b>Sted/Location</b> Furnesura ved nordøstre del av Straumvatnet			<b>Sted/Location</b>		
<b>Kartblad/Map</b>			<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>		
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b>					
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egen- kontroll/ Self review av/by:	Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:	Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:	Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:
0	Originaldokument	VK	KL		
		HCS	UKE		
		DI			
		AS			
<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>		<b>Dato/Date</b> 6. november 2014		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b> Anders Solheim	

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in 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 oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 5687 Sluppen  
NO-7485 Trondheim  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281  
Org.nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg.No. FS 32989