

Oppdragsgiver	Navn Regn Datasenters AS	Kontaktperson Ingvill Osland (A/Stab)
Oppdrag	Nummer og navn 18329 Samnanger, Børdalen - Skred- og flomfarevurdering for reguleringsplan, deler av 35/4	Oppdragsleder Andrea Taurisano
Dokument	Nummer 18329-02-3 Utført av Andrea Taurisano / Petter Reinemo	Dato 2019-01-11 Kontrollert av Kalle Kronholm / Lars Eid Nielsen

## Vurdering av mulige sikringsløsninger og effekt av massedeponi

### 1 Bakgrunn

Skred AS har tidligere utført flom- og skredfarekartlegging for et planområde i Børdalen i Samnanger kommune (Skred AS rapport nr. 18329-01). Det er tegnet faresoner for flom (1/200 og 1/1000) og skred (1/1000 og 1/5000). Det arbeides nå videre med regulering av deler av det tidligere skredfarevurderte området. Området som dette notatet har fokus på, heretter omtalt som «tiltaksområde», er det sørligste og største av de to områdene avgrenset i grønn farge i alle figurene.

Deler av planområdet er utsatt for flom med større årlig sannsynlighet enn 1/200 og 1/1000 (sikkerhetsklasse F2 og F3). Da Statnett planlegger et masedeponi mot Storelva ønskes det derfor en supplerende vurdert om deponiet kan påvirke flomsituasjonen i området.

Den årlige sannsynligheten for skred i deler av planområdet er tidligere vurdert å være større enn 1/5000. Skred AS er nå engasjert til å vurdere mulighetene for sikring av planområdet. Det er ønskelig at hele eller mest mulig av planområdet skal tilfredsstillе sikkerhetskravet som i TEK17 gjelder for tiltak i sikkerhetsklasse S3, der den årlige sannsynligheten for skader ikke kan overskride 1/5000. Dimensjonerende skredtype er snøskred, men steinsprang er også aktuelt i planområdet.

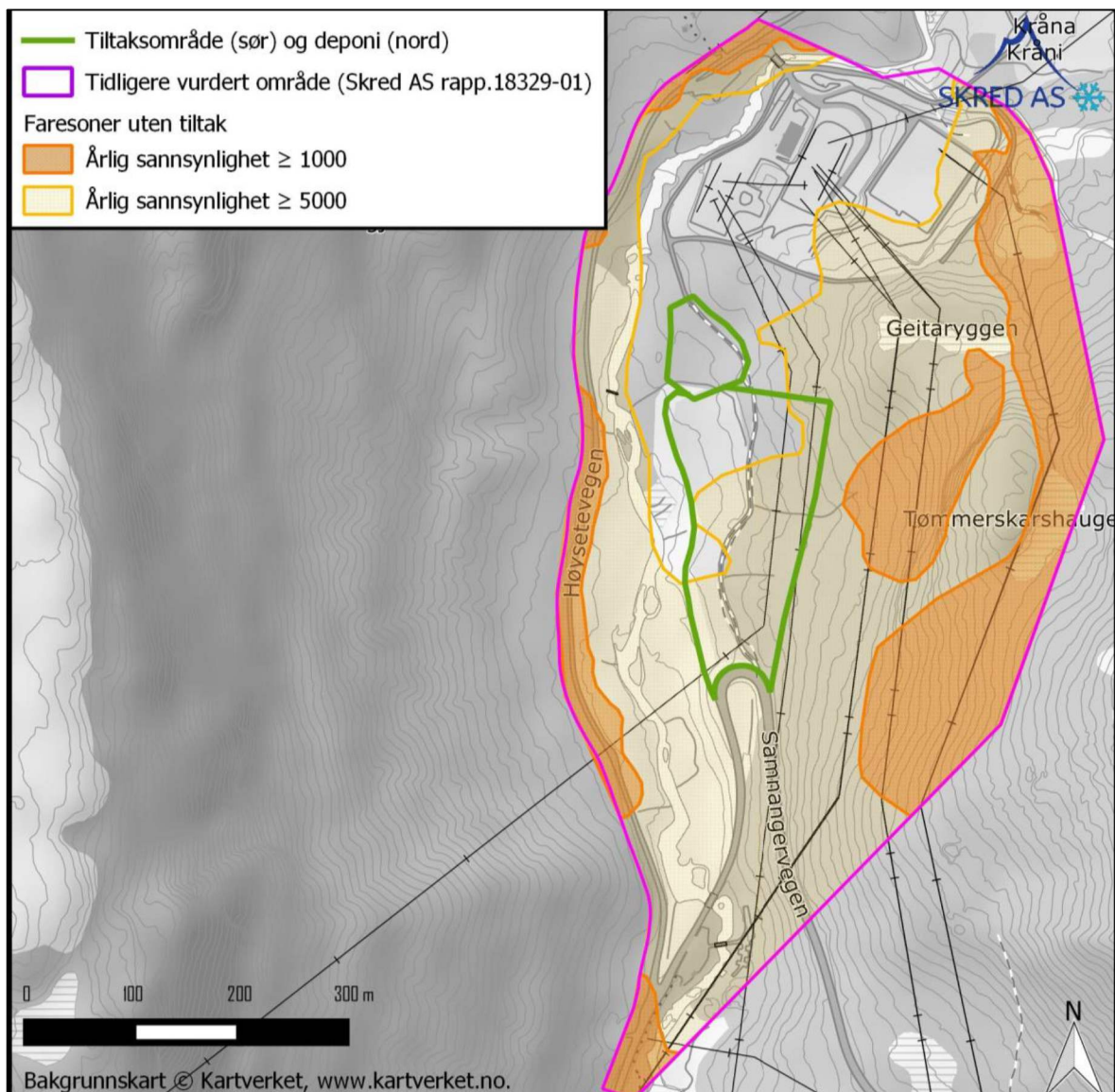
Dette notatet vurderer mulige sikringsløsninger og reduksjonen i faresonenes utstrekning dersom de ulike tiltakene gjennomføres. Notatet gir også et grovt kostnadsoverslag for de ulike løsningene, for å gjøre oppdragsgiveren i stand til å bestemme om det er grunn til å gå videre med reguleringsplanen og hvilke(t) tiltak gir best nytte/kost. Det valgte tiltaket må detaljprosjekteres. Dette notatet gir altså ikke tilstrekkelig grunnlag til å bygge de omtalte sikringstiltakene.

## 2 Aktuelle skredforhold

Tiltaksområdet er lokalisert på østsiden av dalen og ligger på det laveste punktet ca. 8 - 10 m høyere enn nivået som Storelva renner på (150 – 155 moh.). Det er derfor bare fjellsiden øst for tiltaksområdet som er av betydning for skredfarevurderingen.

Snøskred fra to bratte terrengparti avskoget ifb. etablering av kraftlinjene, er vurdert å være den dimensjonerende skredtypen. Det er i tillegg en liten mulighet for at steinsprang, spesielt fra skrenten for vestsiden av Tømmerskarshaugen, kan komme inn i tiltaksområdet. Faresonene vist i Figur 1 gjenspeiler vurderingen av at den totale sannsynligheten for skred inn i tiltaksområdet i utgangspunktet er lavt. Hele tiltaksområdet har nemlig lavere årlig sannsynlighet for skred enn 1/1000, som er gjeldende krav for tiltak i sikkerhetsklasse S2.

For mer informasjon om vurderingene bak faresonene i Figur 1 henvises det til Skred AS rapport nr. 18329-01.



Figur 1: Faresone for skred i bratt terreng.

### 3 Sikringsmuligheter

Det er generelt en stor utfordring å definere dimensjonerende scenarier. Utfordringen blir større desto lenger gjentakintervallet, og scenarier som beskriver 5000 års hendelser er derfor innbefattet stor usikkerhet.

I det aktuelle området er et mulig 5000 års scenario tidligere vurdert å kunne bestå av et flakskred med 1 m gjennomsnittlig bruddkanthøyde fra løснеområdene vist i Figur 2 (Skred AS rapport nr. 18329-01). I valget av 1 m bruddkanthøyde for et 5000 års scenario ble det lagt vekt på at løснеområdene er vestvendt og ligger i den nedre delen av fjellsiden. Dette gir både lavere sannsynlighet for utløsning og lavere bruddkant ved et eventuelt skred.

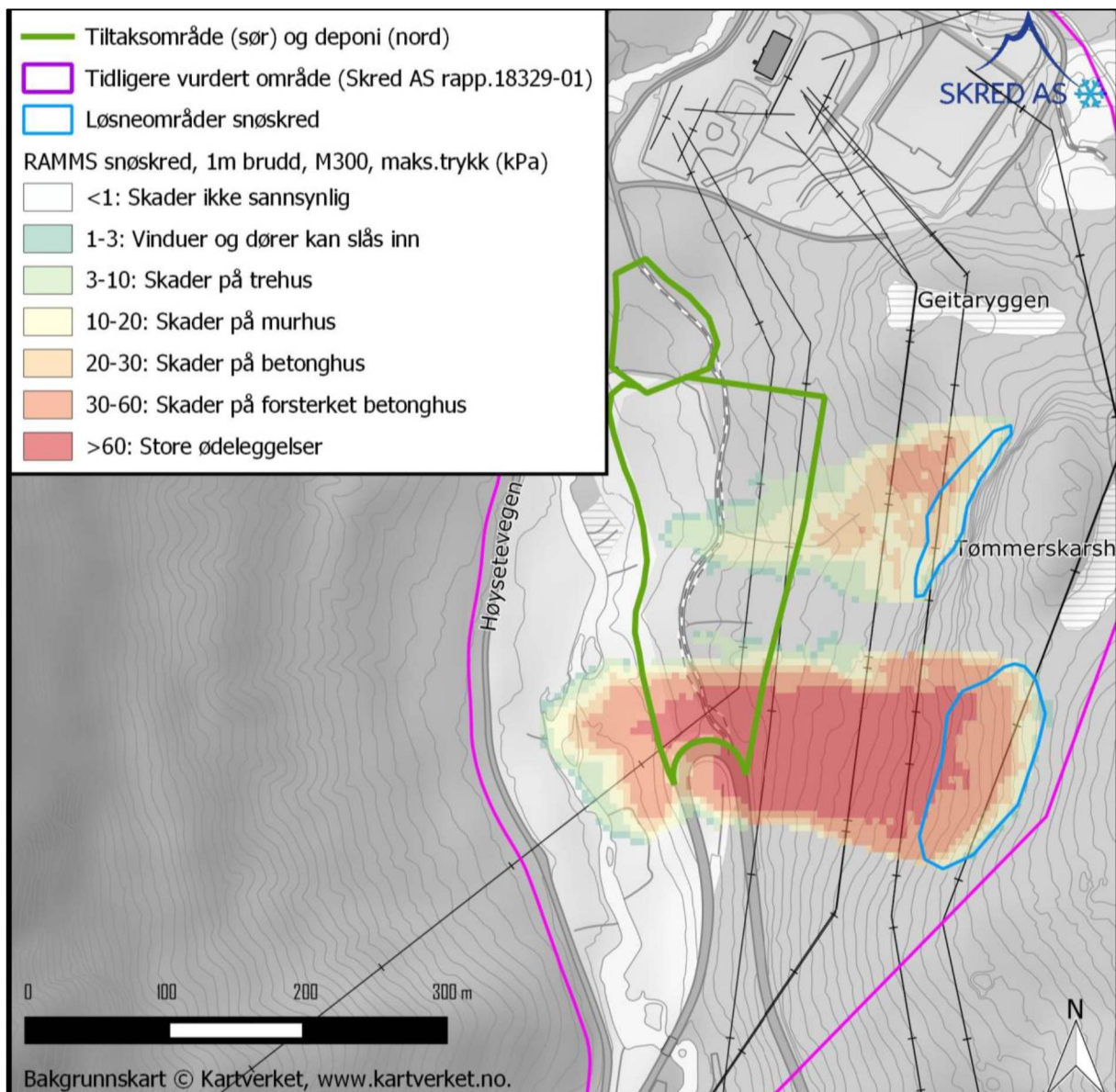
Det beregnede utløpet for dimensjonerende 5000 års skred er vist i Figur 3.

I tillegg til snøskred, i lys av de topografiske og geologiske forholdene i skrenten på vestsiden av Tømmerskarshaugen (rødt i Figur 2), må et 5000 års scenario nødvendigvis ta høyde for utfall av steinblokker derfra, med utløp mot tiltaksområdet.

Sikringskonseptene presentert nedenfor vil derfor omfatte tiltak som vi mener kan gi tilstrekkelig sikkerhet mot begge potensielle faremomenter opp til et nivå som tilsvarer kravet for tiltak i TEK17 sikkerhetsklasse S3.



*Figur 2: Hogstfelt under kraftlinjene, som gir potensielle løснеområder for snøskred (i blått). Fjellskrenten som kan gi steinsprang mot tiltaksområdet, er også vist (i rødt).*



Figur 3: Beregnet snøskredutløp fra bratte områder der det er utført flatehogst.

Tiltakene som utgjør realistiske sikringsløsninger, og de nødvendige sikringskostnadene, varierer betydelig avhengig av hvilket av følgende to alternativer man velger:

- Sikring av hele tiltaksområdet ift. sikkerhetsklasse S3
- Sikring av mesteparten av tiltaksområdet ift. sikkerhetsklasse S3 (unntatt SØ-hjørnet)

Disse er nærmere diskutert i de følgende avsnittene.

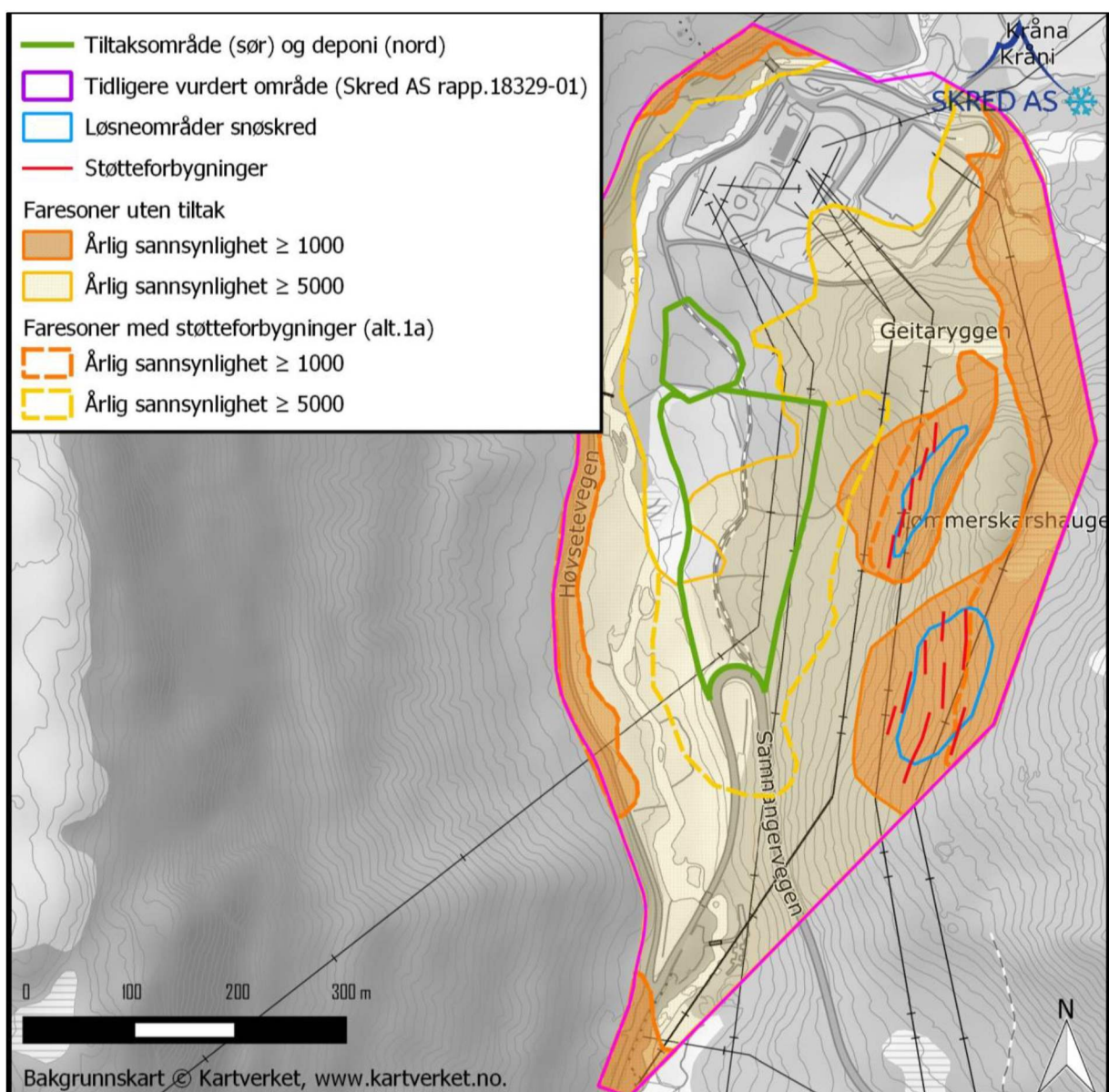
Planting av trær i de to mulige løsneområdene for snøskred ville under normale forhold vært blant tiltakene verdt en nærmere vurdering. Dette tiltaket tas imidlertid ikke med videre fordi de terrengpartiene ble avskoget for etablering og vedlikehold av kraftlinjene, og vi antar at det fortsatt er uaktuelt med skog der.

### 3.1 Alternativ 1: Sikring av hele tiltaksområdet ift. sikkerhetsklasse S3

#### 3.1.1 Støtteforbygninger i løsneområdene for snøskred (alt. 1a)

Dette alternativet (Figur 4) innebærer etablering av tiltak som hindrer snøskredutløsning (støtteforbygninger) i begge løsneområdene. Den totale lengden på støtteforbygninger blir på ca. 800 m, med høyde som i denne prosjektfasen ikke er beregnet men ventes å variere fra ca. 3 m til ca. 5 m. Støtteforbygningene i det nordlige løsneområdet må være av en type som også tåler steinsprang.

Dette sikringsalternativet vil gi en reduksjon i faresonen som gjør at hele tiltaksområdet tilfredsstillers sikkerhetskravet for sikkerhetsklasse S3 (Figur 4). Et eksempel på fleksible støtteforbygninger er vist i Figur 5.



Figur 4: Faresoner for skred etter implementering av sikring iht. alternativ 1a.



Figur 5: Eksempel på støtteforbygning i løснеområde for snøskred ([www.geobrugg.com](http://www.geobrugg.com)).

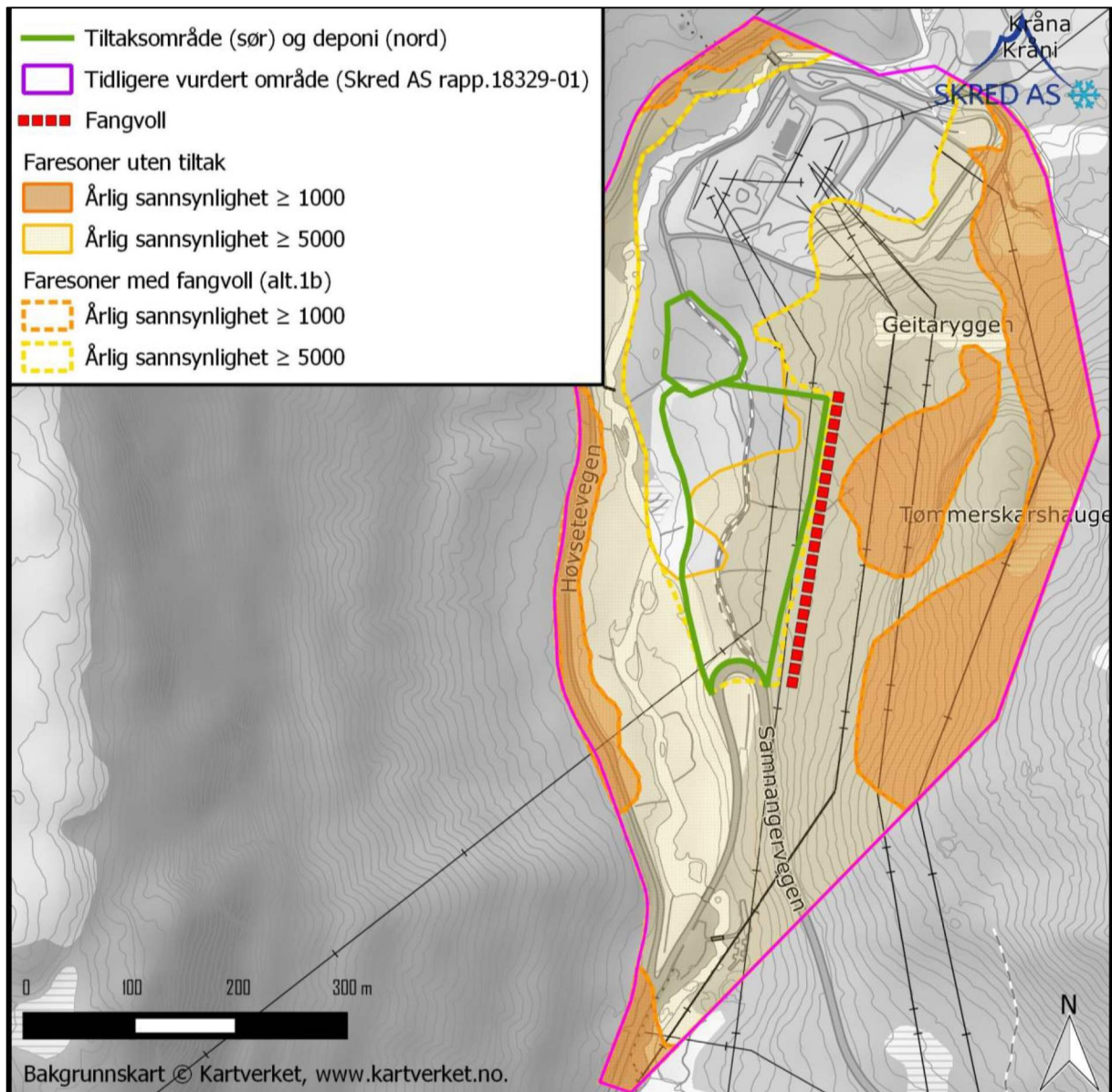
Støtteforbygninger er generelt en kostbar form for sikring. De endelige kostnadene (pris pr. løpemeter) avhenger som regel av typen og høyden av støtteforbygningene, samt forholdene i sikringsområdet (terrenghelning, løsmassetykkelse, bergkvalitet, m.m.), som kan gjøre anleggs- og fundamenteringsarbeidet mer eller mindre krevende.

Erfaringsmessig er meterprisen for de vanligste typer støtteforbygninger i størrelsesorden 30.000 kr/lm. Et orienterende kostnadsoverslag viser derfor at en slik løsning ville koste ca. 24 millioner kroner, eks.mva.

Ifølge opplysninger gitt av Statnett i en e-post datert 20.12.2018, kan denne løsningen være uaktuell ettersom ingen konstruksjoner ville blitt tillatt under kraftlinjene og i et terrengbelte på 20 m bredde på hver side av ledningene. Dette begrunnes blant annet med periodisk behov for å legge ledningene ned på bakken ifb. vedlikehold. Videre opplyser Statnett at *«det er en generell varslingsavstand for anleggsarbeid nærmere enn 30 m til nærmeste strømførende linje. Bruk av anleggsmaskiner, kraner og helikopter innenfor den sonen skal gjennomgå og avklares med ledningseier. Det bes om at anleggsarbeid nært spenningsatt anlegg tas med eksplisitt i ROS-analyse og plan for anleggsgjennomføring. Det vil være nødvendig med sikkerhetsavtaler og sikkerhetsopplæring med entreprenør på stedet»*.

### 3.1.2 Fangvoll(er) ovenfor tiltaksområdet (alt. 1b)

Dette alternativet (Figur 6) innebærer etablering av fangvoll(er) med grøft på skredsiden, som stopper eventuelle skredmasser fra både snøskred og steinsprang før de kommer inn i tiltaksområdet. Den totale lengden på fangvoll(er) blir på ca. 300 m.



Figur 6: Faresoner for skred etter implementering av sikring iht. alternativ 1b.

Dimensjonerende vertikal vollhøyde for en fangvoll  $H_D$  er beregnet ut fra formelen

$$H_D = h_{klatre} + h_f + h_s + h_a$$

der

$$h_{klatre} = \frac{(v_f)^2}{2 \cdot g \cdot \gamma} \text{ er klatrehøyden av skredmassene på vollen}$$

$h_f$  er skredmassenes flyte høyde foran ledevollen (2 m)

$h_s$  er snødybden foran vollen (1 m)

$h_a$  er avsatt skredsnø foran vollen (her antatt 0 m)



$v_f$  er flyte hastighet av skredmassene (9 - 17 m/s)

$$g = 9,82 \text{ m/s}^2$$

$\gamma$  er en koeffisient for klatrehøyden, her satt til 1.

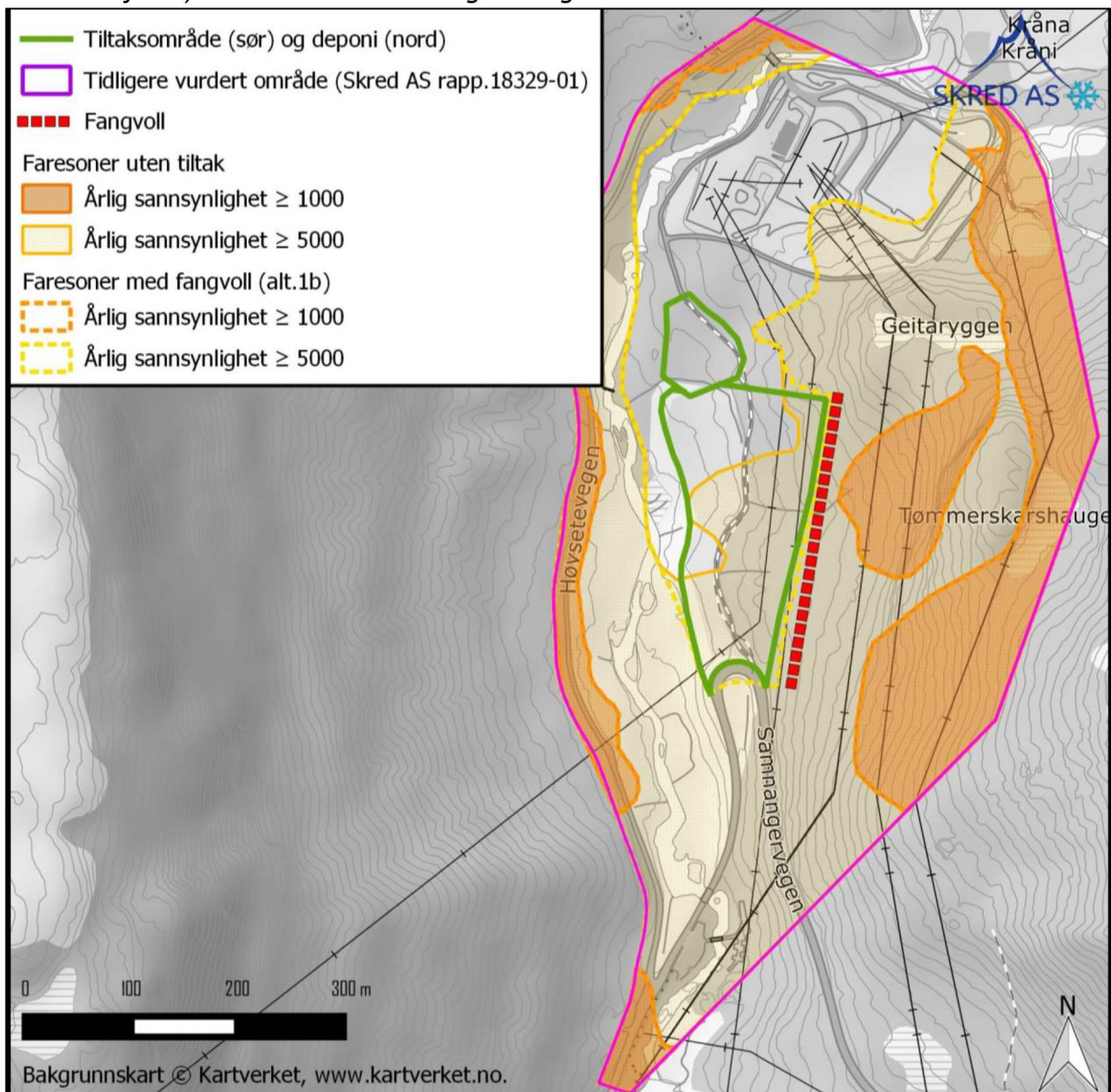
Forutsetningen for beregningene er at støtsiden av vollen her en helning på minst  $60^\circ$  (omtrent 2:1), noe som kan oppnås ved bruk av tørrmur, gabioner eller jordarmering. Bredden av vollen, ved toppen, må være på minst 2 m.

Med angitte verdier er beregnet nødvendig vollhøyde på opptil 17,5 m. Det er kun den sørlige 35% av vollens lengde som behøver å komme opp i denne høyden, men det er viktig å påpeke at dette er om lag som de høyeste fangvollene hittil etablert i Norge. Resten av vollen anslås å kunne være 7 m høy.

Vi har ikke i denne tidlige prosjektfasen tegnet vollen nærmere i terrenget, noe som er nødvendig for å endelig vurdere hvorvidt tiltaket faktisk kan bygges. Vi kan foreløpig si at den relativt slake topografien i området like ovenfor tiltaksområdet synes å gjøre det mulig å bygge en slik voll.

*Vi antar at kravene til avstand fra ledninger oppsummert i e-posten fra Statnett den 20.12.2018, også gjelder for de to nedre ledningene, som eies og driftes av BKK Nett. Hvis*

dette er tilfellet, vurderer vi at vollen tegnet i Figur 6



Figur 6 bør kunne flyttes noen meter lenger opp i fjellsiden, slik at avstanden til nærmeste strømledning (dvs. den rett nedenfor, mot tiltaksområdet) blir på minst 20 m. Når det gjelder eventuelt anleggsarbeid i det området mellom strømførende linjer, vil en også måtte forholde seg til kravene fra kraftnetteierne.

Vi er informert om at det pågår en dialog med BKK Nett om mulig omlegging av de to aktuelle ledningene i bakken. Vi er ikke sikre på hvilke avstandskrav vil gjelde i den eventuelle nye situasjonen med omlagte ledninger.

Det er flere andre aspekter som ikke er vurdert, men som vil ha stor betydning for gjennomførbarheten og kostnadene. Blant disse er grunn- og stabilitetsforhold, adkomst til området, lokal tilgang til et tilstrekkelig volum av stedlige løsmasser, osv.

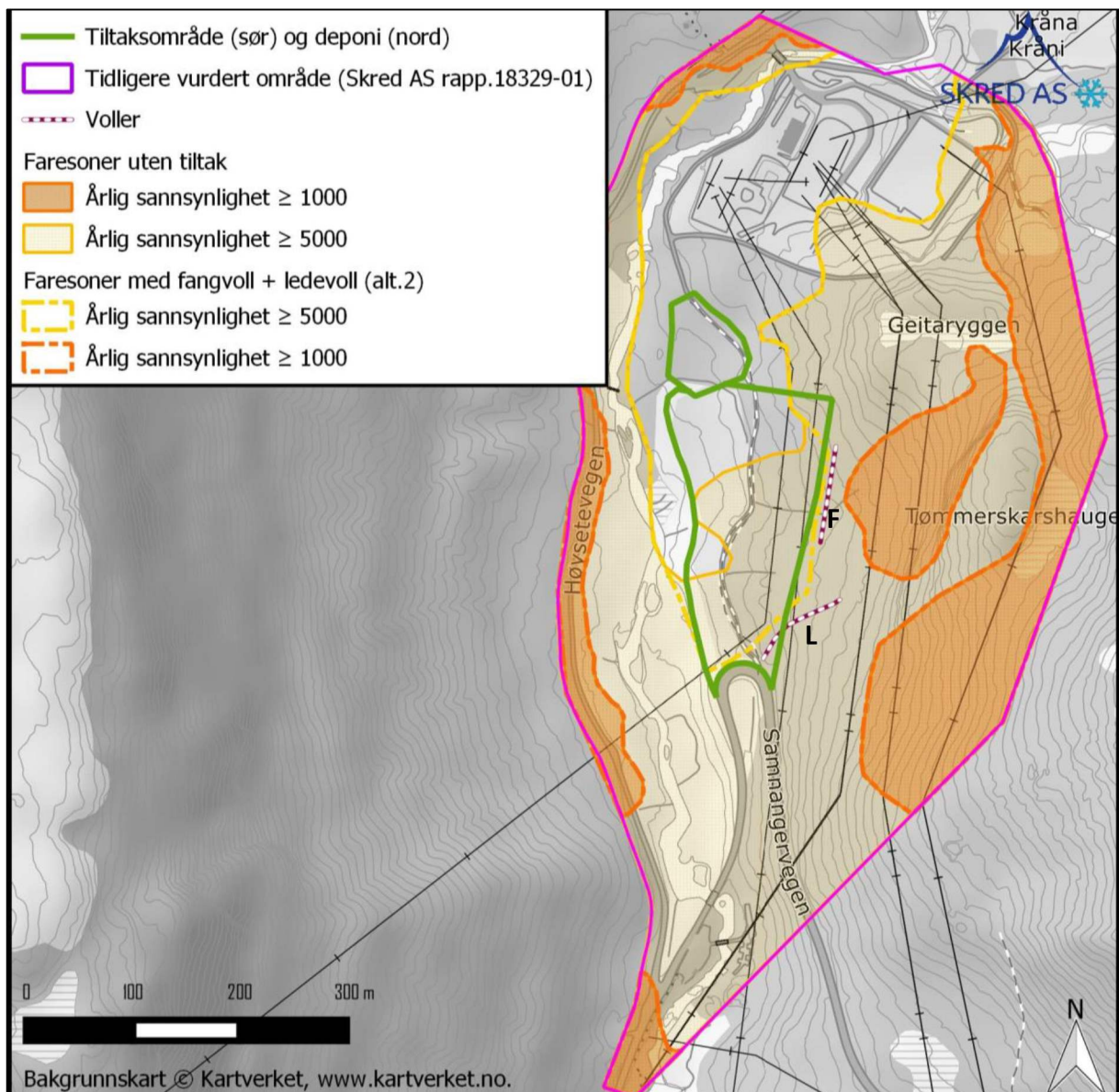
Forutsatt at nærmere vurderinger viser at vollen kan plasseres ovenfor tiltaksområdet, med utgangspunkt i en enhetspris foreløpig estimert til ca. 40.000 kr/lm, ville en slik løsning koste om lag 12 millioner kr eks. mva. Omfanget av terrengarbeidet, og dermed prisen, er sterkt avhengig av terrengforholdene der vollen prosjekteres plassert, samt utforming av vollen og grøfta. Etersom plassering og utforming ikke er vurdert i detalj i dette notatet bør prisanslaget ses på som minimumspriser, som ikke inkluderer prosjekteringskostnader, befaringer og etterkontroll.

### 3.2 Alternativ 2 – Sikring av mesteparten av tiltaksområdet ift. sikkerhetsklasse S3

Avsnitt 3.1 viser at tiltak som kan sikre hele tiltaksområdet ift. sikkerhetsklasse S3, er veldig kostbare. Derfor vil vi i følgende avsnitt skissere en løsning som kan sikre mesteparten av tiltaksområdet opptil det ønskede sikkerhetsnivået, for en betydelig mindre investering enn tiltakene diskutert i avsnitt 3.1. Hensikten er å gi oppdragsgiveren muligheten til å gjøre en nytte/kost-vurdering av tiltakene.

#### 3.2.1 Fangvoll og ledevoll ovenfor tiltaksområdet (alt. 2)

Dette alternativet innebærer etablering av en ca. 90 m lang fangvoll med grøft (F i figur 7) nedenfor det nordlige løsneområdet for snøskred, og en 90 – 100 m lang ledevoll (L i figur 7) nedenfor det sørlige løsneområdet. Omtrentlig plassering av vollene er skissert i Figur 7, som også viser reduksjonen i faresonen som vi mener å kunne oppnå ved dette tiltaket.



Figur 7: Faresoner for skred etter implementering av sikring iht. alternativ 2.

Dimensjonerende høyde for fangvollen («F» i Figur 7) er beregnet slik vist i avsnitt 3.1.2 til å være på 8 m der vollen er høyest. Dette punktet ligger i bunnen av søkket, omtrent der bokstaven F er plassert. Mot begge ender vil vollhøyden kunne avta til et minimum på 4,5 m.

Dimensjonerende høyde for ledevollen («L» i Figur 7) beregnes også ved formelen vist i avsnitt 3.1.2, med en tilleggsfaktor som avhenger av vinkelen skredmassene treffer ledevollen med. Prinsippet er at desto mindre vollen skal dreie skredmassene i forhold til deres opprinnelige retning, desto lavere kan ledevollen være. En skal normalt ikke forsøke å dreie skred med mer enn  $30^\circ$  for at ledevollen skal virke optimalt. Ledevollen foreløpig skissert i Figur 7 ligger i sin øvre del med en  $26^\circ$  vinkel ift. skredretningen, så blir dreiningen gradvis større nedover langs vollen. Den bøyde formen av vollen er for å utnytte en naturlig ryggformasjon i den delen av fjellsiden. Ved denne geometrien anslår vi den nødvendige høyden av ledevollen på ca. 7 - 8 m. Ledevollen i seg selv ventes ikke å øke skredfaren for

strømmastene, men vollens foreløpige plassering kan komme i konflikt med en mast. Dette vil vurderes nærmere dersom dette konseptet skal utredes mer detaljert.

For både fangvollen i nord og ledevollen er det en forutsetning at støtsiden gis en helning på minst 60° (omtrent 2:1), noe som kan oppnås ved bruk av tørrmur, gabioner eller jordarmering. Bredden av vollene, ved toppen, må være på minst 2 m.

Gjennomførbarheten av dette tiltaket må diskuteres med BKK Nett, som eier de to nedre ledningene, også med tanke på planlagt omlegging av ledningene i bakken.

Forutsatt at nærmere vurderinger viser at vollene kan bygges og plasseres slik skissert i Figur 7, med utgangspunkt i en enhetspris foreløpig estimert til ca. 30.000 kr/lm, ville en slik løsning koste om lag 6 millioner kr eks. mva. Omfanget av terrengarbeidet, og dermed prisen, er sterkt avhengig av terrengforholdene der vollene plasseres, samt utforming av voller og grøfter. Ettersom plassering og utforming ikke er vurdert i detalj i dette notatet bør prisanslaget ses på som minimumspriser, som ikke inkluderer prosjekteringskostnader, befaringer og etterkontroll.

Det nordøstlige og det sørøstlige hjørnet av tiltaksområdet blir ikke sikret av dette konseptet. Den årlige sannsynligheten for skred der vil forbli høyere enn 1/5000, men lavere enn 1/1000. Dette betyr at ingen byggetiltak som faller innenfor sikkerhetsklasse S3, bør planlegges i de to små områdene. Mindre bygg som faller innenfor sikkerhetsklasse S2, kan plasseres der, da hele tiltaksområdet tilfredsstiller sikkerhetskravet for tiltak i S2. Siden dette sikkerhetsnivået er høyere enn kravet som stilles til de fleste nye veger i Norge, antar vi at innkjørselen til tiltaksområdet fra hårnålsvingen i sør, kan aksepteres plassert i sikkerhetsklasse S2.

Vollen i nord kan om ønskelig forlenges nordover, slik at tiltaksområdets nordøstlige hjørne også får en årlig sannsynlighet for skred mindre enn 1/5000. Behovet for det bør vurderes i lys av mulighetene for utbygging i det lille arealet som ville frigjøres i nordøst.

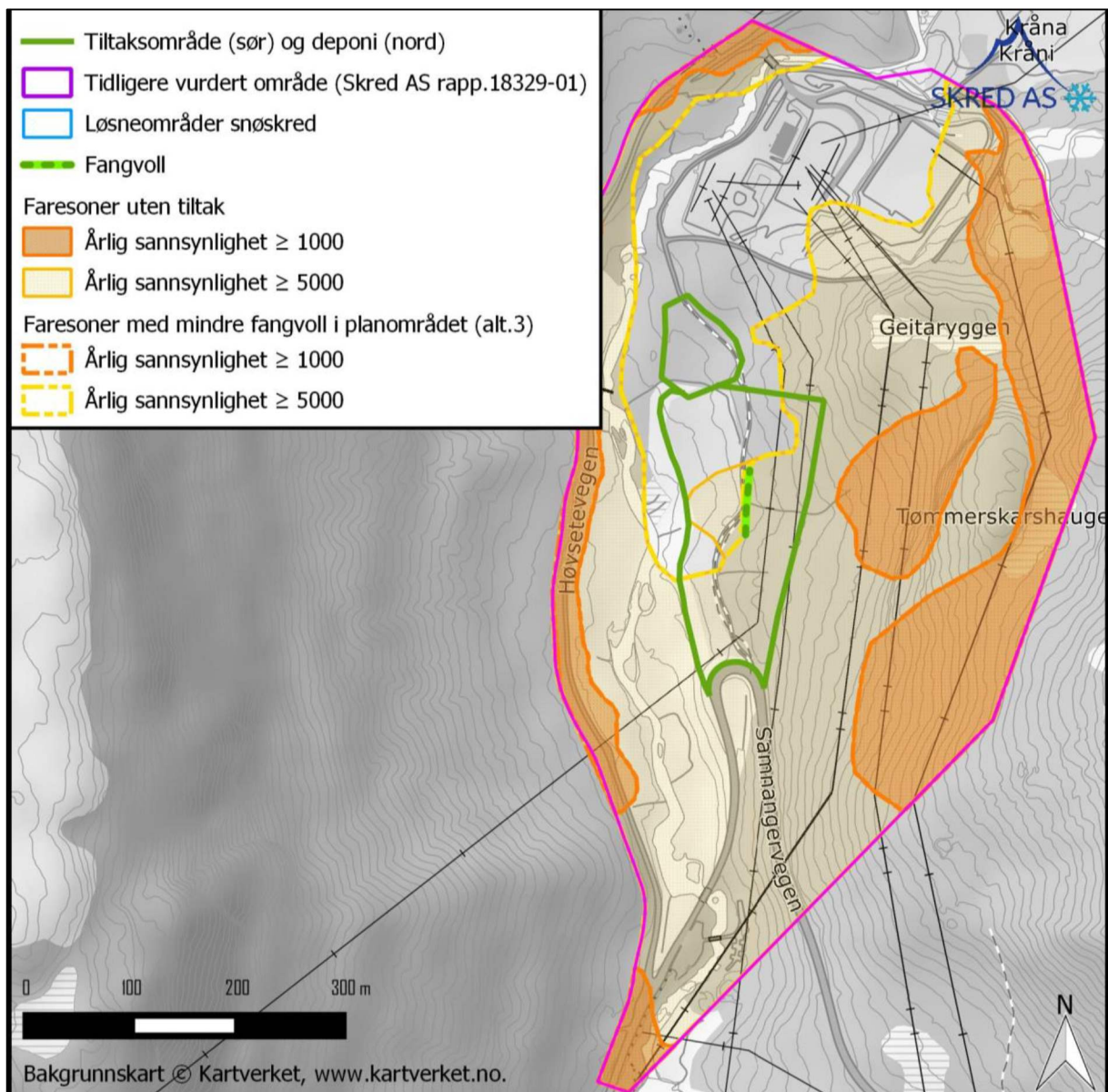
Ledevollen i sør vil gjøre hele hårnålsvingen litt mer skredutsatt enn før. Vi regner med at dette kan aksepteres siden sannsynlighet for skred på vegen uansett er lavere enn det som mange, mer trafikkerte norske veger har.

### 3.3 Alternativ 3 – Sikring av en mindre del av tiltaksområdet ift. sikkerhetsklasse S3

Dette alternativet gjelder sikring av midtre del av tiltaksområdet ved hjelp av mindre fangvoll plassert i selve tiltaksområdet, minst 20 m fra nærmeste kraftlinja, som vist i Figur 8.

Fangvollen ventes å måtte bli ca. 65 m lang og opptil ca. 6 m høy, med en bredde på 2 m på toppen. Med utgangspunkt i en enhetspris foreløpig estimert til ca. 30.000 kr/lm, ville en slik løsning koste om lag 2 millioner kr eks. mva.

Tiltaket ville kun redusere 5000 års skredfaresone i den midtre delen av tiltaksområdet. Faresonen lenger sør ville ikke endres, men den årlige sannsynligheten for skred der er allerede lavere enn 1/1000. Byggetiltak som faller i sikkerhetsklasse S2, og trolig adkomstveien til tiltaksområdet, vil derfor kunne etableres i den usikrede delen av området.



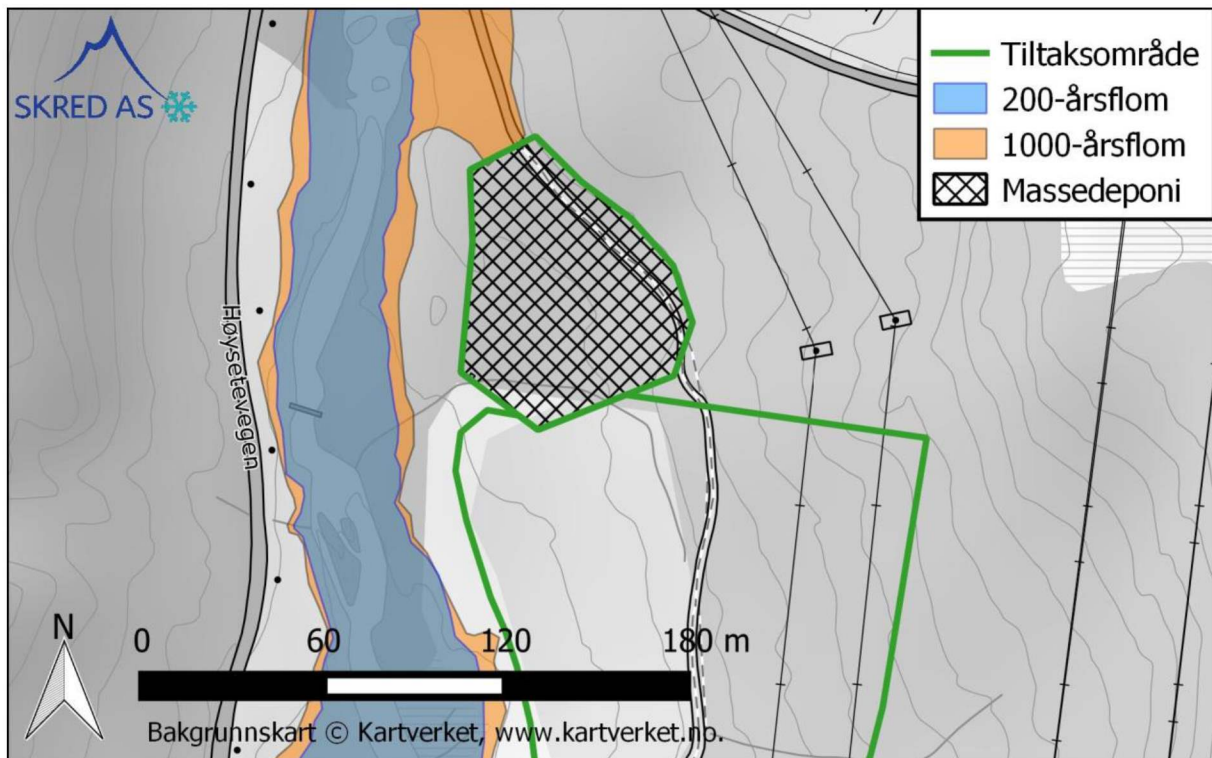
Figur 8: Faresoner for skred etter implementering av sikring iht. alternativ 3.

#### 4 Vurdering av massedeponi

Statnett planlegger et massedeponi mot Storelva. Dersom deponiet berører faresonene for flom kan den potensielt påvirke flomforholdene for nærliggende områder og gi økt ulempe.

Mottatt lokasjon av deponiet fra Statnett viser at deponiet vil ligge utenfor faresonen for både 200- og 1000-årsflom, som vist på Figur 9. Forutsatt at deponiet plasseres innenfor mottatte grenser vil ikke flomsituasjonen i Storelva bli påvirket.

Det er derimot viktig at overvann i tilknytning til deponiet og overflatevann fra oppstrøms områder håndteres tilstrekkelig. Vurdering av overvannshåndtering bør derfor inngå i forbindelse med planlegging av deponiet.



Figur 9: Lokasjon til planlagt massedeponi i forhold til faresoner for flom.

## 5 Konklusjon

Det kan oppnås betydelig reduksjon i faresonenes utbredelse i tiltaksområdet. To alternative løsninger, en stor fangvoll ovenfor hele tiltaksområdet og støtteforbygninger i løsneområdene for snøskred, kan sikre hele tiltaksområdet. Disse tiltakene forventes imidlertid å koste ca. 12 og 24 millioner kr eks. mva., henholdsvis, samt at de trolig er lite aktuelle pga. krav som gjelder kraftlinjene.

Dersom man aksepterer at det nordøstlige og det sørøstlige hjørnet av tiltaksområdet ikke sikres, men bare tilfredsstillende sikkerhetskravet for sikkerhetsklasse S2, kan en betydelig sikring av resten av tiltaksområdet oppnås ved en mindre fangvoll og en ledevoll. Dette tiltaket ventes å koste ca. 6 millioner kr eks. mva. Gjennomførbarheten av dette tiltaket må diskuteres med BKK Nett, ettersom en ledevoll ville måtte gå under en av deres kraftlinjer.

Et siste alternativ er å bare sikre den nordlige delen av tiltaksområdet ved en mindre voll lenger nede i fjellsiden. Dette alternativet er betydelig mindre kostbart (ca. 2 millioner kr eks. mva.) og ser ikke ut å komme i konflikt med kravene som gjelder kraftlinjene.

Alle kostnadsoverslag er i denne fasen veldig orienterende, men bør kunne gi grunnlag til en nytte/kost-vurdering og for å velge tiltak for eventuell detaljprosjektering. Skred AS bistår gjerne ved behov for det.

Ingen av de foreløpig skisserte sikringstiltak i dette notatet vil endre skredforholdene i Statnetts eiendom som ligger rett nord for tiltaksområdet.

Det planlagte massedeponiet berører ikke faresonene for 200- eller 1000-årsflom og vil således ikke påvirke flomforholdene. Dette forutsetter at deponiet plasseres innenfor mottatte grenser. Det er viktig at overvann i tilknytning til deponiet og overflatevann fra oppstrøms områder håndteres tilstrekkelig. Vurdering av overvannshåndtering bør derfor inngå i forbindelse med planlegging av deponiet