



RAPPORT

# Skredfarevurdering Segalstad Bru, Gausdal kommune, Oppland fylke

VURDERINGER OG FARESONEKART

DOK.NR. 20150252-01-R

REV.NR. 1 / 2017-11-29

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

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

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

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

## Prosjekt

Prosjekttittel:	Skredfarevurdering Segalstad Bru, Gausdal kommune, Oppland fylke
Dokumenttittel:	Vurderinger og faresonekart
Dokumentnr.:	20150252-01-R
Dato:	2015-06-17
Rev.nr. / Rev.dato:	1 / 2017-11-29

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Areal+ AS (rev. 0) / Gausdal kommune (rev. 1)
Kontaktperson:	Erik Sollien (Areal+ AS), Jon Sylte (Gausdal kommune)
Kontraktreferanse:	Undertegnet oppdragsbekreftelse fra Areal+ AS, 2015-03-26 Undertegnet oppdragsbekreftelse fra Gausdal kommune, 2017-11-01

## for NGI

Prosjektleder:	Dieter Issler
Utarbeidet av:	Dieter Issler, Øyvind Armand Høydal
Kontrollert av:	Frode Sandersen

## Sammendrag

Den største delen av det kartlagte området i Segalstad Bru er ikke utsatt for skred. Hovedfaren er knyttet til flere bekkeløp i den nordøstlige delen av det kartlagte området, der vann kan flomme over under ekstreme nedbørsituasjoner. Særlig stikkrenner og kulverter med utilstrekkelig kapasitet kan gi opphav til flomskred. Dessuten er det mange lave, men tilstrekkelig bratte skråninger som har potensiale til å bli ustabile ved ekstremnedbør. Ved bygging i eller ved foten av disse skråningene er det behov for detaljerte geotekniske stabilitetsvurderinger. Sørpeskred kan ikke utelukkes langs bekkeløpene, men faren anses som mindre enn for flomskred. Et planlagt boligfelt øst for Høsland er utsatt for steinsprang og muligens også jordskred. Sikring vil være nødvendig for at bygg skal oppnå tilstrekkelig sikkerhet i forhold til sikkerhetskrav beskrevet i Byggteknisk forskrift TEK 17. Ekstreme snøskred kan så vidt nå inn i det kartlagte området på to steder, men flere bebygde områder høyere oppe i lia er utsatt pga. av nylig flatehogst nedenfor toppen av Lundevarden og rett ovenfor Øverbygdsvegen.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Om oppdraget	5
1.2	Begrensninger	5
<b>2</b>	<b>Sikkerhetskrav i plan- og bygningsloven</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Terreng</b>	<b>7</b>
3.1	Generell beskrivelse	7
3.2	Vassdrag	8
3.3	Grunnforhold	8
3.4	Vegetasjon	8
<b>4</b>	<b>Klima</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Vurdering av ulike skredtyper</b>	<b>14</b>
5.1	Tidligere skredhendelser	14
5.2	Flom- og jordskred	14
5.3	Steinsprang og steinskred	17
5.4	Snøskred	21
5.5	Sørpeskred	25
5.6	Samlet skredfare	26
<b>6</b>	<b>Konklusjoner og mulige sikringstiltak</b>	<b>27</b>

## Vedlegg

Vedlegg A	Kart over samlet skredfare
Vedlegg B	Beskrivelse av modeller brukt i vurderingen
Vedlegg C	Detaljer om snøskredberegningene
Vedlegg D	Vurdering av faren for flom og flomskred nær Kandavegen 15, 21 og 23

## Kontroll- og referanseside



# 1 Innledning

## 1.1 Om oppdraget

Gausdal kommune v/Jon Sylte anmodet NGI v/Ulrik Domaas med e-post 23. februar 2015 om en skredfarevurdering av utbyggingsområder i tettstedet Segalstad Bru i sammenheng med områdereguleringer, se Figur 1. Ifølge de kombinerte aktsomhetskartene for steinskred/snøskred og jordskred/flomskred (Figur 2) kan deler av arealet være utsatt for skred. NGI foreslo å utvide kartleggingsarealet noe mot nordvest for å inkludere et naboområde som ifølge aktsomhetskartet også kunne være utsatt for jord- eller flomskred.

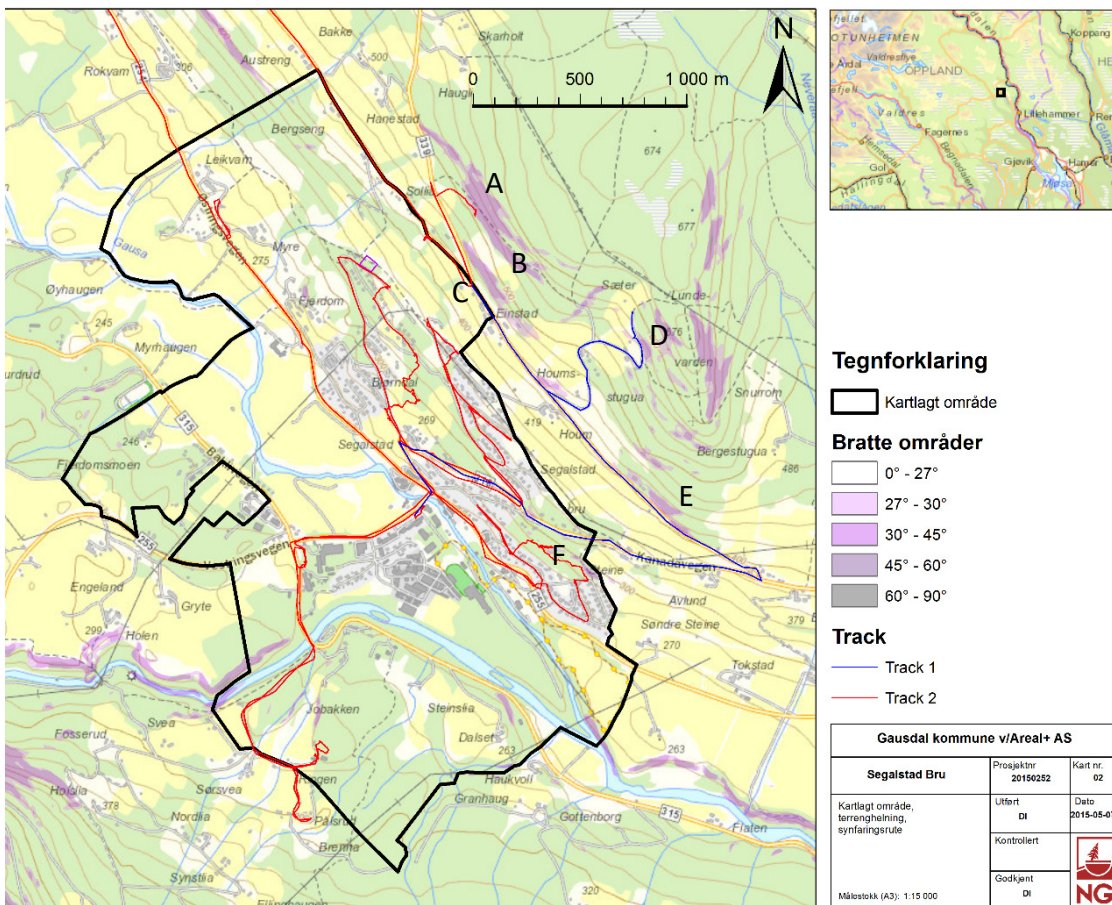
Tilbud ble sendt til Areal+ AS v/Erik Sollien 19. mars 2015, og undertegnet oppdragsbekreftelse mottatt på NGI 26. mars 2015.

Befaringen ble gjennomført av Øyvind Armand Høydal og Dieter Issler 22. april 2015. Jon Sylte, plan- og miljørådgiver ved Gausdal kommune, deltok under hele befaringsen. Et fokus under befaringsen var mulige utløsningsområder for snø- eller steinskred ovenfor det kartlagte området og i et planlagt utbyggingsområde mellom Gausdalsvegen (Fv 255), Steinshågan, Kanadavegen (Fv 318) og Høslan. Et annet fokus var potensielle flom- og jordskred langs bekkeløp gjennom bebyggelsen i den nordøstlige delen av det undersøkte området. Sør for Jøra var det noen bekkeløp og rygger med bratte skråninger som ble undersøkt i forhold til flom- og jordskredfare.

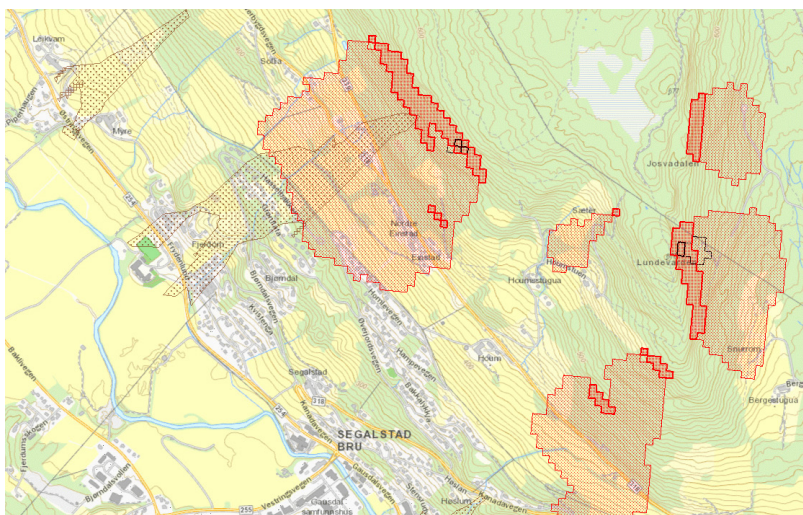
I 2017 kom NVE og Fylkesmannen i Oppland fylke med innsigelser mot arealplanen som Gausdal kommune hadde presentert. I henhold til naturfarer krever innsigelsene en nærmere utredning av skredfaren i tilfelle skogen ovenfor den nordøstlige siden av reguleringsområdet blir hogd eller forsvinner pga. andre årsaker. Samtidig kom det inn merknader fra grunneiere om flomproblemer i en bekk som kommunen nå har bedt NGI om å undersøke nærmere. Med e-post 2017 anmodet Gausdal kommune v/Jon Sylte NGI om tilleggsvurderinger av snøskredfaren i en situasjon uten skog og av flomfaren langs den ovenfor nevnte bekken. Undertegnet oppdragsbekreftelse ble sendt NGI 1. nov. 2017. En synfaring av bekken ble gjennomført 26. okt. 2017 av Øyvind A. Høydal, NGI, og Jon Sylte, Gausdal kommune.

## 1.2 Begrensninger

Denne rapporten er utarbeidet på grunnlag av dagens kunnskap og informasjon om tidligere skredhendelser som er tilgjengelig på <http://atlas.nve.no> eller ble gitt av kommunen. Vi har ikke foretatt egne undersøkelser for å finne historiske skred, for eksempel gjennom intervju av lokalbefolkningen eller gjennomgang av kirkebøkene.



Figur 1. Oversiktskart med kartlagt område, bratte områder og synfaringsruten ("Track").



Figur 2. Aksomhetskart fra <http://skrednett.no> med områder som kan være utsatt for snøskred (rødt), steinsprang/steinskred (svart) og jord- eller flomskred (brunt). Tykke linjer og mørkere farge viser mulige utløsningsområder, tynne linjer og lysere farge markerer potensielle utløpsområder.

Alle skredtypene ble vurdert, unntatt fjellskred (definert som steinskred med volum over 10 000 m<sup>3</sup>) og kvikkleireskred. Det finnes imidlertid ingen indikasjon av at disse skredtypene kunne være aktuelle i dette området. Den marine grensen, som er avgjørende for forekomsten av kvikkleire og faren for kvikkleireskred, når ikke opp til undersøkelsesområdet. Faren for jordskred kan ikke vurderes i detalj uten at det foretas grunnundersøkelser. De angitte faresoner spesifikt for jordskred (Figur 10) viser derfor hvor det er behov for nærmere stabilitetsvurdering ved større terrenginngrep.

Faresonene er vurdert i forhold til dagens klima-, terreng- og vegetasjonsforhold. I kap. 5 og 6 vurderes det hvordan endringer i disse forholdene vil påvirke skredfaren i reguleringsområdet.

## 2 Sikkerhetskrav i plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven (PBL) med tilsvarende tekniske forskrift TEK 17 og temaveileder stiller minstekrav til sikkerhet av nye bygg i forhold til skredpåvirkninger. Etter funksjon og antall personer som i gjennomsnitt oppholder seg i et bygg, blir bygg tilordnet en av fire sikkerhetsklasser S1 (garasjer, naust o.l.), S2 (eneboliger, tomannsboliger, hytter o.l.), S3 (hus med flere familier, offentlige bygg, skoler, fabrikker, hoteller osv., der mange mennesker oppholder seg samtidig) og S4 (kritisk infrastruktur som f.eks. sykehus, brannstasjoner o.l.). Det er kommunen som avgjør hvilke sikkerhetsklasse bygg skal tilordnes.

Bygg i sikkerhetsklasse S1 må ikke være utsatt for skred med høyere samlet nominell årlig sannsynlighet enn 1/100; det vil si at summen av sannsynligheten for alle typer skred som kan treffe bygget må ikke overstige én hendelse per hundre år i gjennomsnitt over lange perioder. For sikkerhetsklasse S2 er den maksimale tillatte skredsannsynligheten 1/1000 pr. år; i tillegg må tilhørende utearealer oppfylle krav for S1. De tilsvarende kravene i sikkerhetsklasse S3 er satt til henholdsvis 1/5000 pr. år og 1/1000 pr. år. Er disse minstekravene ikke oppfylt, kan søknad om bygging likevel innvilges dersom søkeren påviser at sikringstiltak er satt i verk som reduserer skredsannsynligheten til lovens krav. Den siste revisjonen av teknisk forskrift til PBL åpner også for muligheten til å dimensjonere hus slik at de tåler trykket fra et skred med nominell årlig sannsynlighet tilsvarende byggets sikkerhetsklasse. Dette trykket må imidlertid ikke overstige 50–60 kPa.

## 3 Terreng

### 3.1 Generell beskrivelse

Terrenget i undersøkelsesområdet ligger stort sett mellom 200 og 700 m o.h. Jøra har skåret seg ned i et trangt dalføre, mens dalen til Gausa er bred til og med Segalstad Bru.

Den nordøstlige dalsiden er relativt jevn og stiger med 10–20° helning, unntatt i et brattere bånd av skrenter ovenfor Fv 318 / 339 mellom Einstad og Sollia og de øverste delene av Lundevardens sørvestlige skråning. Bratt terreng ( $\geq 30^\circ$ ) av begrenset størrelse finnes også langs løpet av Jøra, ovenfor Øverbygdsvegen sør for Lundevardentoppen, i skogen ved Steine, og ved kantene av moreneplatåer, for eksempel mellom Ringen og Jobakken sør for Jøra (se avsnitt 5.2). Figur 1 gir bl.a. en oversikt over områder som er brattere enn 27° slik de kommer fram i en terrengmodell med oppløsning på 10 m.

## 3.2 Vassdrag

Jøra har skåret seg dypt ned i en trang, relativt bratt dalføre med få svinger til elva forener seg med Gausa. Gausa renner på en flat elveslette og løpet er relativt grunt, slik at elva har tendens til meandering.

Bekkene som drenerer Gausdals nordøstlige side følger stort sett fallinja med få svinger. Selv om mange av disse bekkene er små, har de relativt stor avrenningskapasitet fordi bekkeløpene er 15–20° bratte over lange distanser. Det er likevel tvilsomt om vassdragenes kapasitet er tilstrekkelig til sjeldne flomhendelser (med returperiode i størrelsesorden 100 år og mer). Flere steder samles overflatevannet i grøfter langs veikanten over lengre distanser til de ledes gjennom relativt beskjedent dimensjonerte kulverter under Øvrebygdsvegen.

## 3.3 Grunnforhold

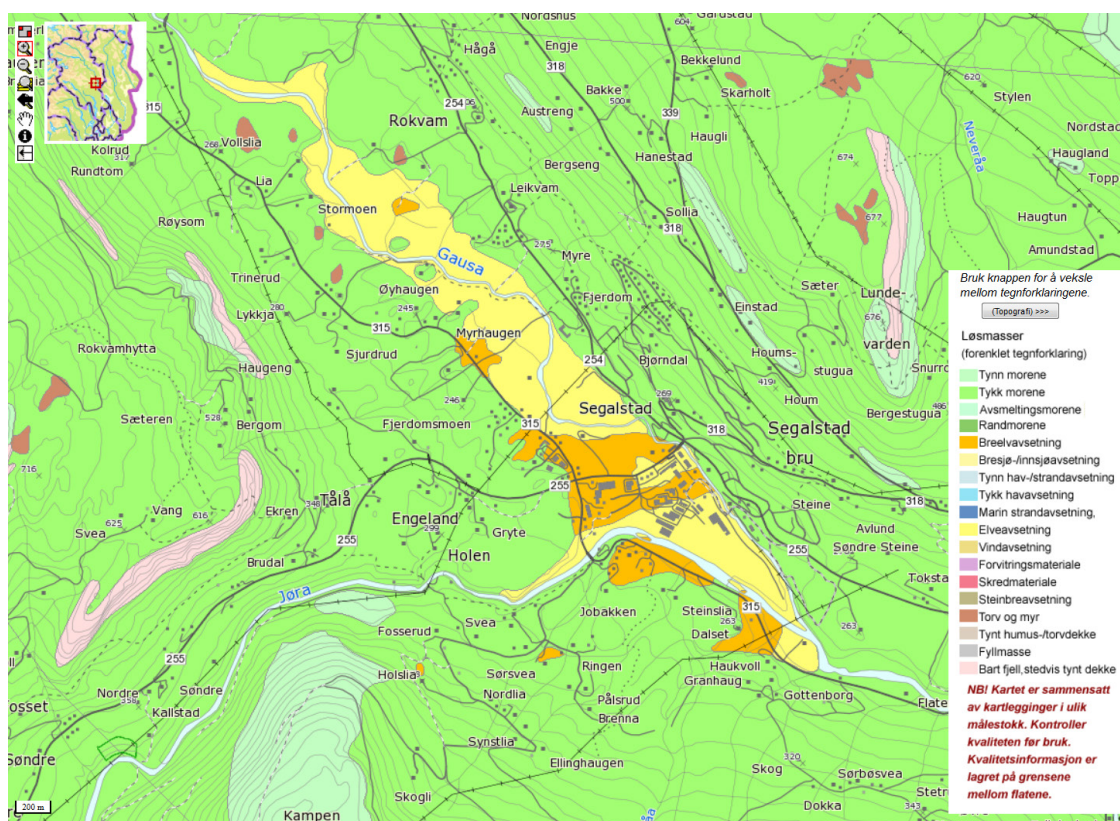
Løsmassekartet over området (Figur 3) viser stort sett tykk morenedekke, unntatt i dalbunnen der innsjø- og breelvavsetninger dominerer. I de bratteste delene nær toppen av Lundevarden og ovenfor Fv 339 er morenedekket tynnere. Det viste seg under synfaringen at bart fjell kommer stedvis fram i dagen i dette området. I skogen mellom Kanadavegen og Gausdalsvegen, som er et potensielt utbyggingsområde, finnes det også skrenter med store blokker som har falt ut langs foten.

## 3.4 Vegetasjon

Fra dalbunnen opp til ca. 450–500 m o.h. er store deler av det kartlagte området enten bebyggelse eller landbruksareal. Unntak er lokalt brattere eller kuperte områder, der det er skog (løvskog eller barskog, avhengig av de lokale forholdene og om skogen er plantet eller ikke). Mot toppen av åsene ovenfor 450–500 m o.h. finnes det først og fremst barskog.

I store deler av skogen rett nedenfor toppen av Lundevarden, mellom Bergestugua og Sæterstugua, har det blitt foretatt flatehogst, også noen mindre arealer rett ovenfor Øverbygdsvegen mellom avkjørslene til Kanadavegen og til Sæterstugua. Deler av disse områdene er 25–35° bratte.





Figur 3. Løsmassekart over undersøkelsesområdet, som viser stort sett tykke moreneavsetninger, unntatt i dalbunnen med innsjø- eller breelavavsetninger. Lastet ned fra <http://geo.ngu.no/kart/losmasse>.

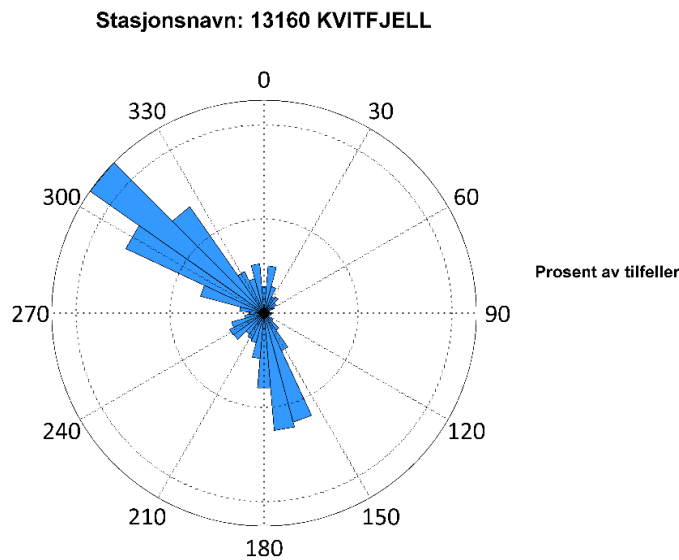
## 4 Klima

I en radius på ca. 25 km rundt det undersøkte området ligger det flere meteorologiske stasjoner, se Tabell 1. De nærmeste stasjonene 13030 Gausdal Follebu og 13060 Gausdal Øvrehaugen har imidlertid vært i altfor kort tid for å kunne analyseres i forhold til klimanormaler og ekstremverdier. Stasjonen 13050 Gausdal Skogli er ikke lenger i drift, men er kun 5 km unna og har 40 år med nedbør- og snødata. Forholdene i 13100 Vestre Gausdal i en distanse på drøye 25 km kan være annerledes enn i undersøkelsesområdet, men stasjonen dekker en mye lengre periode enn alle øvrige stasjonene i området. Derfor ble disse to sistnevnte stasjonene brukt til analysen.

Segalstad Bru ligger i et område med innlandsklima, som betyr at det er generelt relativt lite vind og nedbør (som hovedsakelig kommer om sommeren), lav luftfuktighet og stor daglig og årlig temperaturforskjell. Vintertemperaturene er lave nok til at nedbøren som regel kommer i form av snø, og snøen ligger i lange perioder hvert år.

Vindrosen fra Kvitfjell (Figur 9) viser at det er to hovedretninger for vind (NV og SSØ) i området når lufttemperaturen er mindre enn 1°C og vindhastigheten er større enn 5 m/s.

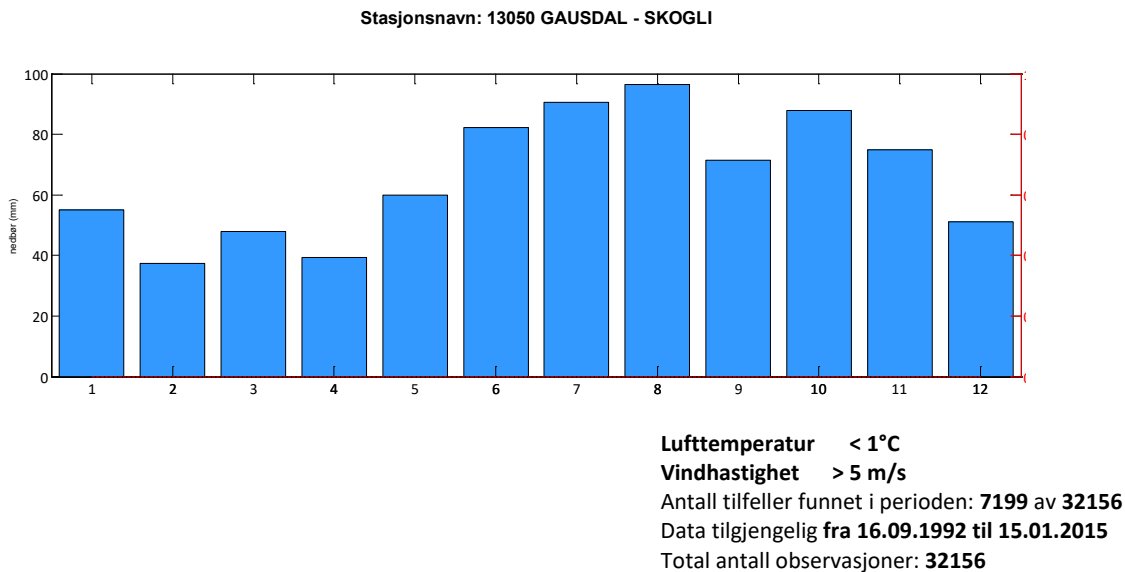
I slike tilfeller kan det forekomme snøfokk som blir avlagret i områder som ligger i le for vinden. Den sterkeste vinden kommer gjerne fra nordvestlig kant, dvs. ned Gausdalen. På grunn av den lokale topografien forventes det at vind som blåser fra SSØ i høyden (geostrofisk vind) strømmer opp Gausdalen nede i dalen.



Figur 4. Vindrose for værstasjonen 13160 Kvitfjell (1030 m o.h.) når lufttemperaturen er mindre enn 1°C og vindhastigheten er større enn 5 m/s.

Tabell 1. Informasjon om meteorologiske stasjoner i nærheten av undersøkelsesområdet.

Stasjonsnavn	Stasjonstype	Høyde	Distanse	Målingsperiode
12680 Lillehammer Sætherengen	Vær/klima	240 m o.h.	20 km	Fra 1982
12800 Mesna Tyria	Nedbør/snø	520 m o.h.	25 km	Fra 1961
13030 Gausdal Follebu	Vær/klima	375 m o.h.	2 km	Fra 2005
13050 Gausdal Skogli	Nedbør/snø	647 m o.h.	5 km	Mai 1972 – april 2011
13060 Gausdal Øvrehagen	Nedbør/snø	575 m o.h.	5 km	Fra 2011
13100 Vestre Gausdal	Nedbør/snø	580 m o.h.	27 km	Juli 1895 – aug. 2008
13140 Fåvang Tromsnes	Nedbør/snø	187 m o.h.	25 km	Fra august 1996
13150 Fåvang	Vær/klima	200 m o.h.	25 km	Fra 2010
13160 Kvitfjell	Vær/klima	1030 m o.h.	25 km	Fra september 1992
13310 Søre Brekkom	Nedbør/snø	770 m o.h.	25 km	Fra juni 1975



Figur 5. Fordeling av gjennomsnittlig månedsnedbør gjennom året for stasjonen 13050 Gausdal Skogli (646 m o.h.), basert på 40 år med målinger.

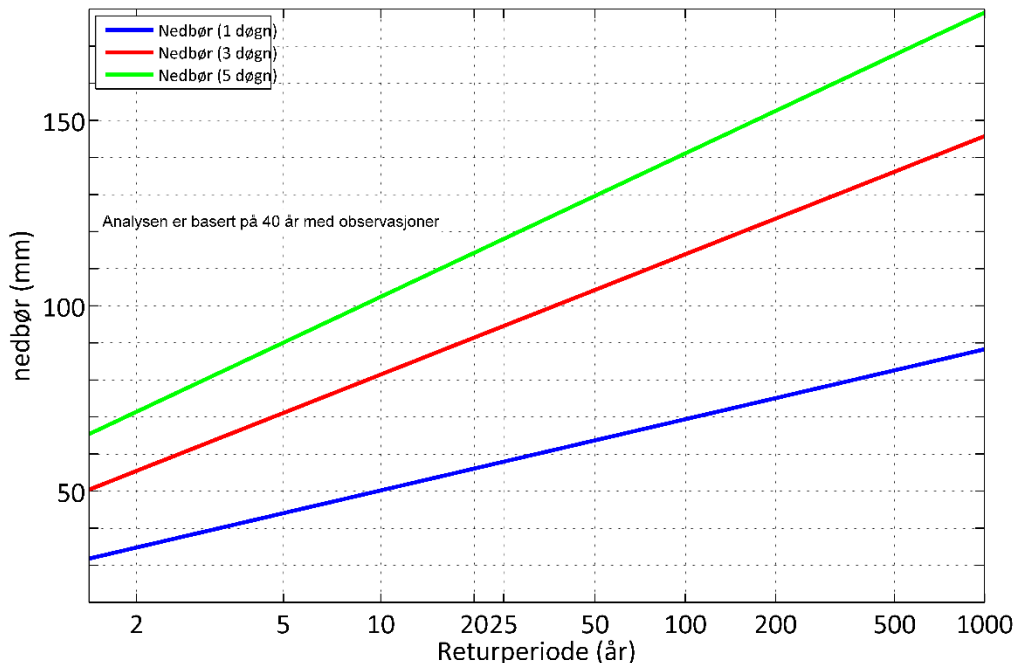
Den gjennomsnittlige månedsnedbørfordelingen gjennom året er vist i Figur 5. De største nedbørmengder kommer om sommeren. Statistikk for nedbøren (ekstrem- og normalverdier) er samlet i Tabell 2.

Ekstremver dianalysen (Figur 6) viser at det ikke forventes mer enn 100 mm nedbør/døgn (ca. 150 mm/tre døgn; 190 mm/fem døgn) med returperiode på 1000 år. Den mest ekstreme ettdøgnsnedbøren i de siste årene ble registrert 23. mai 2013 med 62 mm på den nye stasjonen i Gausdal Follebu. (Denne stasjonen har imidlertid ikke vært i drift lenge nok for at den kan brukes i denne analysen.) Vi har ikke detaljer om flommen i Gausa og sidebekker, men ser av opprensning at også noen av bekkene i reguleringsområdet

Tabell 2. Normal- og ekstremverdier av nedbør for stasjonene Vestre Gausdal og Gausdal Skogli. I henhold til maksimalverdiene for snøhøyde og ett-, tre- og femdøgnsnedbør bør man huske at stasjonen på Vestre Gausdal har 113 år med målinger, mens det er bare 40 år på Skogli.

Parameter	13100 Vestre Gausdal	13050 Gausdal – Skogli
Årsnedbør	598 mm	794 mm
Vinternedbør	240 mm	354 mm
Sommernedbør	358 mm	440 mm
Maks. ettdøgnsnedbør	61 mm	58 mm
Maks. tredøgnsnedbør	85 mm	104 mm
Maks. femdøgnsnedbør	104 mm	130 mm
Maks. snøhøyde	120 cm (1995-03-18)	202 cm (1988-04-01)

### Stasjonsnavn 13050 GAUSDAL - SKOGLI



Figur 6. Ekstremnedbørestimater for returperioder opptil 1000 år (Gumbel fordeling) for stasjonen 13050 Gausdal Skogli (647 m o.h.), basert på 40 år med observasjoner.

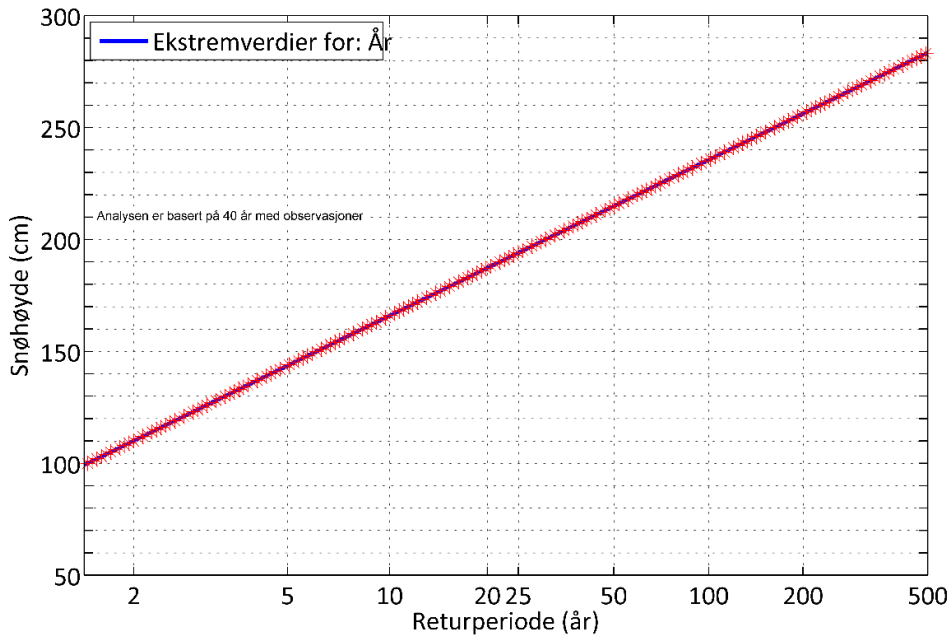
har gått over sine bredder og langs veiene. Stasjonen Vestre Gausdal har registrert fire hendelser med høyere ettdøgnsnedbør enn 62 mm (opp til 86 mm) i løpet av 114 år. Dette samsvarer godt med ekstremverdistatistikken for Gausdal Skogli (Figur 6), men dessverre var begge stasjoner ikke lenger i drift i 2013, slik at direkte sammenligning med Gausdal Follebu ikke er mulig.

Denne analysen tar ikke hensyn til sesongforskjeller. Ut fra fordelingen av gjennomsnittlig månedsnedbør (Figur 5) må vi anta at de maksimale ett, tre og fem døgnsnedbørmengdene vinterstid er betydelig lavere enn ekstremverdiene for hele året. Den relativt store maksimale snøhøyden på Skogli tyder imidlertid på litt høyere verdier enn forholdet mellom samlet sommer- og vinternedbør indikerer – mye snø må ha kommet på kort tid, ellers ville den naturlige setningen av snøen redusert snøhøyden fortløpende. (En annen mulighet er at stasjonens beliggenhet førte til en del ansamling av fokksnø der målingene ble tatt. Vi har ikke kunnskap om den nedlagte stasjonen og kan ikke verifisere om dette kan ha vært tilfelle.) Som grunnlag for vurdering av snøskredfaren antar vi at den maksimale nedbørmengden vinterstid er ca. 75 % av den tilsvarende verdien for hele året, altså 85 mm på tre døgn ved returperiode 100 år og 110 mm på tre døgn ved returperiode 1000 år. Disse verdiene tilsvarer nysnømengder på henholdsvis ca. 85 og 110 cm.

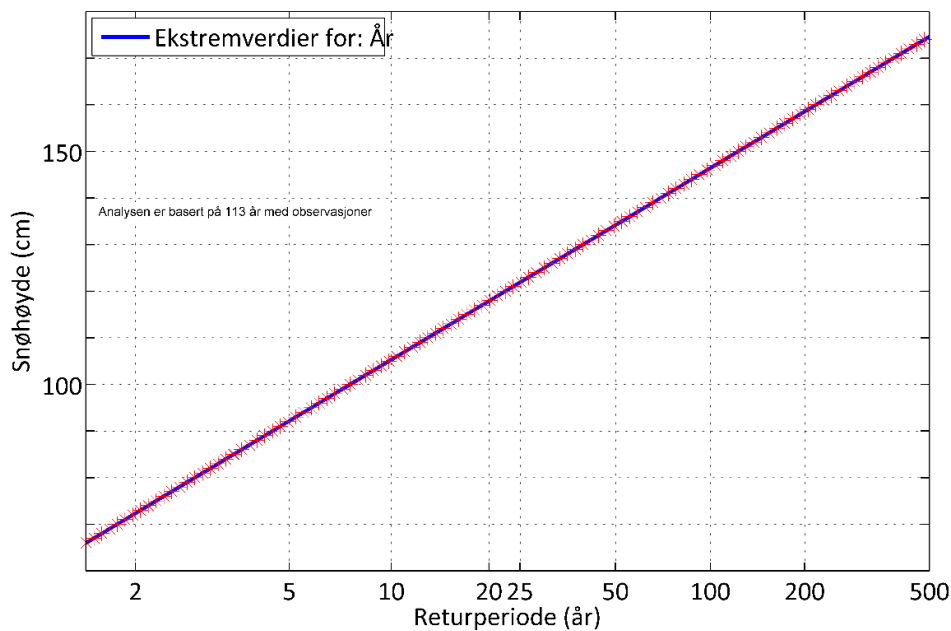
Ekstremverdianalysen for snøhøyden (Figur 7) viser at det kan forventes snøhøyder opp mot 3 m en gang per 500 år i gjennomsnitt.



**Stasjonsnavn 13050 GAUSDAL - SKOGLI**



**Stasjonsnavn 13100 VESTRE GAUSDAL**



Figur 7. Estimer for ekstrem snøhøyde med returperioder opptil 500 år for Gausdal-Skogli (657 m o.h.) og Vestre Gausdal (580 m o.h.) meteorologiske stasjoner. Ekstrapolasjonen med hjelp av ekstremverdistatistikk anses som pålitelig opp til 100 år i tilfelle Skogli og opptil 300 år i tilfelle Vestre Gausdal.

## 5 Vurdering av ulike skredtyper

### 5.1 Tidligere skredhendelser

Ifølge informasjon fra Gausdal kommune har skred ikke forekommet i undersøkelsesområdet i manns minne. Under synfaringen fant vi ikke spor etter skredhendelser.

Den nasjonale skreddatabasen (<http://atlas.nve.no>) viser åtte jordskred og ett snøskred i en omkrets på 10 km fra Segalstad Bru. Det nærmeste registrerte skredet er et jordskred 22. mai 2013 ved Follebu, ca. 2 km utenfor undersøkelsesområdet. Samme dag løsnet et annet jordskred i nærheten av Svingvoll, ca. 8 km nord for Segalstad Bru. Det finnes ikke detaljert informasjon om skredene, noe som tyder på at de var relativt små.

I tidligere århundre ble skred vanligvis registrert kun hvis mennesker hadde omkommet i dem. Fire jordskred som tok menneskeliv løsnet under Storofsen 22./23. juli 1789, ett i 1754 kun 2 km nordøst for Segalstad Bru, og ett i 1786.

Det eneste snøskred i området som er registrert i databasen har dato juli 1816 og er lokalisert i et flatt myrområde lenger oppe i Gausdalen. Dette betyr at selve stedsangivelsen må ansees som meget usikker, men vi må likevel anta at et snøskred skjedde rundt 1816 siden kilden sier eksplisitt at en gutt omkom i et snøskred. Det kan tenkes enten at ulykken skjedde om våren pga. av et sørpeskred, men liket ble først funnet om sommeren, eller at datoen er tidspunktet da denne delen av kronikken ble skrevet.

### 5.2 Flom- og jordskred

For brattere områder er det generelt tegnet faresoner med henblikk på jordskred. Her gjelder det lokalstabilitet av masser. Tiltak i disse områdene (utfylling eller bebyggelse) kan være mulig, men en må sørge for faglig vurdering og gjennomføring med tanke på lokalstabilitet.

Langs bekker vil en i prinsippet ikke kunne skille mellom jord- og flomskred, fordi flomskred ofte har sin årsak i mindre jordskred. Bekker og jordene i lia har en helning som vil gi flomskred når vannføringen blir ekstrem. Nedbørepisoden 7–8. juli 2014 i deler av Lillehammer er eksempel på påregnelige hendelser som også kan skje i Gausdal. Flere av bekkene i området er lukket, og i intense nedbørperioder er sannsynligheten stor for overløp grunnet blokkering eller underkapasitet av stikkrennene. Området nedenfor slike lukningspunkt er da utsatt for jordskred. Vi identifiserte noen lokaliteter med dårlig kapasitet, men trolig er det mange flere. Faresoner langs bekker med årlig sannsynlighet 1/100 dekker i hovedsak bekkeløpet og tilstøtende sideskråninger. Grunne bekker vil ha et noe bredere fareareal. En må anta at hendelser med ekstrem nedbør med årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000 er underestimert fordi det er svært vanskelig å forutsi eksakt hvordan avrenningen vil foregå, fordi menneskelige inngrep slik som for eksempel etablering av veier og bebyggelse vil påvirke dreneringen på en ukontrollert måte.



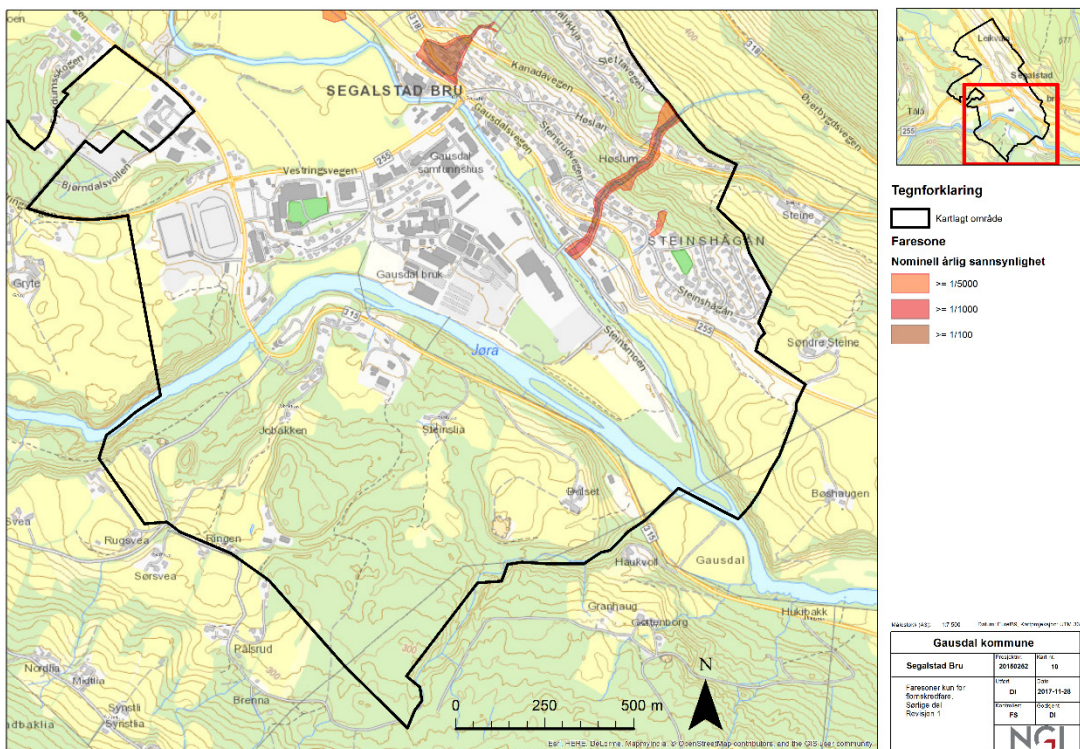
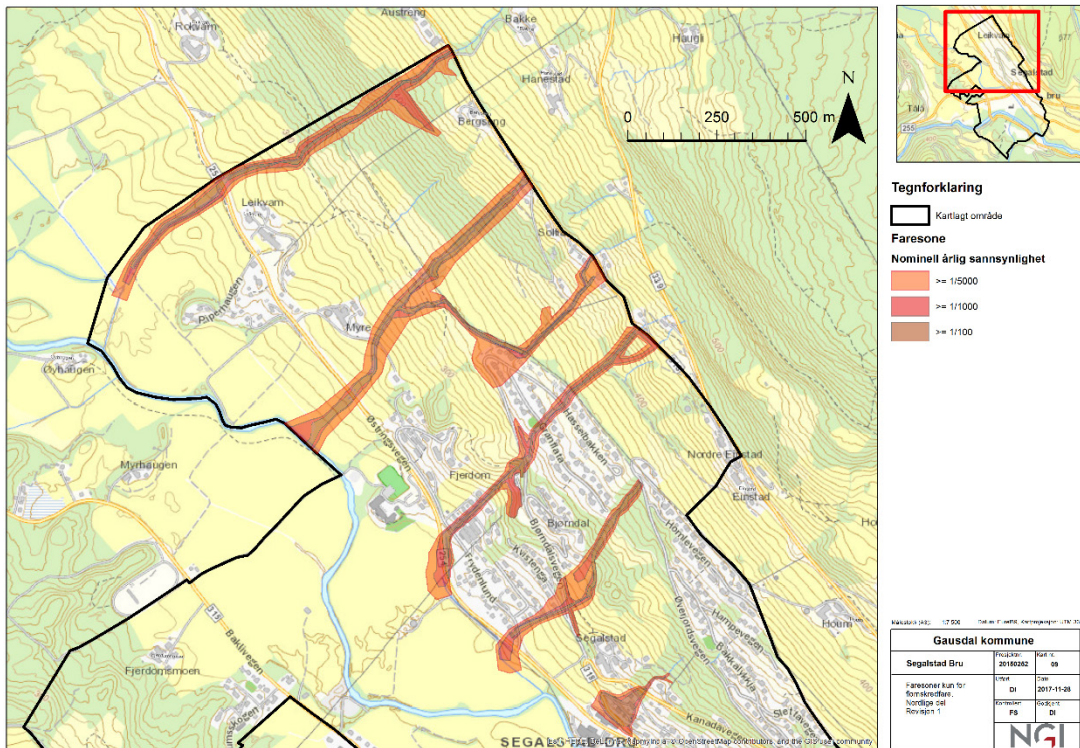
Figur 8. Nylig utglidning ovenfor en enebolig ved Ringen i den sørligste delen av undersøkelsesområdet. Materialet inneholder en betydelig andel finstoff (sand, silt og leire).

Ved etablering av boligfelt i bratt terreng, er det vesentlig at veg og bebyggelsesområde planlegges og reguleres med nødvendige skjæringer og eventuelle forstøtninger. Det er vanlig at reguleringsplaner kun utføres i "planet", og ikke tar hensyn til bratt terreng. Etter en utbygging i skrånende terreng er det gjerne en skjæring på baksiden av huset og en fylling på framsiden. Disse blir igjen ofte strammet opp av murer. Disse skjæringene og murene utgjør ofte større fare for beboere enn naturlige skred. En reguleringsplan bør derfor omfatte bestemmelser som styrer utfylling og oppstramming av skråninger og i tillegg inkluderer plan for håndtering av overflatevann.

Flere steder i undersøkelsesområdet finnes det opphøyde hauger som er begrenset av en bratt skråning (25–35°) på 5–20 m høyde. Ifølge løsmassekartet (Figur 3) består disse haugene av tykk morene som omgivelsene ellers. Bak et hus ved Ringen fantes en liten utglidning som viser at disse haugene består av relativt fint materiale (Figur 8). Selv om dette var den eneste utglidningen vi fant i området, viser det likevel at disse skråningene kan bli ustabile når det gjøres inngrep i det naturlige terrenget eller når poretrykket øker ved intensiv nedbør. Opplysninger vi fikk av en bonde under synfaringen bekrefter at slike hendelser forekommer av og til i området ved sterk nedbør, selv i slakere terreng. Der det finnes tett skog, stabiliseres skråningen av røttene. Avskoging kan derimot føre til en økning av faren for grunne jordskred.

Under behandling av utkast til reguleringsplan ble det henvist til tidligere overløp i et bekkedar ved eiendommene Kandavegen 15, 21 og 23. Området ble befart i 2017, og faresonen for flom eller flom-/jordskred oppdatert. For detaljer se Vedlegg D.





Figur 9. Faresonekart kun for flomskred for nominell arlig sannsynlighet pa 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Som nevnt ovenfor, er det ofte ikke mulig å skille klart mellom jord- og flomskred. Vi har likevel tegnet separate kart med faresoner for flomskred og for jordskred. Langs eksisterende bekkeløp eller forsenkninger som vil bli til midlertidige bekkeløp i perioder med ekstremnedbør regner vi med at skredene oppstår på grunn av vannavrenning på overflaten og betegner dem som flomskred. I de bratteste delene av skråninger der det ikke finnes etablerte bekkeløp, er det mer sannsynlig at utglidninger og skred oppstår på grunn av høy poretrykk uten konsentrert avrenning på overflaten. Disse arealene er merket som utsatt for jordskred.

Sannsynligheten for slike jordskred er vanskelig å anslå presist uten inngående geotekniske og statistiske undersøkelser, men den er muligens så høy som 1/1000 pr. år eller større i slike skråninger. Vi har ingen pålitelig modell for å beregne utløpsdistansen til slike utglidninger, men erfaringsmessig vil de stoppe rett utenfor foten av skråningen. Derfor har vi valgt å vise faresoner for jordskred tilsvarende sikkerhetsklasse S2 og S3 i Figur 10. De skal anses først og fremst som en påminnelse at grunnstabiliteten må vurderes ved eventuelle inngrep som bygging av nye hus eller veier i eller i nærheten av bratte skråninger.

### 5.3 Steinsprang og steinskred

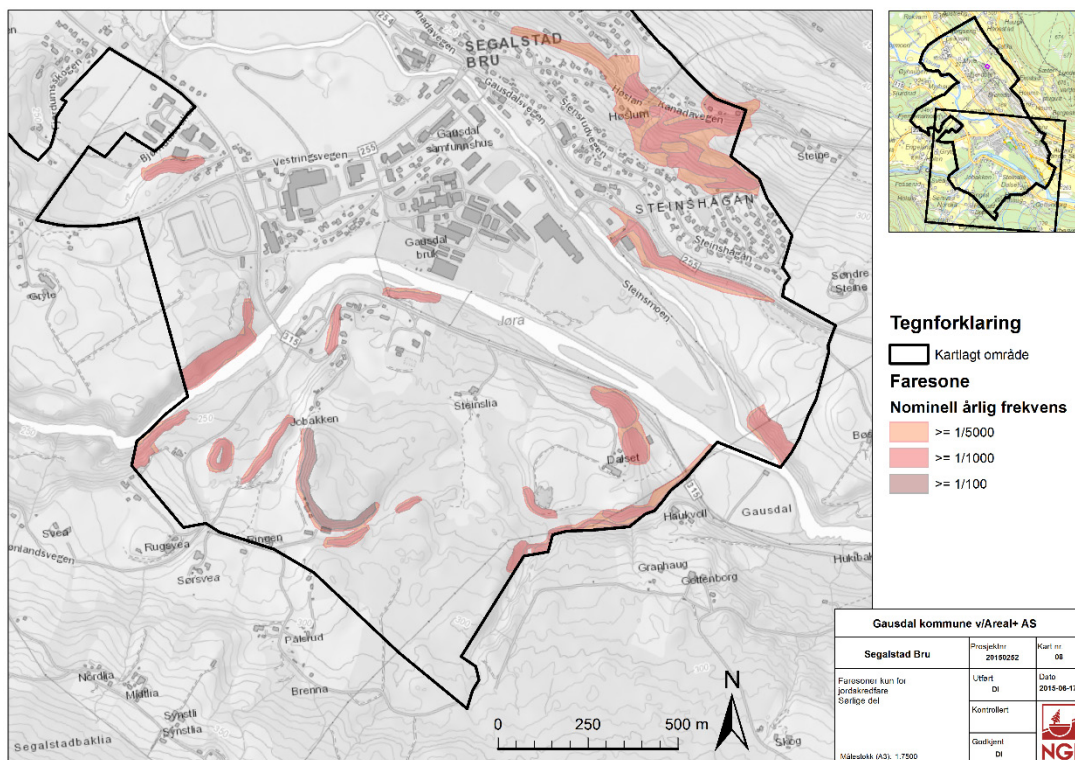
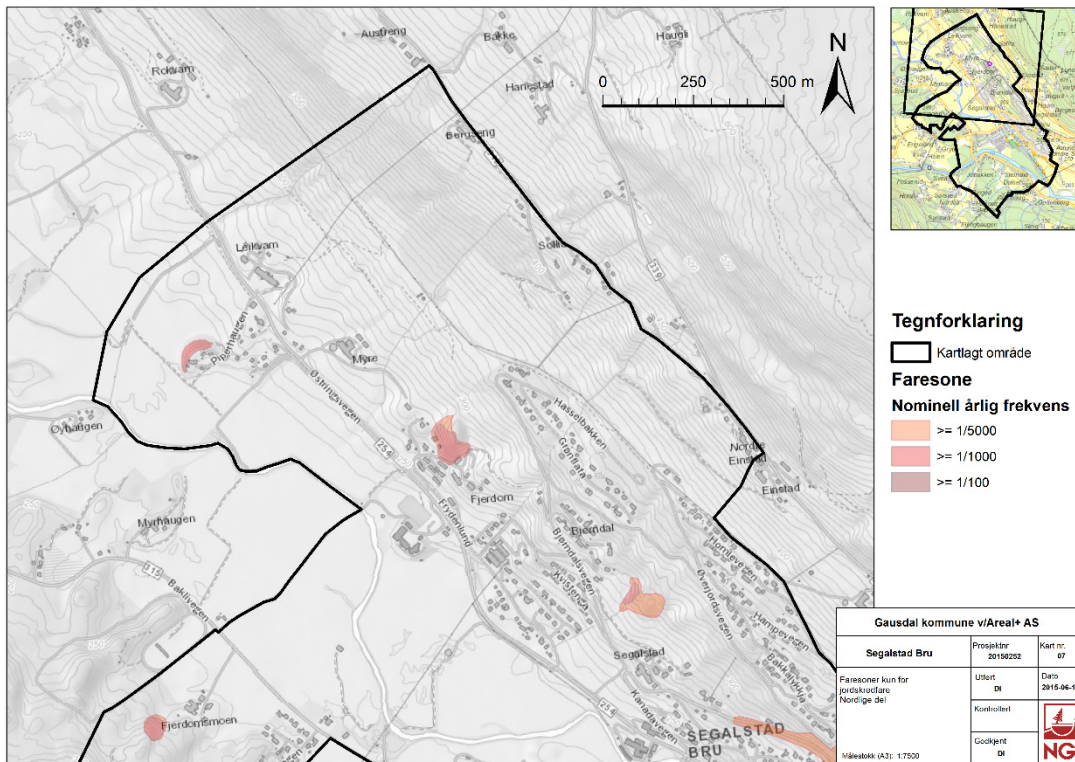
Det er to steder i undersøkelsesområdet med bratte fjellskrenter, nemlig stedvis i et langt bånd ovenfor den sørligste delen av Fv 339, mellom Einstad og Hanestad (se Figur 1, område A), og videre i skogen mellom Gausdalvegen og Kanadavegen, nordvest for Steine (Figur 1, område F).

I område A er terrenget nedenfor skrenten 25–30° bratt over en lengre strekning. Dette betyr at blokker av en viss størrelse som løsner fra skrenten, kan rulle ned til terrenget slakner. Det er imidlertid flere omstendigheter som reduserer faren for slike hendelser: Skrenten er knapt bratt nok for at stein kan løsne; derved er det lite sannsynlig at en løs blokk ruller eller faller ned. Berget er nokså kompakt og med få sprekker, dvs. det finnes få løse blokker. I tillegg er en god del av skrenten dekket med (tynne) løsmasser, noe som reduserer sannsynligheten for utfall av blokker. Dessuten er skogen i hele området så tett at blokker som måtte løsne, ikke oppnår stor fart før de treffer på trær og mister en god del av energien. På grunn av disse forholdene var det ikke hensiktsmessig å bruke numeriske modeller for å beregne rekkevidden av blokker.

Ut fra disse observasjonene kan vi ikke helt utelukke at stein kan løsne, særlig i den sørøstlige delen der skrenten er høyest. Vi anslår den årlige utløsningssannsynligheten pr. enhetsbredde på 30 m til å være en god del mindre enn 1/1000 og den årlige sannsynligheten pr. enhetsbredde for at en stein fra denne skrenten når det kartlagte området til å være langt mindre enn 1/5000.

Litt nedenfor og sør for denne skrenten, rett ovenfor henholdsvis Treahøgdaavegen og Øverbygdsvegen, ligger to mindre områder som teoretisk sett kan være bratte nok for steinsprang. Som Figur 12 viser, finnes det imidlertid ingen oppsprukket, bart fjellbånd der. Man kan derfor se bort fra steinsprangfaren i disse områdene.





Figur 10. Faresonekart kun for jordskred over den nordlige (øverst) og sørlige (nederst) delen av det kartlagte området.





*Figur 11. Skrent ovenfor Fv 339. Det fantes noen få avløste blokker i området.*



*Figur 12. Avskoget bratt areal ovenfor Øverbygdsvegen. Det finnes imidlertid ikke bart fjell, og trestumpene stabiliserer jordmonnet og snødekket til en viss grad inntil nye trær vokser opp. Dette området er betegnet som område E i kartet over faresonene for snøskred, Figur 17.*



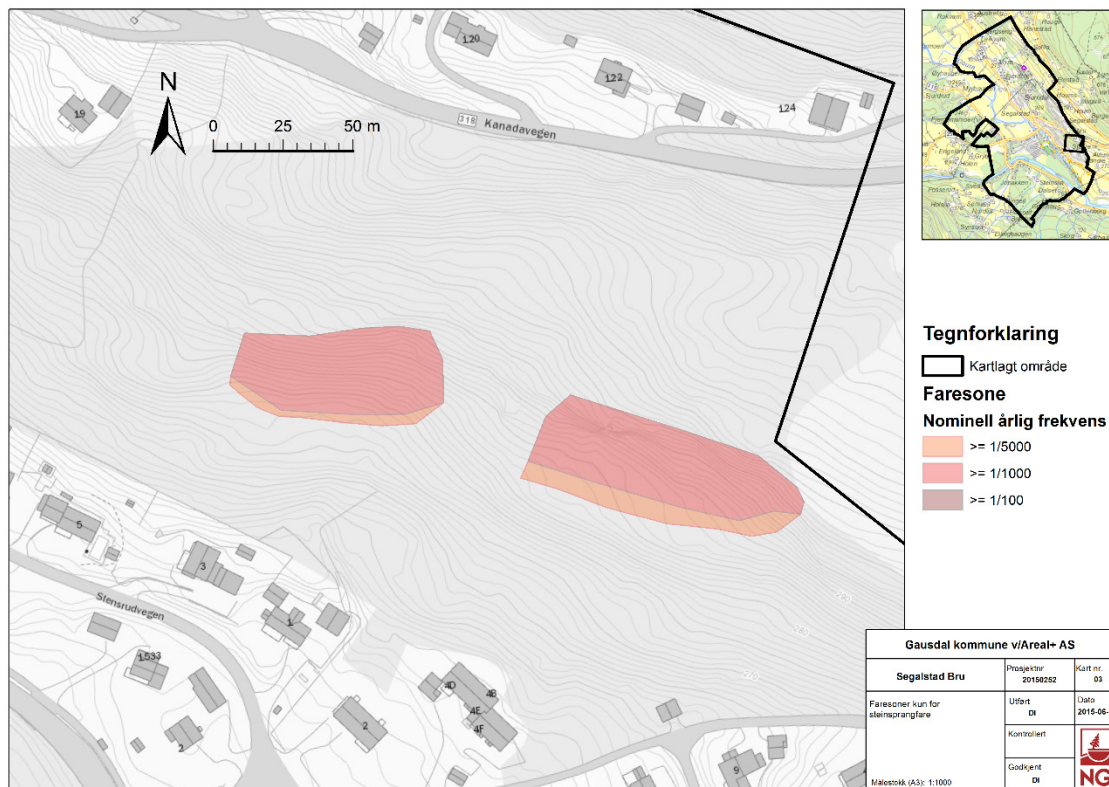
Faren for steinsprang eller steinskred er størst i skogen mellom Steinshågåen og Høslan, eller mellom Kanadavegen og Gausdalsvegen, se Figur 13. Bart, oppsprukket fjell med avløste blokker, tilnærmet vertikale vegger og avsatter veksler med områder der fjellet er dekket av løsmasser og har jevnere helning. I utflatingene nedenfor skrentene ligger mange, til dels store blokker. Det er ikke helt sikkert at disse blokkene er resultatet av steinskred, men deres beliggenhet og terrenget gjør en slik opprinnelse mest sannsynlig, og vi vurderer det sannsynlig at flere blokker vil kunne falle ut i fremtida.

Ut fra bergets tilstand og antallet blokker som ligger nedenfor skrenten, anslår vi den årlige sannsynligheten pr. enhetsbredde for steinskred til å være mellom litt mindre enn 1/1000 mellom de bratteste delene og lengst vekk fra skrentfoten til større enn 1/100 ved skrentfoten. Selv om faren for steinskred varierer lokalt nedenfor skrenten, har vi valgt å ikke ta med lokale variasjoner på en skala mindre enn ca. 10 m. Det viste seg etter synfaringen at tilgjengelig terrengdata ikke gjengir skrentene godt nok til en nøyere lokalisering av det mest utsatte arealet. Dersom området skal utbygges, er utearealet og tilkomstveien utsatt for steinsprang, selv om man skulle velge trygge steder for husene. Terrenngrepene under selve utbyggingen kan også føre til økt steinskredfare. Det vil derfor uansett være behov for sikring.



*Figur 13. Skrent med store løse blokker mellom Steinshågåen og Høslan. Bildet ble tatt fra arealet som er tenkt som et fremtidig byggefelt.*





Figur 14. Kart over faresonene **kun for steinsprang/steinskred** innenfor det kartlagte området.

Dersom blokker skulle falle ned, vil de ikke nå langt, men i de fleste tilfellene stoppe rett ved foten av skrenten fordi terrenget nedenfor til dels er flatt, og det finnes nok store blokker som stanser eventuelle utfall. Det var derfor ikke hensiktsmessig å beregne utløpsdistanser med hjelp av numeriske modeller. Et kart over faresoner kun for steinsprang/steinskred finnes i Figur 14.

## 5.4 Snøskred

Erfaringsmessig blir de fleste snøskred utløst ved kraftig snøfall. Gausdalområdet er relativt tørt, og dette fører til at frekvensen av skred er mindre enn for et tilsvarende område med større nedbørmengder. Nedbørintensiteten er likevel stor nok at snøskred av til kan bli utløst.

I tilfelle Segalstad Bru tar vi spesielt hensyn til følgende faktorer:

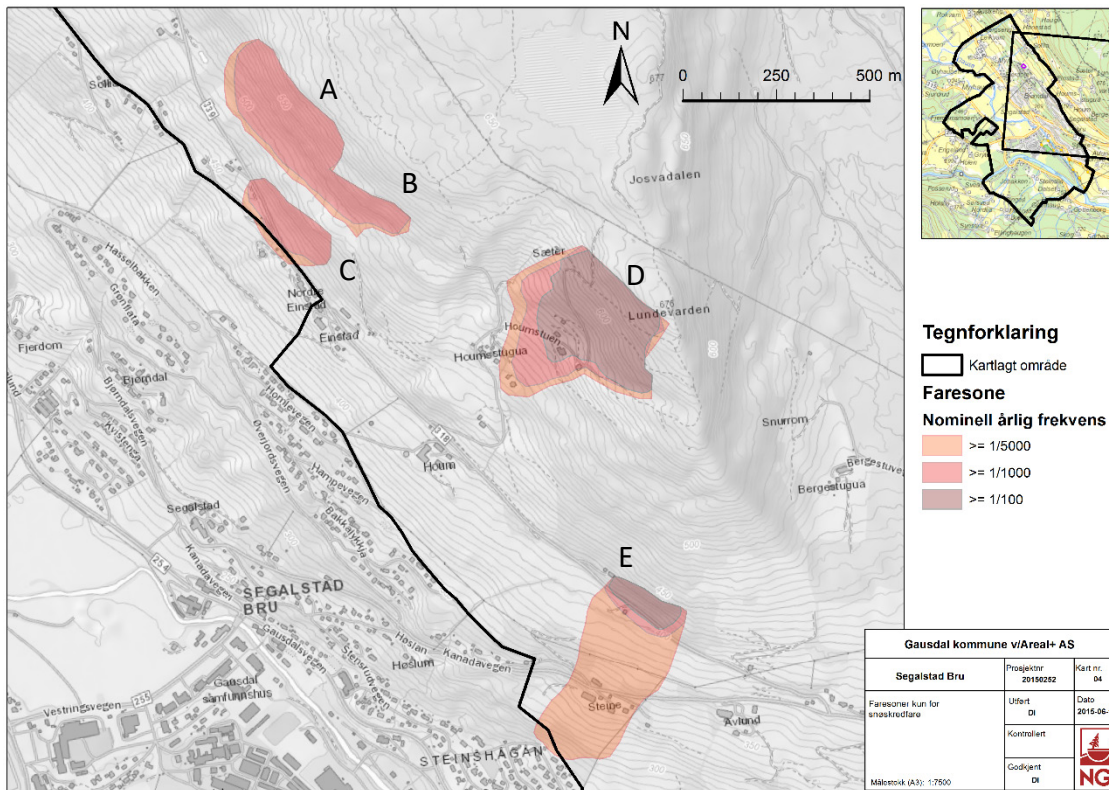
- Hovedvindretningen ved snøfall er NV, dvs. langs Gausdalen. Dette medfører at de potensielle utløsningsområdene ikke samler betydelige mengder fokksnø.
- De fem potensielle utløsningsområdene er omtrent på samme høyde over havet som nedbørstasjonen Skogli.

- ↗ Terrenghelningen i de potensielle utløsningsområdene ligger mellom 30° og 35°. Erfaringsmessig fører dette til relativt sjeldne, men til gjengjeld relativt store snøskred.
- ↗ Sammenlignet med kystnære strøk på samme høyde over havet og med samme snøhøydetilvekst, fører de lavere temperaturene og det tørre klima i Gausdalen til en lenger vedvarende skredfare og derved litt høyere utløsnings sannsynlighet.
- ↗ I noen av de bratte områdene er skogen meget tett. Dette reduserer utløsnings sannsynligheten med mellom én og to størrelsesordener. I noen andre områder faller denne beskyttelsen bort pga. nylig flatehogst. De gjenværende stubbene hjelper imidlertid til å holde snøen på plass så lenge snøhøyden er moderat.
- ↗ Noen potensielle utløsningsområder er små, særlig skjæringene ovenfor Øverbygdsvegen. Utløsnings sannsynligheten øker med områdets størrelse.



Figur 15. Det avskogete arealet på sørvestsida av Lundevarden er et potensielt utløsningsområde for snøskred (område D i kartet Figur 17) som kan true gården i den øvre midten av bildet (rød ellipse) og til og med huset mellom de to store låvene (gul ellipse).





Figur 16. Faresonekart kun for snøskred under nåværende vegetasjonsforhold over områdene innenfor og ovenfor det kartlagte området der snøskred er en mulig fare.

Beliggenheten av utløsningsområdene er vist på kartet over snøskredfaresonene, Figur 16. Legg merke til at utløsningsområdene A, B og C er i tett skog (Figur 11), mens utløsningsområdene D og E ble nylig avskoget (Figur 12 viser område E og Figur 15 viser område D). En beskrivelse av modellen som er brukt finnes i Vedlegg B, og Vedlegg C dokumenterer beregningene. Eksempler på resultater fra beregningene er vist i Figur C.1 for utløsningsområde D og Figur C.2 for utløsningsområder A–C i Vedlegg C.

### Vurdering under forutsetning av de nåværende vegetasjonsforholdene

Simuleringene med parameterne fra Vedlegg C.1 gav resultater som vi mener er plausible. De viktigste punktene er følgende:

- I områdene A, B og C med tett skog kan man etter vår mening se bort fra skred med en årlig sannsynlighet på 1/100 eller mer. Under ekstreme forhold (årlig sannsynlighet på 1/1000 eller 1/5000) kan det ikke utelukkes at skred løsner, men de oppnår ikke stor fart i den tette skogen, mister en del av massen og stopper på veien. Små mengder av snø kan muligens krysse veien, men vil ikke føre til store skader.

- Etter flatehogsten i område D er de bratteste partiene i skråningen bare for skog. Etter vår oppfatning kan snøskred løsne med en årlig sannsynlighet på 1/100. De vil være relativt små, men likevel så store at den smale stripen av skog som er igjen ikke vil klare å stoppe dem helt. Den øvre gården som ligger i det potensielle skredløpet er derfor mer utsatt enn sikkerhetsklasse S1 tillater inntil ny skog har vokst opp og er i stand til å forhindre utløsning av snøskred (Figur 15).
- Meget sjeldne snøskred med årlig sannsynlighet på henholdsvis 1/1000 og 1/5000 truer de østligste byggene lenger ned i banen. Etter vår oppfatning når ekstreme snøskred likevel ikke reguleringsområdet.
- Utløsningsområde E er lite og så vidt bratt nok for at snøskred kan løsne (Figur 11). Simuleringene viste imidlertid at situasjonen er vanskelig å vurdere: Skredene vil stoppe på Øverbygdsvegen hvis bruddhøyden ikke er stor og friksjonen er på et vanlig nivå. Under meget sjeldne forhold med store snømengder og lav friksjon kommer skredet seg imidlertid over veien, fortsetter nedover og river med snø underveis. Terrenget er tilstrekkelig bratt for at skredet – ifølge simuleringene – truer flere hus langs Kanadavegen og stopper nede ved Steine rett ovenfor det planlagte utbyggingsområdet. Usikkerhetene i estimat av utløsningssannsynlighet og friksjonsparameterne er store. Det er vanskelig å slå fast om en slik situasjon vil oppstå med en årlig sannsynlighet på 1/1000 eller 1/5000 og om skredet vil krysse Kanadavegen eller ikke. På grunn av erfaring med relativt små skred med usedvanlig langt utløp i kontinentalt klima vurderer vi imidlertid at simuleringene gjenspeiler situasjonen på en realistisk måte.

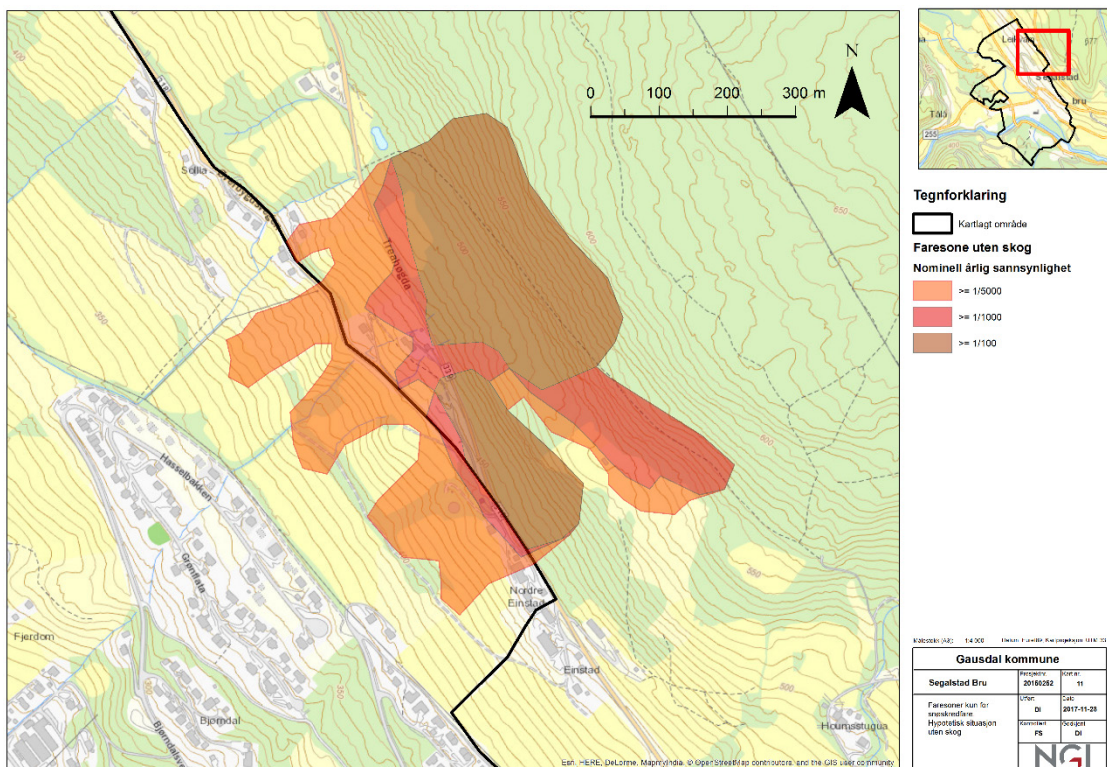
Figur 16 viser den delen av det kartlagte området der snøskred kunne være aktuelle, samt utløsningsområdene A til E og faresonene *kun for snøskred* tilsvarende sikkerhetsklassene S1 (garasjer, naust o.l.), S2 (eneboliger, hytter, sted der seg oppholder opp til 25 personer) og S3 (boligblokker, skoler, butikker, kontorer o.l.). Legg merke til at oppdraget ikke omfattet utarbeidelse av faresoner utenfor det kartlagte området. De er imidlertid et sideresultat av undersøkelsene som var nødvendige for å avklare snøskredfaren mot det kartlagte området. De er vist i Figur 17 som tilleggsinformasjon, som vi håper kan være til nytte for Gausdal kommune. Kartet over den samlede skredfaren i Vedlegg A viser kun faresoner innenfor det kartlagte området jf. Figur 1.

### Vurdering under forutsetning av komplett tap av skog i områdene A, B og C

For å kunne vurdere skredfaren og eventuelt behov for sikringstiltak i et scenario der skogen i utløsningsområdene A, B og C har forsvunnet pga. flatehogst, brann eller skogsykdom, ble simuleringer av snøskred fra de samme utløsningsområdene gjennomført. Det redegjøres for parametervalget i Vedlegg C.2, og **faresonekart for snøskred uten skog** vises i Figur 17. Hovedresultatene er følgende:

- I områder A og C (men trolig ikke B) vil skred kunne utløses med en årlig sannsynlighet på 1/100 eller større.

- Snøskred med årlig sannsynlighet på 1/1000 eller mer vil krysse Treahøgdevegen flere steder. Minst de øverste byggene på gnr./bnr. 150/9 nedenfor Einstadhågan kan nås av snøskred. Grunnet usikkerheten i beregningene kan vi heller ikke utelukke at de nordligste byggene på Nordre Einstad også kan nås av snøskred, selv om vi har valgt å trekke faresonegrensen på oversiden av byggene.
- Snøskred med en årlig sannsynlighet på 1/5000 eller mer krysser Overbygdsvegen og truer deler av arealplanområdet samt en del hus eller låver på begge sidene av Overbygdsvegen (gnr./bnr. 150/3, 150/5, 150/10).



Figur 17. Faresonekart kun for snøskred fra de nevnte områdene A, B og C uten hensyn til skog

## 5.5 Sørpeskred

Sørpeskred er strømninger av en blanding av snø og vann. De kan løsne når snødekket blir vannmettet. Typiske situasjoner er i tidlig på vinteren eller i vårløsningen når snødekket allerede er vått og store mengder regn kommer i tillegg over relativt kort tid. Forutsetningen er imidlertid at porevannet ikke kan renne av. Sørpeskred løsner derfor oftest i relativt slakt terreng og i forsenkninger som får tilløp av vann fra sidene fordi utløpet er blokkert av en eller annen grunn. Andre steder i Norge er det observert store sørpeskred i åpne skråninger, men oftest starter de i et bekkeløp på et sted der drivsnø, is eller falne trær demmer opp vannet.

Dette betyr at faresonen for sørpeskred ofte faller sammen med faresonen for flomskred. Sørpeskred kan imidlertid oppnå høyere hastighet enn flomskred (mer enn 25 m/s eller 90 km/t er observert) og derfor kan lett gå ut over bredden i svinger.

Der det ikke finnes historiske opplysninger om sørpeskred, er det meget vanskelig å anslå sannsynligheten for slike hendelser fordi det er mange faktorer som må inntreffe samtidig for at et sørpeskred løsner. I praksis antar man vanligvis at den årlige sannsynligheten for et sørpeskred er mindre enn 1/5000 i åpent terreng. Faren langs bekkeløp vurderes etter historiske opplysninger og skjønn.

I undersøkelsesområdet er skråningen på den nordøstlige siden av Gausdalen relativt jevn og har en helning som gir smelte vann muligheten til å renne av slik at vannspeilet og derved poretrykket forblir relativt lavt. Man kan derfor se bort fra faren for sørpeskred i de åpne skråningene.

Bekkeløpene har stort sett den samme helningen som terrenget rundt dem fordi de renner langs fallinja. Dette gjør det mindre sannsynlig at smelte- eller regnvann demmes opp i snødekket. Vi kan ikke tallfeste sannsynligheten for utløsning av sørpeskred i bekkene med god pålitelighet, men vi går ut fra at den er betydelig mindre enn sannsynligheten for flomskred og kan derved betraktes som en del av faren for flomskred. Vi viser derfor ikke et spesielt kart med faresoner for sørpeskred.

## 5.6 Samlet skredfare

Ifølge Plan- og bygningsloven er det den samlede skredsannsynligheten som bestemmer grensene av faresonene. For eksempel, et punkt som nås av snøskred med en årlig sannsynlighet på 1/1500 og av steinsprang med en årlig sannsynlighet på 1/3000 har en samlet årlig skredsannsynlighet på  $1/1500 + 1/3000 = 1/1000$  og derved ligger på grensen av faresonen for sikkerhetsklasse S2.

I undersøkelsesområdet er det imidlertid nesten alle steder kun en skredtype som gir et relevant bidrag til den samlede skredfaren. Den samlede skredfaren vil derfor i stor grad bestemmes av den dominerende skredtypen (Figur 9, Figur 10, Figur 14, Figur 16). Unntaket er i Høslan-området der faresoner for flomskred, jordskred og stedvis steinsprang forekommer. De resulterende faresonene tilsvarende en gitt sikkerhetsklasse skulle derfor være noe større enn unionen av alle skredtypenes faresoner tilsvarende denne sikkerhetsklassen. Forskjellen er imidlertid i størrelsesorden av få meter og i hvert fall mindre enn usikkerheten i beregningene og vurderingene. I denne rapporten har vi derfor valgt å tilordne hvert punkt til det høyeste farenivået av alle undersøkte skredtypene. Det resulterende kartet vises i Vedlegg A. Alle faresonekart leveres oppdragsgiveren også digitalt, slik at utsnitt kan vises i mindre målestokk ved behov.



## 6 Konklusjoner og mulige sikringstiltak

Kartene av faresoner for enkelte skredtyper (Figur 9, Figur 10, Figur 14, Figur 16) og kartet over den samlede skredfaren (Vedlegg A) viser at det er kun små deler av det kartlagte området som kan være utsatt for skred – et mye mindre areal enn det som de kombinerte aktsomhetskartene viser (Figur 2). Undersøkelsen viste imidlertid at de utsatte områdene ligger til dels helt andre steder enn angitt i aktsomhetskartene.

Flom og flomskred er den dominerende skredtypen, men den er begrenset til relativt smale striper langs noen av bekkene. Sørpeskred truer det samme arealet, men med en lavere sannsynlighet. Det mest effektive og billigste tiltaket er å holde tilstrekkelig med avstand mellom bekkene og hus. Særlig kritiske punkt er stikkrennene der veier krysser bekkene. Mange steder ser de ut til å være underdimensjonert for ekstreme nedbørhendelser. Tette stikkrenner er en hovedgrunn for at vann kommer på avveier i en flomsituasjon og flomskred oppstår. Det er derfor viktig å kontrollere stikkrennene jevnlig og rense dem hvis nødvendig. Synfaringen i 2017 i et spesifikt bekkefar (se Vedlegg D) viste at det flere steder ikke er klart hvor store nedbørfelt som dreneres av en gitt kilde og hva kapasiteten til overvannssystemet er.

Steinsprang eller steinskred er en fare kun i et lite område vest for Steine, som er imidlertid tenkt som et mulig utbyggingsområde. Ved planleggingen må derfor et sikringskonsept utarbeides. Hva som er de mest egnete tiltakene og hvor omfattende tiltak som trengs, vil i stor grad avhenge av utbyggingsplanene fordi selve terrenngrepet i forbindelse med utbyggingen vil påvirke skredfaren. Det er derfor ikke hensiktsmessig å lage forslag til mulige sikringsløsninger og å anslå kostnadene forbundet med dem i den nåværende situasjonen.

Sør for Jøra er det en begrenset fare for grunne jordskred i de bratte skråningene. Hvis nye hus og veier bygges i en rimelig avstand fra foten og kanten av skråningene, vil sikringstiltak vanligvis ikke være nødvendige. Ellers vil det være behov for en stabilitetsvurdering i sammenheng med detaljplanlegging. Det er heller ikke hensiktsmessig å lage forslag til mulige sikringsløsninger mot jordskred og å anslå kostnadene. Et gunstig og effektivt tiltak er å holde skogen i god tilstand og å unngå flatehogst i bratte skråninger.

Endringer i forholdene kan føre til behov for en ny vurdering av skredfaren. Både klimaendringer og direkte menneskelige inngrep kan ha stor betydning for skredfaren. Temperaturstigningen og en forventet økning av nedbøren på 10–15 % til slutten av århundret vil i all sannsynlighet også føre til økt nedbørsintensitet i situasjoner med store nedbørmengder. Dette gjør at terskelen for utløsning av jord- og flomskred vil overstiges oftere enn kjent til nå. Menneskelige inngrep i terrenget som f.eks. skogsveier med for bratte skjæringer eller dårlig dimensjonerte og plasserte stikkrenner er en hyppig årsak til flom- og jordskred. Siden stikkrenner har bydd på problemer tidligere, kan det være et lønnsomt klimatilpassingstiltak å kontrollere og eventuelt øke kapasiteten til stikkrenner og overvannssystemet i og ovenfor reguleringsområdet. Ved byggesøknader til

skogsveier kan man legge vekt på korrekt dimensjonering og utforming av grøfter og at avrenningen ledes ned skråningen på en kontrollert måte. Flatehogst ovenfor reguleringsområdet vil kunne øke faren for både jord-, flom og snøskred og føre til større faresoner og behov for en ny vurdering. Derimot vil snøskredfaren avta nedenfor områder D og E når skogen har vokst opp igjen etter nylig flatehogst.

Nylig flatehogst i noen av de bratteste skråningene som kan påvirke det planlagte området har ført til en betydelig økning av faren for snøskred. Etter vår mening når disse skredene fortsatt ikke det kartlagte området mer enn marginalt med årlig sannsynlighet i størrelsesorden 1/5000 fra utløsningsområde E. Det er imidlertid flere hus utenfor det kartlagte området som er truet av snøskred inntil ny skog har vokst opp i løpet av ca. 30 år. Gjennom denne perioden oppfyller et betydelig areal nedenfor utløsningsområde D ikke Plan- og bygningslovens minstekrav for sikkerhet mot skred for bygg i sikkerhetsklasse S2 eller S3, stedvis ikke en gang i sikkerhetsklasse S1. Dette gjelder ikke bare nye bygg, men også påbygning eller større ombygning av eksisterende bygg. Dersom man ønsker å forbedre sikkerheten, er følgende tiltak etter vår mening mest effektive og hensiktsmessige:

- I utløsningsområdene D og E er det først og fremst viktig å sørge for at ny skog plantes og at skogen som er igjen rett nedenfor utløsningsområdet D ikke blir hugget før den nye skogen forhindrer utløsning av snøskred.
- Inntil den nye skogen oppfyller sin vernefunksjon, kan sikkerheten til beboerne i de utsatte husene ivaretas gjennom evakuering i situasjoner der snøskred kunne utløses. Evakuering kan bli nødvendig dersom det (i) ligger nok gammel snø i utløsningsområdet for at stubbene er tildekket og (ii) det kommer ca. 50 cm eller mer nysnø i løpet av tre døgn. Utfordringene med dette tiltaket er at det trengs en organisasjon som tar ansvar for å følge opp snøsituasjonen og beslutte evakuering, og at dyr muligens må evakueres også.
- En alternativ løsning er å stabilisere snødekket i de bratteste delene av utløsningsområdene D og E med hjelp av støtteforbygninger lagt av treverk eller tripod (begge metoder brukes mange steder i Alpene). Denne metoden er effektiv og unngår usikkerheten og ansvaret som en varslingsjeneste innebærer. På den andre siden er den forbundet med kostnader, som vi meget grovt anslår å ligge på 0,5–2 millioner kr., avhengig av grunnforholdene og graden av sikkerhet man ønsker å oppnå.

Bratt terreng uten skog er også mer utsatt for jordskred enn tilsvarende skogkledd terreng. Når det gjelder utløsningsområdene D og E, mener vi imidlertid at stubbene som er igjen i skråningen kan stabilisere jordsmonnet tilstrekkelig for at denne faren ikke blir avgjørende.

Flatehogst i de potensielle utløsningsområdene A, B og C ville øke skredfaren for bebyggelser nedenfor i betydelig grad: Noen av gårdene utenfor reguleringsområdet ville bli utsatt for skred med årlig sannsynlighet på 1/1000 eller større og ville derfor ikke lenger oppfylle Plan- og bygningslovens krav for sikkerhet mot skred for bygninger i



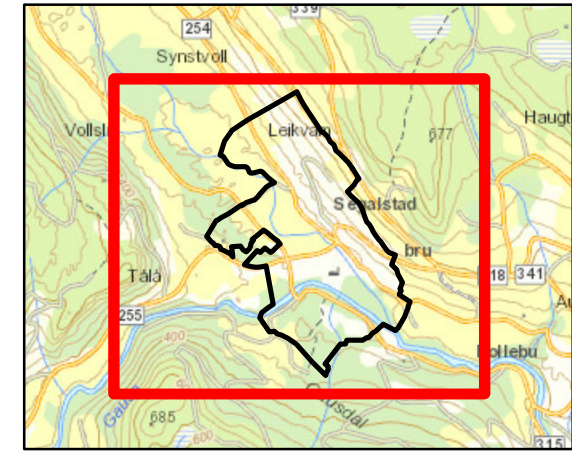
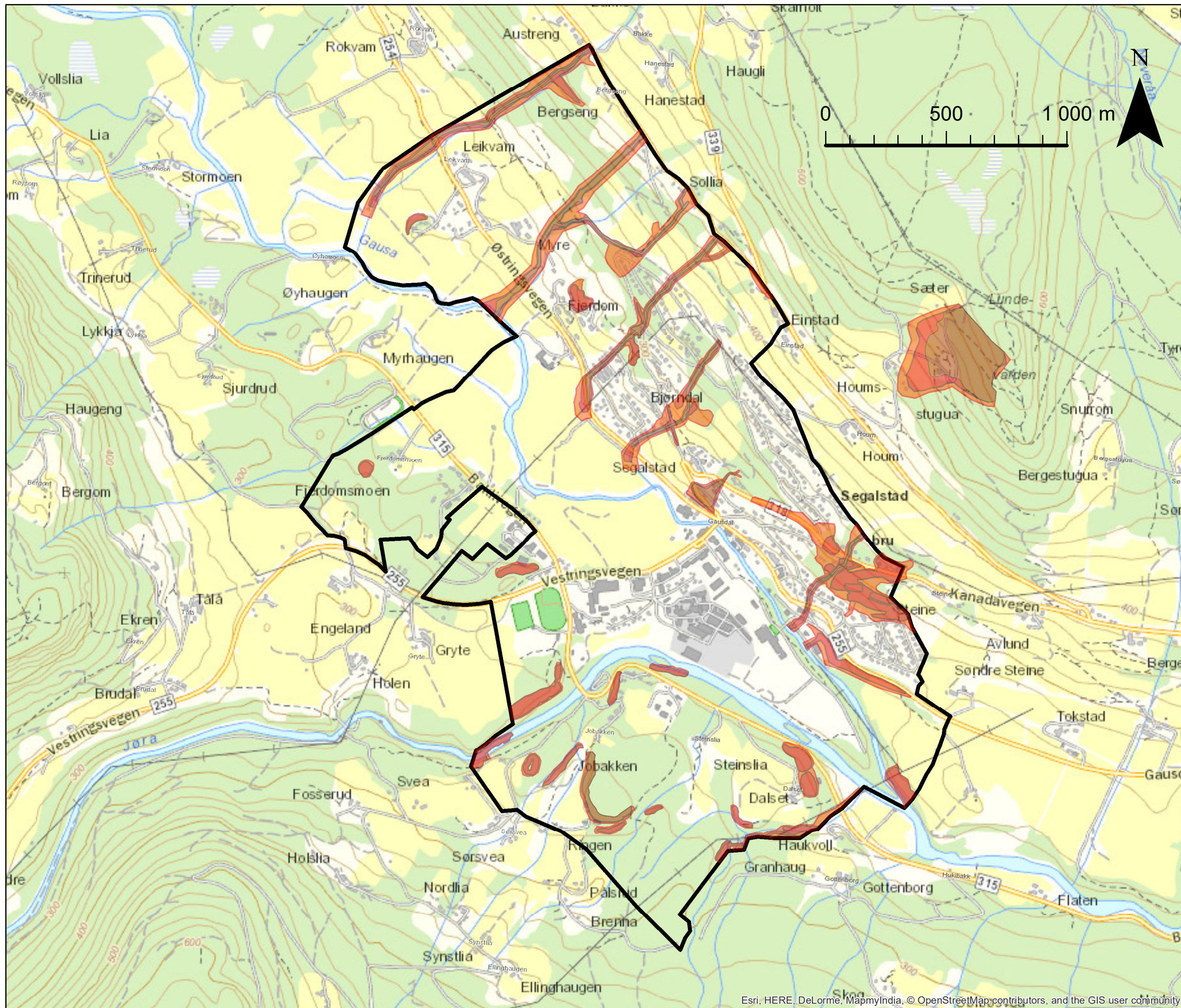
sikkerhetsklasse S2. Det mest hensiktsmessige sikringstiltak er å unngå flatehogst i områdene A, B og C. Derimot er det ønskelig med skjøtsel av skogen slik at den opprettholder sin vernefunksjon. Skulle den bli borte pga. brann eller skogsykdom, må situasjonen vurderes på nytt. I en slik situasjon kan sikringstiltak som beskrevet ovenfor for områder D og E muligens bli aktuelle.

# Vedlegg A

## KART OVER SAMLET SKREDFARE







**Tegnforklaring**

Kartlagt område

**Faresone**

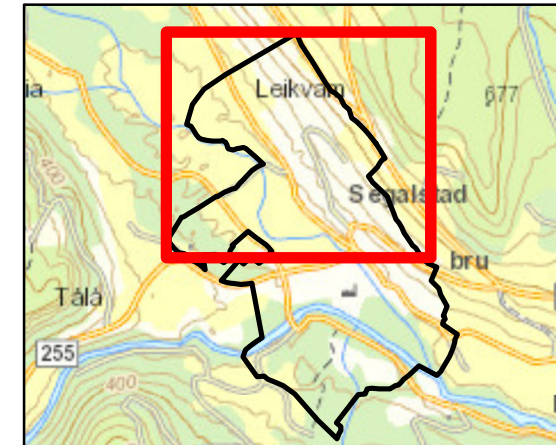
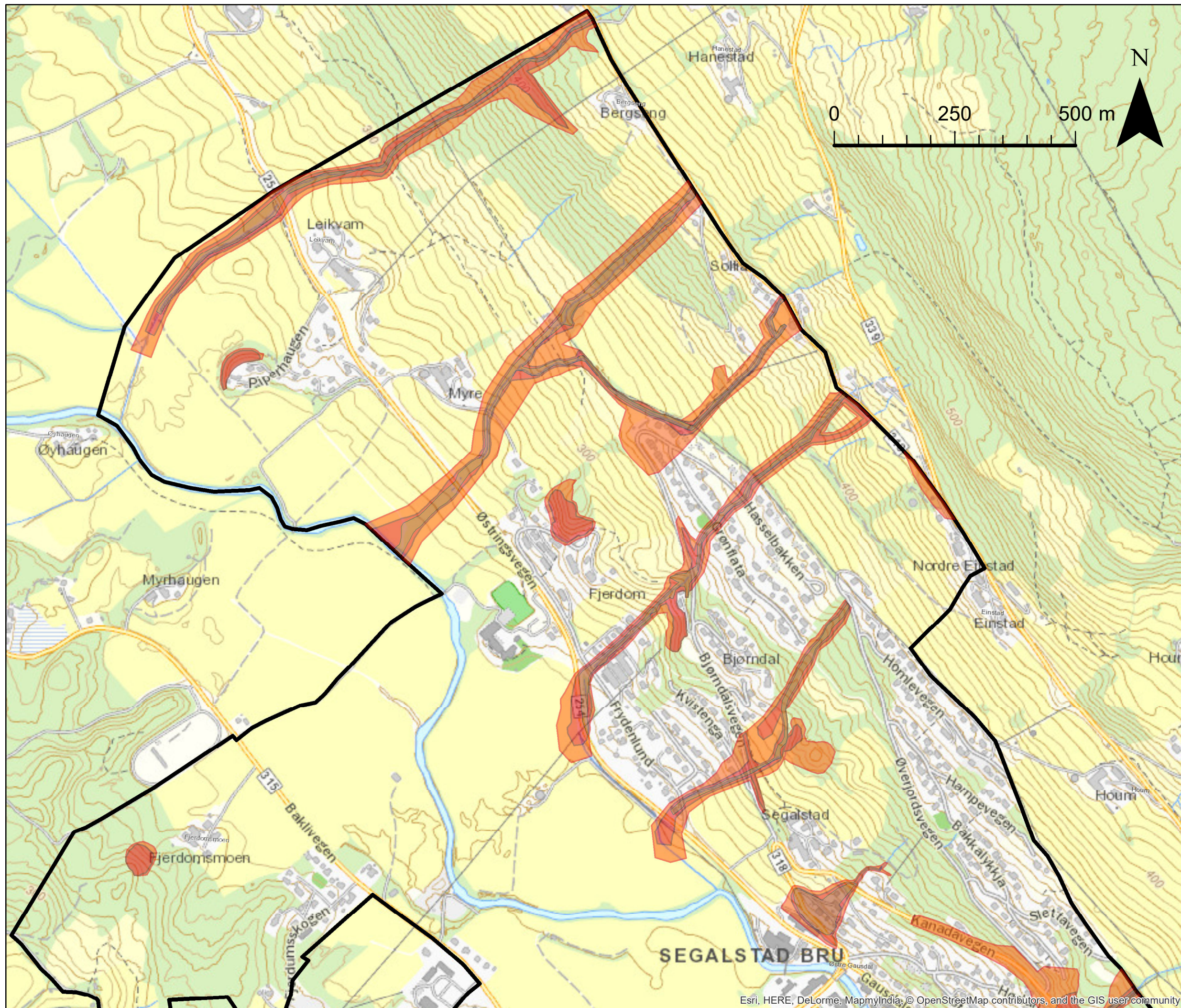
**Nominell årlig sannsynlighet**

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$

Målestokk (A3): 1:15 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

Gausdal kommune		
<b>Segalstad Bru</b>	Prosjektnr. <b>20150252</b>	Kart nr. <b>05</b>
Faresoner for samlet skredfare.	Utført <b>DI</b>	Dato <b>2017-11-28</b>
	Kontrollert <b>FS</b>	Godkjent <b>DI</b>
Revisjon 1		





**Tegnforklaring**

Kartlagt område

**Faresone**

**Nominell årlig sannsynlighet**

$\geq 1/5000$

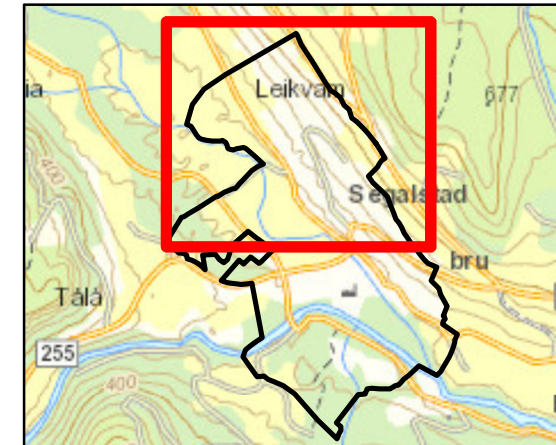
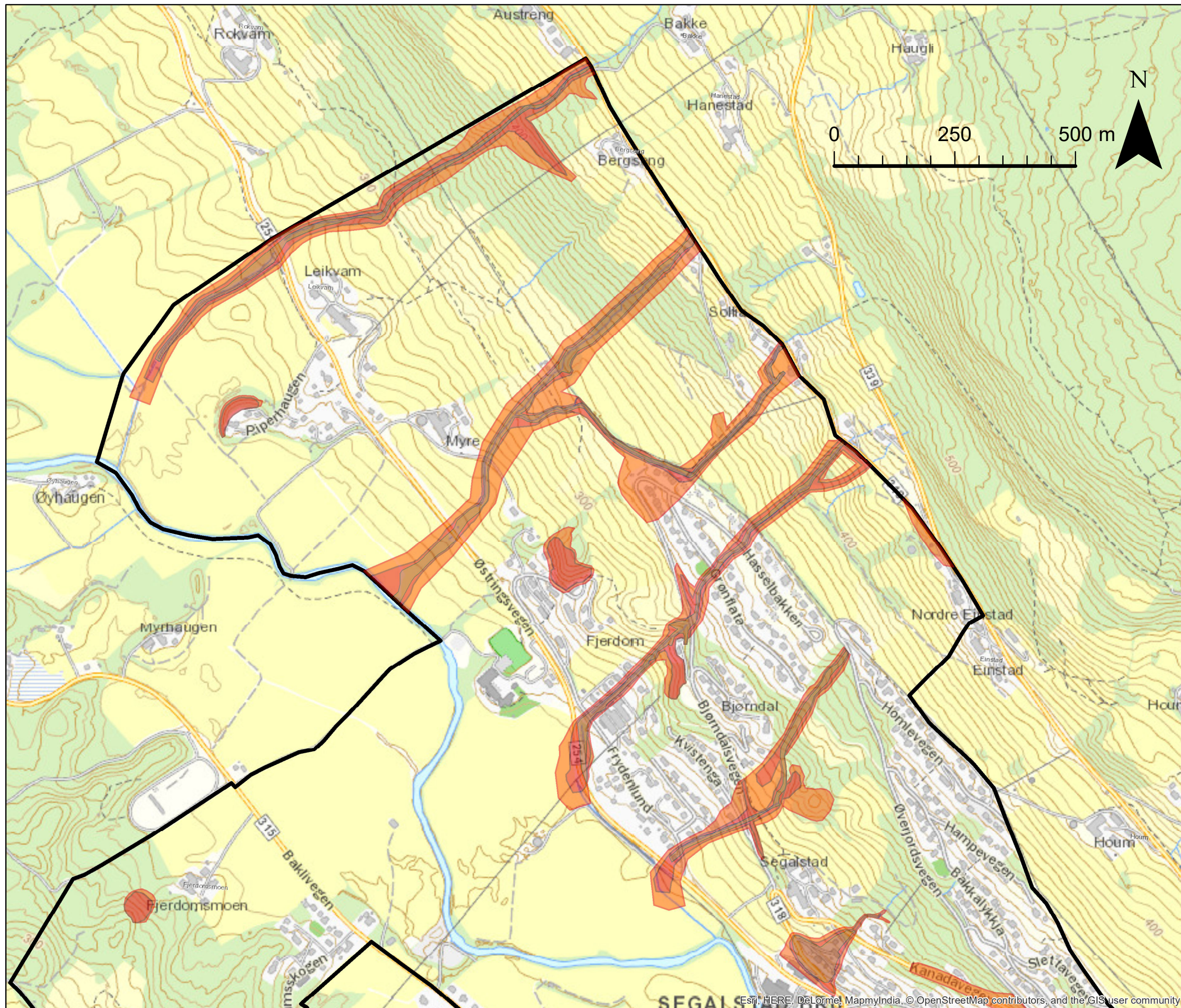
$\geq 1/1000$

$\geq 1/100$

Målestokk (A3): 1:7 500 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM 33

Gausdal kommune		
<b>Segalstad Bru</b>	Prosjektnr. <b>20150252</b>	Kart nr. <b>06</b>
Faresoner for samlet skredfare. Nordlige del Revisjon 1	Utført <b>DI</b>	Dato <b>2017-11-28</b>
	Kontrollert <b>FS</b>	Godkjent <b>DI</b>





**Tegnforklaring**

Kartlagt område

**Faresone**

**Nominell årlig sannsynlighet**

$\geq 1/5000$

$\geq 1/1000$

$\geq 1/100$

Målestokk (A3): 1:7 500 Datum: Euref89, Kartprosjeksjon: UTM 33

Gausdal kommune		
<b>Segalstad Bru</b>	Prosjektnr. <b>20150252</b>	Kart nr. <b>06</b>
Faresoner for samlet skredfare. Nordlige del Revisjon 1	Utført <b>DI</b>	Dato <b>2017-11-28</b>
	Kontrollert <b>FS</b>	Godkjent <b>DI</b>



# Vedlegg B

BESKRIVELSE AV MODELLER BRUKT I  
VURDERINGEN



*Alfa-beta-modellen* ( $\alpha$ - $\beta$ -modellen) er en topografisk-statistisk modell som bestemmer den sannsynlige rekkevidden av en sjelden skredhendelse i en gitt skredbane ut fra banens egenskaper<sup>1</sup>. Statistiske undersøkelser av data fra rundt 200 forskjellige skredbaner i Norge (og senere også i andre land) konkluderte med at det er en sammenheng mellom den gjennomsnittlige baneløsheten  $\beta$  fra bruddkanten i utløsningsområdet til begynnelsen av utløpsområdet og den gjennomsnittlige løsheten  $\alpha$  fra utløsningsområdet til punktet der skredet kommer til å stoppe:

$$\alpha = 0,96 \beta - 1,4^\circ.$$

Standardavviket i regresjonsanalysen er  $2,3^\circ$  og skyldes forskjellene mellom skredbaner i forhold til klima, høyde over havet, snømengde, skredstørrelse, kanalisering, ruhet osv. og hvor sjeldne de forskjellige skredhendelsene i databasen er.

Denne modellen har blitt brukt i de fleste skredfarevurderingene i Norge siden 1980-tallet. Den gir gode resultater i "vanlige" skredbaner, men er vanskelig å bruke i situasjoner med lite snø, stor ruhet i banen, plutselige løshetsendringer og lignende. Modellen tar heller ikke hensyn til skog.

*MoT-Voellmy* er en fluidmekanisk modell utviklet ved NGI i 2011/2012, som beskriver skredet som en spesiell væske som har både friksjon som et fast materiale og viskositet som en væske. Denne friksjonsloven går tilbake til en modell fra 1950-tallet<sup>2</sup> som er i stor grad basert på klassisk hydraulikk. Den samme friksjonsloven ble senere brukt i kontinuumsmekaniske modeller i en dimensjon<sup>3,4</sup> og to dimensjoner<sup>5</sup>. Alle disse modellene forutsetter konstant skredtetthet  $\rho$  og beskriver bevegelsen av skred"væsken" gjennom balanseligninger for masse (eller flyte høyde  $h$ ) og impuls ( $hu$ ,  $hv$ ) i retningene  $x$ ,  $y$  parallell med bakken:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} &= 0, \\ \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} &= hg_x + \frac{\partial(h\bar{\sigma}_{xx})}{\partial x} - \frac{\sigma_{xz}^b}{\rho}, \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Lied, K., og Bakkehøi, S. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. *Journal of Glaciology* **26**(94), 165–177.

<sup>2</sup> Voellmy, A. (1955). Über die Zerstörungskraft von Lawinen. *Schweizerische Bauzeitung* **73**, 159–165, 212–217, 246–249, 280–285.

<sup>3</sup> Briukhanov, A. V., Grigorian, S. S., Miagkov, S. M., Plam, M. Ya., Shurova, I. Ya., Eglit, M. E. og Yakimov, Yu. L. (1967). On some new approaches to the dynamics of snow avalanches. I Óura, H. (ed.), *Physics of Snow and Ice*, Proceedings of the Intl. Conference on Low Temperature Science, Sapporo, Japan, 1966. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan. Bind. I, del 2, sider 1223–1241.

<sup>4</sup> Christen, M., Bartelt, P., og Gruber, U. (2002). AVAL-1D: An avalanche dynamics program for the practice. International Congress INTERPRAEVENT 2002 in the Pacific Rim – Matsumoto / Japan. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT. Bind 2, sider 715–725.

<sup>5</sup> Christen, M., Kowalski, J. og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology* **63**, 1–14.

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = hg_y + \frac{\partial(h\bar{\sigma}_{yy})}{\partial y} - \frac{\sigma_{yz}^b}{\rho}.$$

$\mathbf{g} = (g_x, g_y, g_z)$  er tyngdeakselerasjonen i et lokalt koordinatsystem der  $x$  og  $y$  er parallell med bakken og  $z$  er i rett vinkel med bakken.  $\sigma_{xx}$  og  $\sigma_{yy}$  er normalspenningene i retning  $x$  og  $y$ , og det antas at de der motsatt til det hydrostatiske trykket:

$$\bar{\sigma}_{xx} = \bar{\sigma}_{yy} = \bar{\sigma}_{zz} = \frac{1}{2}\rho h g_z.$$

$\sigma_{xz}^b$  og  $\sigma_{yz}^b$  beskriver friksjonen av skredet på snødekket:

$$\sigma_{xz}^b = \text{sgn}(u)\rho \left( -\mu g_z h + ku\sqrt{u^2 + v^2} \right)$$

og tilsvarende for  $\sigma_{yz}^b$ . Friksjonsparameterne  $\mu$  og  $k$  må velges av brukeren i hvert enkelt tilfelle.

En stor forskjell i forhold til enklere modeller er at både skredets lengde, bredde og høyde forandrer seg langs banen. Denne forandringen beregnes ved å dele opp skredbanen i små celler (typisk  $5 \times 5 \text{ m}^2$ ) og å beregne samtidig hvordan massen (og derfor flyte høyden) i en celle endrer seg pga. ulikhet mellom innstrømning og utstrømning, og hvordan hastigheten endrer seg pga. gravitasjon, friksjon og trykk fra massene i nabocellene. Dette fører bl.a. til det at hastigheten ved skredets "hale" er lavere enn ved fronten, i overensstemmelse med målingene.

Modellen tar hensyn både til startmassen gjennom startlengde, -bredde og -høyde, og til variasjoner i terrenget. Videre kan brukeren fastsette ulike verdier til friksjonsparameterne i ulike deler av skredbanen. Dette gjør det mulig å ta hensyn til ujevnheter av terrenget eller skog. Modellen RAMMS ble testet og kalibrert i Sveits mot skredhendelser i Alpene på lignende måte som alfa-beta-modellen i Norge. Det finnes en tabell med anbefalte verdier til friksjonsparameterne i forhold til skredstørrelse, høyde over havet, kanaliseringsgrad og frekvensen av skredet. Denne tabellen ble tilpasset norske forhold gjennom tilbakeberegning av mange kjente skredhendelser fra NGIs skreddatabase. NGIs modell MoT-Voellmy implementerer de samme ligningene som RAMMS, men med annerledes numeriske teknikker. Direkte sammenligning av de to modellene viste at de gir tilnærmet de samme resultatene dersom de samme inngangsdataene og parameterverdiene brukes.

Det har imidlertid vært kjent i lang tid at Voellmys friksjonslov med de anbefalte parameterverdiene gir for lave hastigheter i store deler av skredbanen. En analyse av



hastighetsmålinger av snøskred fra mange land<sup>6</sup> viste at betydelig bedre overensstemmelse mellom målte og simulerte hastigheter ved riktig utløpsdistanse oppnås ved å velge den hastighetsuavhengige delen av friksjonen (parameter  $\mu$ ) større og den hastighetsavhengige delen (parameter  $k$ ) langt mindre enn anbefalt. For å oppnå de samme utløpsdistansene som med alfa-beta-modellen, velges  $\mu \approx \tan(\alpha(\beta))$  og  $k \ll 10^{-3}$ . Disse verdiene kan imidlertid justeres for klimaforholdene, terrengkarakteristikk, skogsvirkning og lignende faktorer.

*Inngangsverdier:* For modeller av Voellmy-typen øker terminalhastigheten i banen tilnærmet med kvadratroten av flyteheighten og utløpsdistansen fra foten av skråningen omtrent lineært med flyteheighten. Flyteheighten for sin del er omtrent proporsjonal med bruddkanthøyden. Derfor er det viktig å anslå realistiske bruddkanthøyder og utløsningsområder som inngangsdata. En metodikk for dette ble utarbeidet av det Sveitsiske snø- og skredforskningsinstitutt<sup>7</sup>:

- Som utgangspunkt tar man den forventede maksimale snøhøydetilveksten innen tre døgn med en gitt returperiode  $T$  (eller årlig sannsynlighet),  $\Delta h_0^*(T)$ . Denne verdien gjelder målinger på flatmark, avhenger av klimaforholdene og varierer sterkt mellom regionene.
- Det tas hensyn til de lokale forholdene ved å korrigere  $\Delta h_0^*(T)$  med 5 cm per 100 m høydedifferanse mellom målestasjonen og utløsningsområdet, og med opptil  $\pm 50$  cm for vindeffekten.
- En sentral antagelse i den sveitsiske metodikken er at et skred utløses innenfor nysnølaget i løpet av enhver tre døgns nedbørperiode med årlig sannsynlighet på 1/30 eller mindre. Dette kan være meget pessimistisk fordi utløsningssannsynligheten kan være langt mindre enn 1 i relativt slake skråninger (dvs. med helningsvinkel nær  $30^\circ$ ), ved relativt lave nedbørmengder eller i ujevnt terreng. Omvendt kan bruddet også skje i eller mellom gamle lag, noe som fører til større bruddkanthøyder.

Denne metoden blir mer realistisk hvis man tar hensyn til utløsningssannsynligheten. Sannsynligheten for et skred med gitt bruddhøyde  $d_0$  er produktet av sannsynligheten  $P_s(d_0)$  for snøhøydetilvekst tilsvarende bruddhøyden  $d_0$  og utløsningssannsynligheten  $P_b(d | d = d_0)$  ved gitt snøhøydetilvekst. I samsvar med intuisjonen viser NGIs mangeårige observasjoner fra Strynefjellet at det er store forskjeller mellom ulike skredbaner og at  $P_b$  øker kraftig med  $\Delta h$  fra nesten 0 ved  $\Delta h < 0,3$  m til nærmere 1 ved  $\Delta h > 1,5$  m.

<sup>6</sup> Gauer, P., Kronholm, K., Lied, K., Kristensen, K., og Bakkehøi, S. (2010). Can we learn more from the data underlying the statistical alpha -beta model with respect to the dynamical behavior of avalanches? *Cold Regions Science and Technology* 62(1), 42–54.

<sup>7</sup> Salm, B., Burkard, A., og Gubler, H.-U. (1990). Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. *Mitteilung des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung* Nr. 47. Davos, Sveits.

# Vedlegg C

## DETALJER OM SNØSKREDBEREGNINGENE



## Metodikk

Rekkevidden av snøskred øker med bruddhøyden  $d$ , men avhenger av en rekke andre faktorer også, bl.a. terregegenskaper som ruhet, størrelsen av utløsningsområdet og snøens egenskaper. Sannsynligheten for at et snøskred med en gitt bruddhøyde  $d$  løsner kan uttrykkes som sannsynligheten  $P(d)$  for at et tilsvarende snøfall inntreffer, multiplisert med den betingede utløsningssannsynligheten  $P(\text{utløsning} | d)$ . Klimaanalysen i Kapittel 4 danner grunnlaget til beregning av  $P(d)$ , men det må også tas hensyn til terrenghelningen, høyden over havet og vindforholdene i utløsningsområdet.

Den betingede utløsningssannsynligheten  $P(\text{utløsning} | d)$  er vanskeligere å anslå, og NGI har for tiden ikke tilstrekkelig med data fra Norges indre, kontinentale strøk for å gjøre dette på en objektiv måte, dvs. at vurderingen er basert på erfaring og sammenligning med andre områder.

I den øvre delen av Tabell 3 er våre antagelser for de ulike potensielle utløsningsområdene samlet. Beliggenheten av utløsningsområdene er vist på kartet over snøskredfaresonene, Figur 6. Legg merke til at utløsningsområdene A, B og C er i tett skog (Figur 11), mens utløsningsområdene D og E ble nylig avskoget (Figur 12 viser område E mens Figur 15 viser område D).

Rekkevidden av snøskred – hvis enn de løsner – beregnes vanligvis med den såkalte alfa-beta-modellen i Norge (se Vedlegg B), som er utelukkende basert på terregegenskapene. Blind bruk av modellen (som f.eks. i aktsomhetskartet snøskred, se Figur 2) vil imidlertid føre til svært urealistiske faresoner fordi modellen ikke tar hensyn til skredets utløsningssannsynlighet og tilsvarende bruddhøyde, størrelsen av utløsningsområdet, snøegenskaper (som varierer mellom klimasonene og med høyden over havet), skog og terrengruhet. Det finnes for tiden ingen modell som kan ta hensyn til alle disse faktorene på en vel definert og validert måte, men i praksis kan man oppnå realistiske resultater ved å bruke enkle dynamiske modeller som PCM-modellen eller Voellmy-modellen (se Vedlegg B) og å variere inngangsparameterne i forhold til bruddhøyde, skredstørrelse, terrengruhet og skog. I dette tilfellet brukte vi NGIs egen modell MoT-Voellmy, som gir muligheten til å modifisere de to friksjonsparameterne  $\mu$  og  $k$  lokalt i forhold til skogens tetthet.

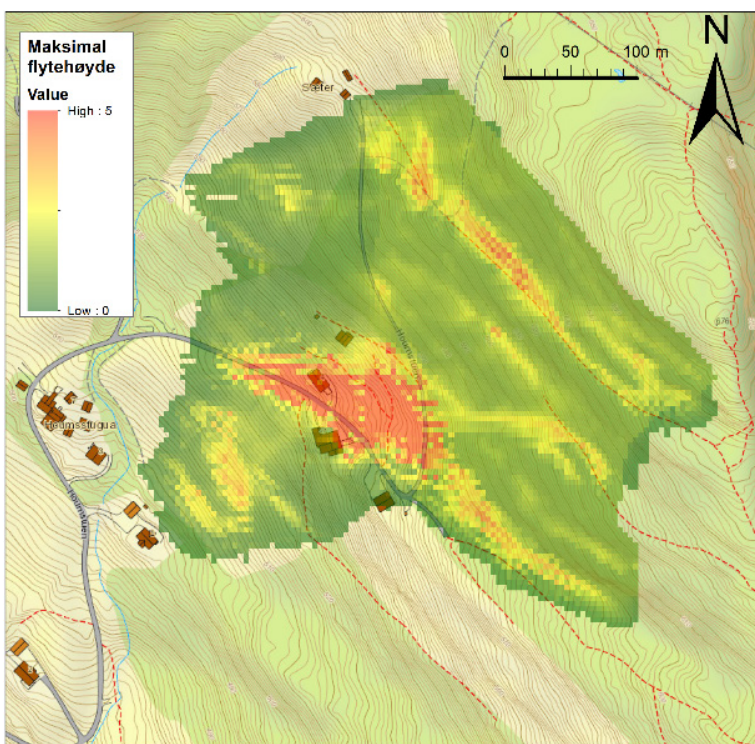
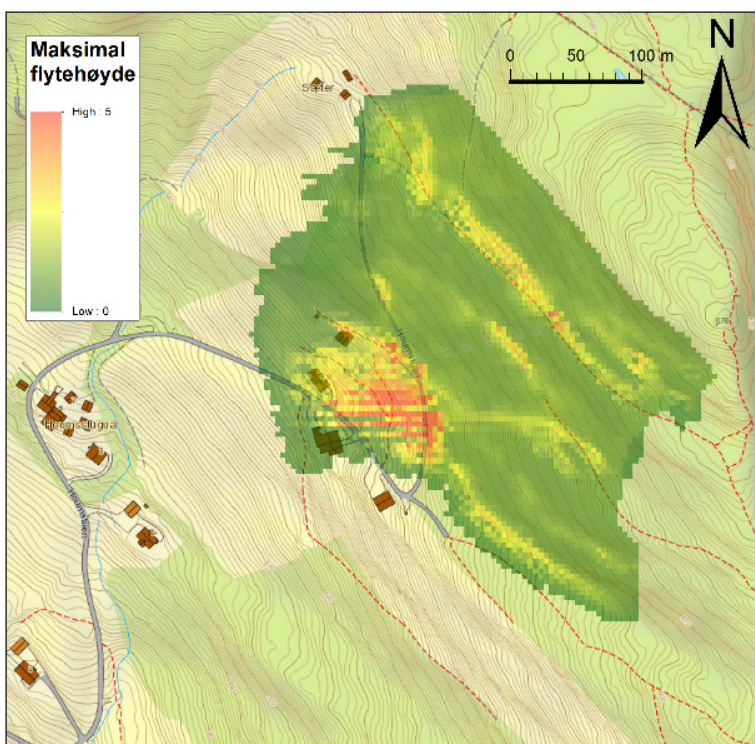
## Beregninger med dagens vegetasjonsforhold

Våre parametervalg er vist i den nedre delen av Tabell C.1. Vi viser til Vedlegg B for en nærmere forklaring av to ulike kalibreringer som er brukt for modeller av denne typen. Vi har i dette oppdraget tatt utgangspunkt i den nyere metoden, som ble utviklet på NGI og ikke er basert utelukkende på målinger av utløpsdistanse, men i stor grad også på hastighetsmålinger. Det må imidlertid tas hensyn til skredstørrelsen; derfor ble både  $\mu$  og  $k$  valgt større for de små utløsningsområdene B, C og E enn for de relativt store områdene A og D. Et eksempel på resultater fra beregningene er vist i Figur C.1.

Tabell C.1. Sammenstilling av antagelsene ihht. utløsnings sannsynligheten og modellparametrene for snøskred for ulike potensielle utløsningsområder og skredløp. Utløpsområdene er markert i faresonekartet snøskred.  $\Delta HS_{3d}$  10 år er forventet maksimal tre døgns snøfall med årlig sannsynlighet på 1/10, osv. Linja med «Fokksnø» viser med hvor mye  $\Delta HS_{3d}$  ble økt pga. fokksnø. Helningsfaktoren regner om fra snøhøyde HS (målt i vertikal retning) til snøtykkelse  $d$  (målt i rett vinkel med terrenget).  $d_0^*$  er forventet bruddhøyde ved snøfall med angitt returperiode dersom det kommer til brudd. Skogstetthet er i prosent av en meget tett, moden barskog. «Ruhet» omfatter tre klasser 0 (glatt), 1 (litt ru), 2 (meget ru).  $P(\text{utl.} | d_0^* N \text{ år})$  er den betingede utløsnings sannsynligheten under forutsetning av et snøfall med returperiode  $N$  år, mens  $d_0(N \text{ år})$  er den forventede bruddhøyden til et snøskred med returperiode  $N$  år.  $\mu(N \text{ år})$  og  $k(N \text{ år})$  er verdiene til friksjonsparameterne i Voellmy-modellen for beregninger av skred med returperiode på  $N$  år. Innenfor skog økes disse verdiene med henholdsvis  $\Delta\mu$  og  $\Delta k$ .

	Område A	Område B	Område C	Område D	Område E
<b>Utløsningsområde</b>					
Høyde o.h.	550 m o.h.	550 m o.h.	450 m o.h.	600 m o.h.	420 m o.h.
Størrelse	38 000 m <sup>2</sup>	15 000 m <sup>2</sup>	12 500 m <sup>2</sup>	50 000 m <sup>2</sup>	7 000 m <sup>2</sup>
$\Delta HS_{3d}$ 10 år	55 cm	55 cm	50 cm	60 cm	50 cm
$\Delta HS_{3d}$ 100 år	75 cm	75 cm	70 cm	85 cm	70 cm
$\Delta HS_{3d}$ 1000 år	100 cm	100 cm	95 cm	110 cm	90 cm
Fokksnø	5 cm	—	5 cm	10 cm	—
Helningsfaktor	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
$d_0^*$ 10 år	50 cm	45 cm	45 cm	60 cm	45 cm
$d_0^*$ 100 år	65 cm	65 cm	65 cm	80 cm	60 cm
$d_0^*$ 1000 år	85 cm	85 cm	85 cm	100 cm	75 cm
Skogstetthet	0,8	0,8	0,5	0,0	0,2
Ruhet	2	2	1	1	1
$P(\text{utl.}   d_0^* 10 \text{ år})$	0,02	0,01	0,05	0,05	0,03
$P(\text{utl.}   d_0^* 100 \text{ år})$	0,05	0,03	0,1	0,1	0,07
$P(\text{utl.}   d_0^* 1000 \text{ år})$	0,10	0,05	0,2	0,2	0,15
$d_0(100 \text{ år})$	—	—	—	50 cm	35 cm
$d_0(1000 \text{ år})$	60 cm	45 cm	65 cm	80 cm	50 cm
$d_0(5000 \text{ år})$	75 cm	70 cm	85 cm	100 cm	65 cm
<b>Skredløp</b>					
Ruhet	0–2	0	0	0–1	0
Skogstetthet	0,0–0,8	0,0–0,3	0,0–0,1	0,0–0,8	0,0–0,7
$\mu$ (100 år)	—	—	—	0,40	0,47
$k$ (100 år)	—	—	—	0,002	0,02
$\mu$ (1000 år)	0,40	0,42	0,42	0,37	0,45
$k$ (1000 år)	0,002	0,005	0,005	0,001	0,01
$\mu$ (5000 år)	0,38	0,40	0,40	0,35	0,42
$k$ (5000 år)	0,001	0,002	0,002	0,001	0,005
$\Delta\mu$ i tett skog	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
$\Delta k$ i tett skog	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020





Figur C.1. Eksempel på beregningsresultater for den maksimale flyte-/avsetningshøyden med modellen MoT-Voellmy. Kartene øverst og nederst baserer på simuleringer med parametere tilsvarende en årlig sannsynlighet på henholdsvis 1/100 og 1/1000 fra utløsningsområde D.

## Beregninger for utløsningsområder A, B og C uten skog

For å vurdere i hvilken grad deler av reguleringsområdet kan bli utsatt for skredfare dersom all skog skulle bli fjernet eller bli borte pga. storm, skogsykdom eller brann, ønsket Gausdal kommune utløpsberegninger som ikke tar hensyn til skogens effekt. Dette gjelder skogens evne både til å redusere sannsynligheten for at snøskred utløses og til å redusere utløpsdistansen.

De eneste potensielle utløsningsområdene som er aktuelle i denne sammenhengen er A, B og C som markert i Figur 16. Det antas flatehogst, dvs. trærne er fjernet og ikke ligger på marken, og at stubbene er så lave at de ikke bidrar til å stabilisere snødekket. I en slik situasjon jevner vinden snøoverflaten ut. I en situasjon der en betydelig mengde nysnø faller på et dypt gammelt snødekke på 1 m eller mer, kan et brudd forplante seg over et stort areal og skredet som løsner har relativt lite friksjon. Dette har følgende konsekvenser:

- Sammenlignet med Tabell C.1, er den årlige utløsningssannsynligheten for snøskred i utløsningsområdene A og C større enn 1/100.
- Bruddhøyden for snøskred med nominell årlig sannsynlighet på 1/1000 eller 1/5000 er noe større enn angitt i Tabell 3 for skred med skog.
- Snøoverflaten i åpen mark vil være glattere og kaldere enn i skogen. Dette fører til at friksjonsparameterne  $\mu$  og  $k$  bør velges litt lavere enn i simuleringene med skog, utover det at den direkte bremseeffekten av trærne faller bort ved å velge  $\Delta\mu = \Delta k = 0$ .

Tabell C.2 viser antagelser i simuleringer uten skog som er forskjellige fra Tabell 1.

Tabell C.2 Endringer i parametervalget relativ til Tabell C.1 for simuleringer uten skog

	Område A	Område B	Område C
<b>Utløsningsområde</b>			
$P(\text{utl.} \mid d_0^* 10 \text{ år})$	0,10	0,05	0,15
$P(\text{utl.} \mid d_0^* 100 \text{ år})$	0,20	0,10	0,25
$P(\text{utl.} \mid d_0^* 1000 \text{ år})$	0,30	0,20	0,35
$d_0(100 \text{ år})$	50 cm	—	50 cm
$d_0(1000 \text{ år})$	70 cm	65 cm	70 cm
$d_0(5000 \text{ år})$	90 cm	85 cm	90 cm
<b>Skredløp</b>			
Ruhet	0–2	0	0
$\mu$ (100 år)	0,40–0,42	—	0,42–0,44
$k$ (100 år)	0,002–0,003	—	0,003–0,005
$\mu$ (1000 år)	0,38–0,40	0,40–0,42	0,40–0,42
$k$ (1000 år)	0,001	0,003–0,005	0,003–0,005
$\mu$ (5000 år)	0,33–0,38	0,35–0,40	0,35–0,40
$k$ (5000 år)	0,001	0,001–0,002	0,001–0,002

For skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/5000 ble friksjonsparameteren  $\mu$  variert over et stort intervall innenfor en plausibel ramme for å se om eksisterende bebyggelse kunne være truet i ekstreme tilfeller. Både Treahøgdevegen og Øverbygdsvegen vil kunne stanse langsomme snøskred, men dersom et skred er litt raskere og kommer seg over veien, blir terrenget brattere på nytt og skredet kan gå et godt stykke lenger. Faresonekartet i Figur 17 er basert på simuleringer med de laveste friksjonsverdiene vist i Tabell C.2 for hvert område og hver returperiode. I tilfelle årlig sannsynlighet på 1/100 og 1/1000, som er mest relevante i denne delen av reguleringsområdet, tilsvarer de den etter vårt skjønn mest plausible rekkevidden. I tilfelle årlig sannsynlighet på 1/5000 (for bygg i sikkerhetsklasse S3) tar angitt faresone tilnærmet maksimalt hensyn til usikkerhetene i slike beregninger.

# Vedlegg D

VURDERING AV FAREN FOR FLOM OG  
FLOMSKRED NÆR KANADAVEGEN 15, 21  
OG 23

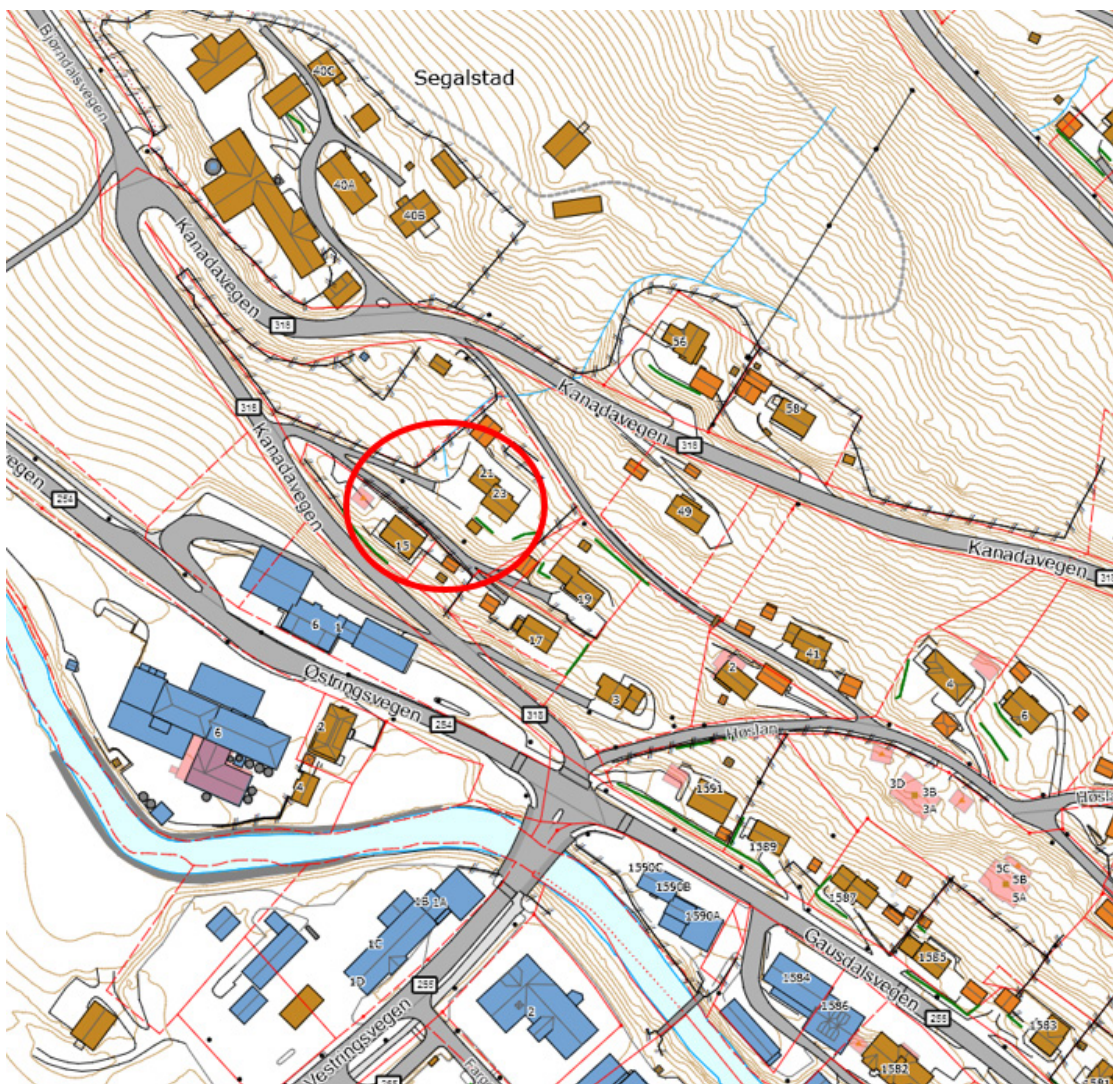
## Innhold

D1 Innledning	2
D2 Avrenning og lukkinger i området	3
D3 Konklusjoner	6



## D1 Innledning

I forbindelse med revisjon av kommunedelplan der NGI i 2015 har gjort farevurderinger, har det kommet opp problemstillinger i tilknytning til en bekk opp for Segalstad Bru med spørsmål om denne burde vært inkludert i farevurderingen. Berørte adresser er Kanadavegen 15 og 21, 23 (21 og 23 er samme hus). Se Figur 1 for kart der problemområdet er markert med rød sirkel.



Figur 1 Lokalisering av Kanadavegen 15, 21 og 23 (rød sirkel)

Det er et bekkedar som krysser Kanadavegen vest for nr. 56 og en mindre lokalvei vest for garasjen til Kanadavegen 21 for deretter å svinge mot sør og inn på gårdsplassen ved

nr. 21 der bekken går inn i et rør. Problempunkter som kan gi skade mot nedenforliggende eiendommer er følgende:

- Oppstrøms stikkrenne under lokalveien kan gi flomvann mot garasje og bolig-hus, som deretter sprer seg ned mot bl.a. Kanadavegen nr. 15.
- Innløpet til stikkrennen ved hus nr. 21 kan gi skade på veien og flomvann rett i veggen på hus nr. 15.

Området ble befart av NGI v/Øyvind A. Høydal 26. okt. 2017, sammen med Jon Sylte fra Gausdal kommune. Ved eiendommene gnr./bnr. 225/117, Kanadavegen 21 og 23, og gnr./bnr. 225/56, Kanadavegen 15 møtte vi berørte grunneiere John Birger Skansen, Oddbjørg Norengen og David Kallestad.

## D2 Avrenning og lukkinger i området

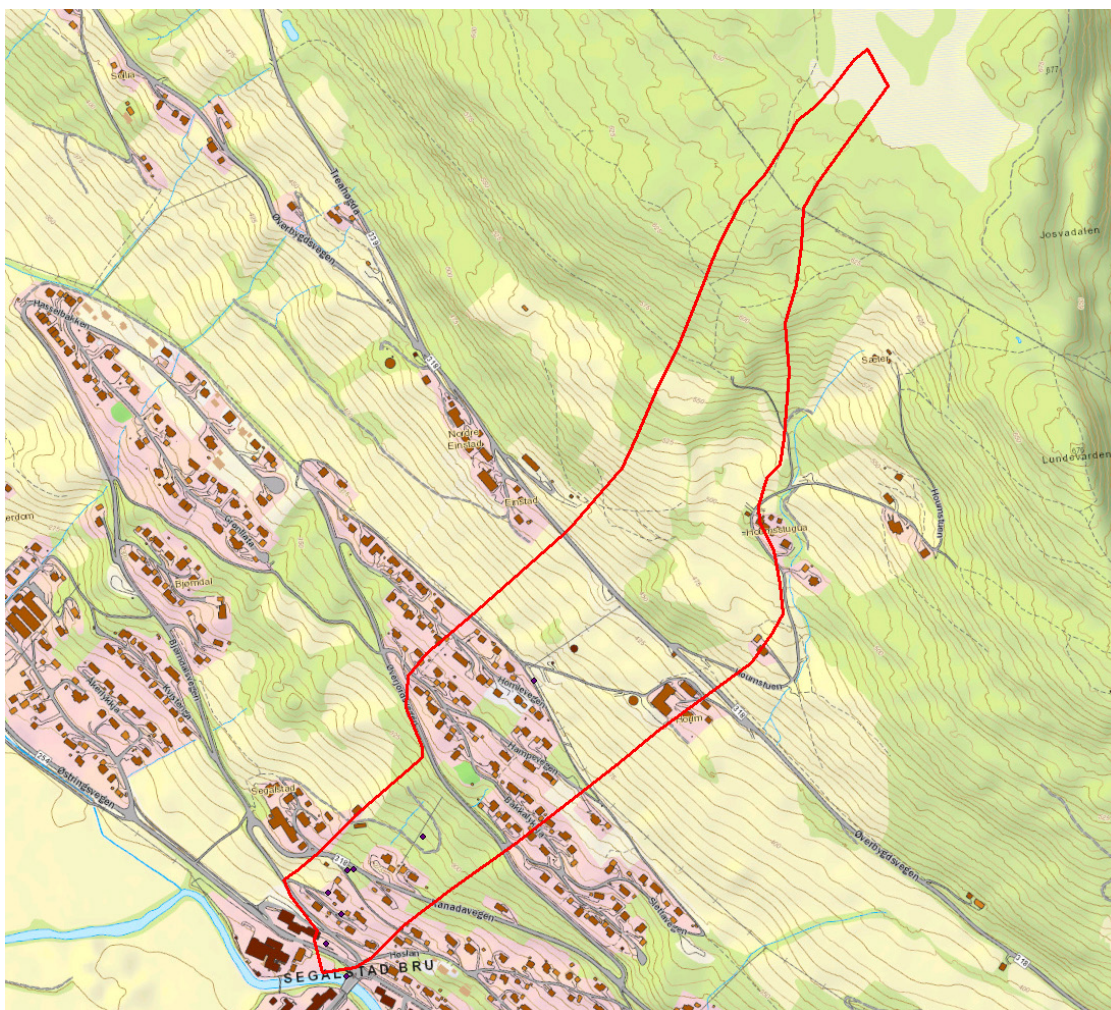
Figur 2 viser nedbørfeltet fra toppen av åsen og ned til Gausa der det ikke er tatt hensyn til positive eller negative effekter som følge av boligfeltet. Dette arealet er ca. 36 ha. For beregning av vannmengder mot innløp i Kanadavegen er det trukket fra ca. 2,6 ha. Positive effekter for bekken nedstrøms boligfeltet kan være at deler av avrenningen i boligfeltet går ut av området via overvannsledninger, negativt kan det være at avrenningen fra området blir raskere og at overvannssystemet kan ha begrenset kapasitet.

En vurdering av avrenning fra nedbørfeltet som angitt i Figur 2 gir en 200-års flom på ca. 1,4 m<sup>3</sup>/s, og en middelflom på ca. 0,46 m<sup>3</sup>/s. Ved rør med innløpskontroll tilsier dette at en trenger rør med ca. 90 cm diameter for 200-års flom og 60 cm rør for en middelflom. Korttidsnedbør på stasjon 12670 Lillehammer er benyttet til beregning av nedbørintensitet. Ved middelflom er spesifikk avrenning ca. 30 l/(ha s). Forholdet mellom nedbørintensitet for 200-års flom og middelflom er ca. 2,3.

Innløpet både ved Kanadavegen 21 (Figur 3, B) og lokalvegen ovenfor har 40 cm diameter (Figur 3, A). Innløpet ved Kanadavegen 21 er imidlertid glattere og brattere slik at vannet er akselerert før innløp, og kapasiteten kan da være 20–30 % mer enn det diameteren tilsier. Ut fra en slik betraktning er det røret under lokalveien som har minst kapasitet av de to innløpene. Hvis et innløp har kapasitet tilsvarende middelflom, vil det si at røret går fullt i snitt annethvert år.

Kommunens kartløsning (Figur 4) indikerer at overvann i boligfeltet i stor grad føres i rør langs veiene, og ut av området. Vannmengder ved befaring samt bekk vest for Sletta-vegen 2, indikerer at det er et system som er lukket gjennom boligfeltet. Dimensjonerende kapasitet er ikke kjent. Bekken fra åsen går inn i kum med rist. Denne rista har begrenset kapasitet og vil ved stor flom gi vann i grøft mot sørøst, muligens også i motsatt retning. Kummen ligger nært et toppunkt.

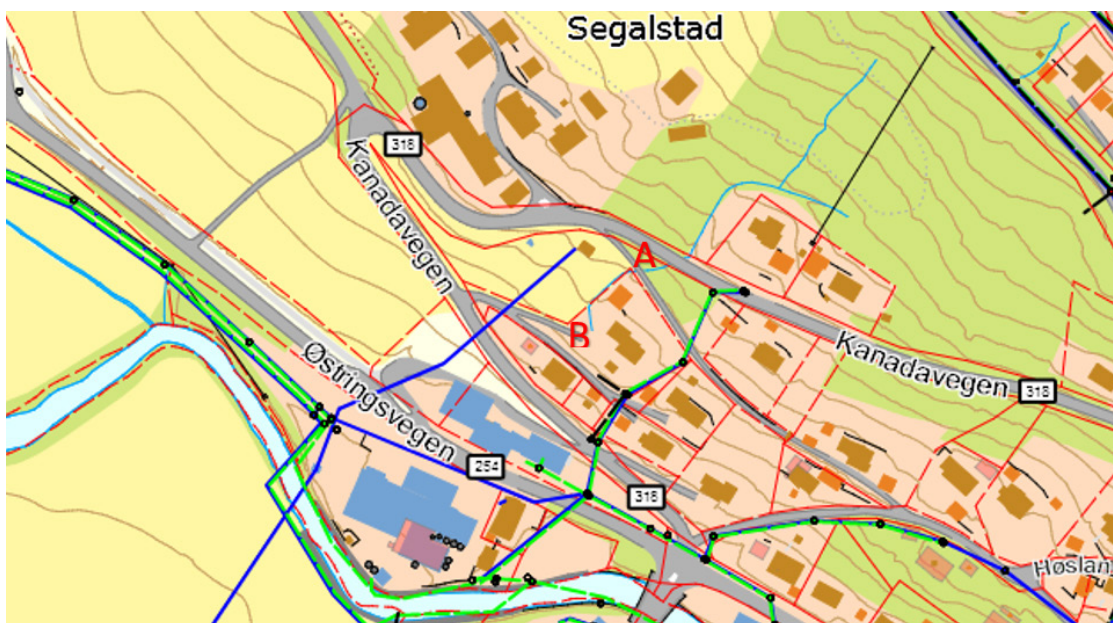




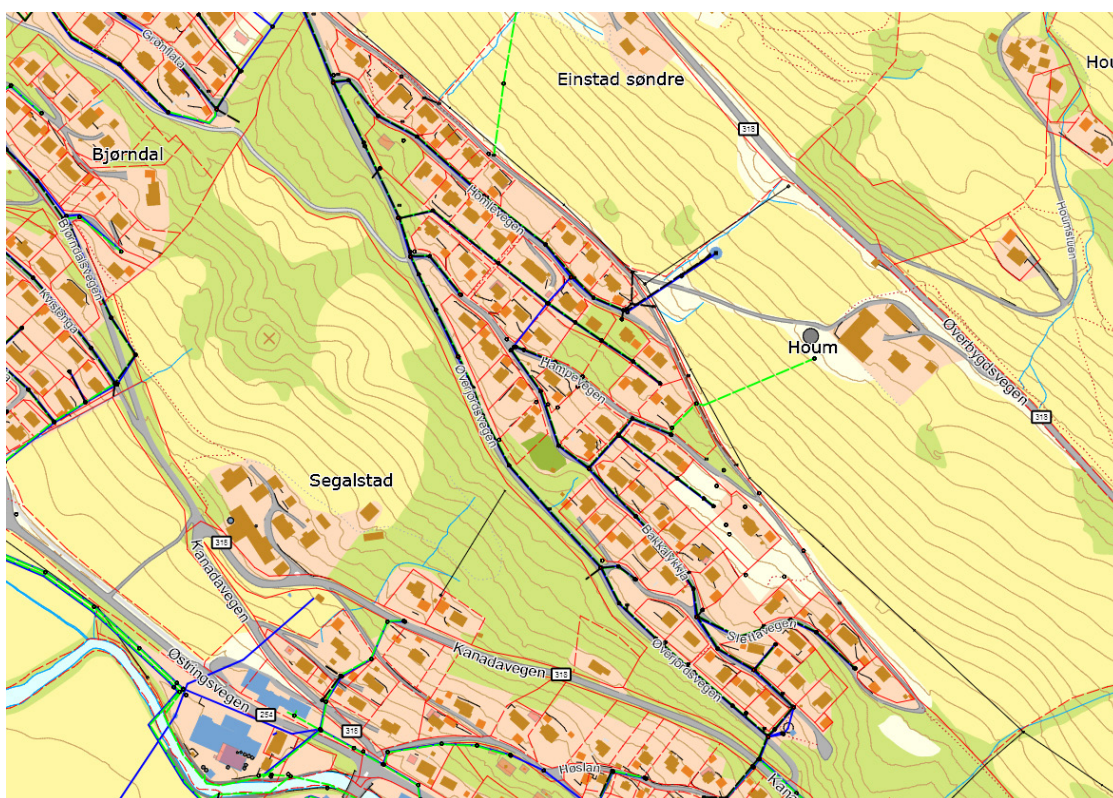
Figur 2 Nedbørfelt uten hensyn til lukkede bekker og rør

Det kommer en bekk ut av boligområdet ved Slettavegen 2 rett nedenfor ledningen mellom Hampevegen og Bakkalykkja. Denne bekken er en av flere kilder til bekken lengre nede. Det er to synlige bekkefar ovenfor Kanadavegen. I denne regionen er det ganske vanlig med bekker som kommer ned fra fjellet eller åssiden som i normalår forsvinner i grunnen oppe i åskanten for så å komme i dagen ned mot dalbunnen. Inntaket ved Kanadavegen 21 er ikke lagt inn i kartløsningen. Det er registrert en kortere strekning ned til Kanadavegen som overvannsledning, men det er ikke markert videre løp mot Gausa. Mellom brua og meieriet er det to rør som munner ut i elva. Det østre og største hadde betydelig avrenning ved befaring.





Figur 3 Markering av innløp rør, A og B



Figur 4 Overvannsnett



### D3 Konklusjoner

Ut fra ovennevnte er det vanskelig eksakt å vite hvor vann føres, hvor det er overløp i overvannsystemet eller hva kapasiteten til overvannsystemet er. En bør starte med å dokumentere kilder av bekker eller rørutløp der vann kommer ut i dagen. Dette er nødvendig for å dokumentere nedbørfelt og dimensjonere rørdimensjoner.

For øvrig er det ved innløp kryssing Kanadavegen (ovenfor A, Figur 3) relativt god innløpskapasitet, men det mangler en kant mellom veg og bekkeløp. Det er mulig å bygge en kant utenfor veibanen og gi løpet et mer gradvis fall i innløpet. Rist med tverrsnitt på fire ganger lysåpning kan med fordel installeres.

Det er usikkerhet med hensyn til den virkelige størrelsen av nedbørfeltet. For å få en formening om aktuelle vannføringer bør en kunne dokumentere kilder av bekker eller rørutløp der bekker kommer ut i dagen, for nærmere å fastslå hvor vann renner og hvor stort nedbørfeltet er.

Anlegget ned mot Kanadavegen 15 og 21 trenger en utbedring. Lokalt kan en bedre sikkerheten ved følgende tiltak:

- Fjerne mulighet for blokkering ovenfor gnr./bnr. 225/56: Vurdere om en kan fjerne stikkrenne i lokalvei, dvs. grave over vegen (som er sperret for gjennomkjøring) bak garasjen. Alternativet til fjerning er å legge en større dimensjon, eller legge to rør. Bekkeleiet opp til Kanadavegen bør renskes og en må sørge for at bekkeleiet er stabilt.
- Et alternativ er å ytterligere lukke bekken noe høyere opp fra punkt B (Figur 3) opp til et punkt der en kan lede vekk overskytende vann.
- Veien inn til Kanadavegen 21 kan utføres med en sidekant på ytterside, eller utvidet grøft på innsiden for å lede vann direkte ned til Kanadavegen. Dette vil redusere faren for flom ned på nr. 15.
- Utføre flomveisanalyse basert på tette innløpsrør eller begrenset kapasitet på ristene eller innløpsrørene. Dette gjelder hele lia med boliger og boligfelt. En slik analyse viser de kritiske punktene.
- Rister skal generelt plasseres i avstand fra rørinnløp og utformes slik at areal er minst fire ganger tverrsnittet til rørinnløp.

Alle systemer med rør og bekker nær eiendommer vil ha behov for tilsyn og rensk.

I kommunens beredskapsplan ved flomvarsel bør disse kritiske punktene være inkludert.

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Vurdering og faresonekart		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20150252-01-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Distribusjon/Distribution</b> Begrenset/Limited	<b>Dato/Date</b> 2015-06-17
		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 1 / 2017-11-29
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Areal+ AS v/Erik Sollien på vegne av Gausdal kommune (rev. 0) / Gausdal kommune (rev. 1)		
<b>Emneord/Keywords</b> Segalstad Bru, skredfarevurdering, faresonekart, snøskred, sørpeskred, flomskred, jordskred, steinskred		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Oppland	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Gausdal	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Segalstad Bru	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b> Follebu 1817 III	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> 32N 565297 / 6789845	

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> 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 re- view by:	Uavhengig kon- troll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Interdiscipli- nary review by:
0	Originaldokument	2015-06-05 Dieter Issler	2015-06-11 Frode Sandersen		
1	Tillegsvurderinger pga. NVEs innsigelser mot areal- planen og informasjon fra innbyggere om flompro- blemer i en bekk	2017-11-27 Dieter Issler	2017-12-05 Frode Sandersen		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 11. desember 2017	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Dieter Issler
--	---------------------------------------	---

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

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

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

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

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

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

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

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

