



Rapport / Report

Lærdal kommune – NVE Region Vest

Skredfaresonerer i Lærdalsøyri

20140189-01-R
4. juli 2014
Rev. nr.: 0

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

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

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

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



Prosjekt

Prosjekt: Lærdal kommune – NVE Region Vest
Dokumenttittel: Skredfaresoner i Lærdalsøyri
Dokumentnr.: 20140189-01-R
Dato: 4. juli 2014
Rev. nr./rev. dato: 0

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE Region Vest
Kontaktperson: Brigit Samdal
Kontraktreferanse: 12053, dat. 20.2.2014

For NGI

Prosjektleder: Ulrik Domaas
Utarbeidet av: Lloyd Tunbridge, Helgs Smestad, Asgeir
Lysdahl, Kjetil Sverdrup-Thygeson, Peter
Gauer, Heidi Hefre
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

Gjenoppbygging av boliger i Lærdalsøyri etter brannen 18. januar 2014 kom i konflikt med gjeldende aktsomhetssoner i sentrumsområdet. NVE ba om rask vurdering av nye detaljerte faregrenser. NGI utførte synfaring av fjellsiden fra helikopter, scannet og fotograferte fjellsiden og gjennomførte beregninger av skredrekkevidde og sannsynlighet for hendelser. Hovedkonklusjonen er at boligene som brant ned ligger utenfor faresonen som gjelder for sikkerhetsklasse S2. Deler av bebyggelsen inntil hovedvegen (Rv5) ligger mer skredutsatt. Sikringsløsninger kan vurderes om dette blir aktuelt.

Innhold

1	Innledning	5
2	Oversikt over kartleggingsområdet	6
2.1	Geologi og geomorfologi	7
2.2	Topografi	8
2.3	Klimatisk oversikt	10
3	Kort beskrivelse av aktuelle skredtyper i området	16
4	Eksisterende skredkart	16
5	Historisk dokumentasjon	17
6	Skredhendelser	19
7	Skredrapporter	19
8	Metodebeskrivelse og beregningsmodeller	19
9	Faresonevurdering	19
9.1	Steinskred	20
9.2	Sørpeskred	24
9.3	Snøskred	24
10	Referanser	25

Vedlegg A. Metodebeskrivelse

Vedlegg B. Beregningsmodeller

Vedlegg C. GPS-logg og befaringsrute med markeringer

Vedlegg D. Kartoversikt

Kart 01 – Helningskart Lærdalsøyri

Kart 02 – Beregning med Rockyfor3D steinsprang

Kart 03 – Beregning av sørpeskred med RAMMS

Kart 04 – Faresonekart Lærdalsøyri

Kart 05 – GPS rute: helikopter, markeringer til fots knyttet til logg

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NVE v/Brigt Samdal, regionsjef for Region Vest henvendte seg til NGI for å iverksette en hurtig gjennomføring av en detaljert skredfaresonerings i Lærdalsøyri, Lærdal kommune, med tanke på gjenoppbyggingen i sentrumsområdet etter brannen i januar 2014. Deler av bebyggelsen ligger innenfor aktsomhetskartets skredgrenser og det kreves derfor en nøyere vurdering av farenivået før gjenoppbyggingen kan igangsettes. For gjenoppbygging etter brann gjelder i dag samme sikkerhetskrav som for nye boliger.

Befaring ble gjennomført 14-15.2.2014. Med på befaringen var Yngve Midtun fra NVE, Lloyd Tunbridge, Asgeir Lysdahl og Ulrik Domaas fra NGI. Vi var innledningsvis i kort møte med kommunen v/Robert Lysne Elgåen og Alf Magne Hjellum. Vi var også i kontakt med Asle Skalle som hadde ca 40 år med byggesaksbehandling i kommunen og som kjentmann i området. Gunnstein Hustad informert om flere skredhendelser i Lærdalen.

Fjellsiden ble synfart fra helikopter for å se nærmere på bergskrenter i fjellsiden. Synfaring ble også gjennomført nede ved veien. Gigapanfoto og lidarscanning av fjellsiden ble utført fra 3-4 steder i dalbunnen. Beregningsarbeid er utført på kontoret og disse er diskutert sammen med vurderingen av faresonene.

Som grunnlag for vurderingene har vi benyttet:

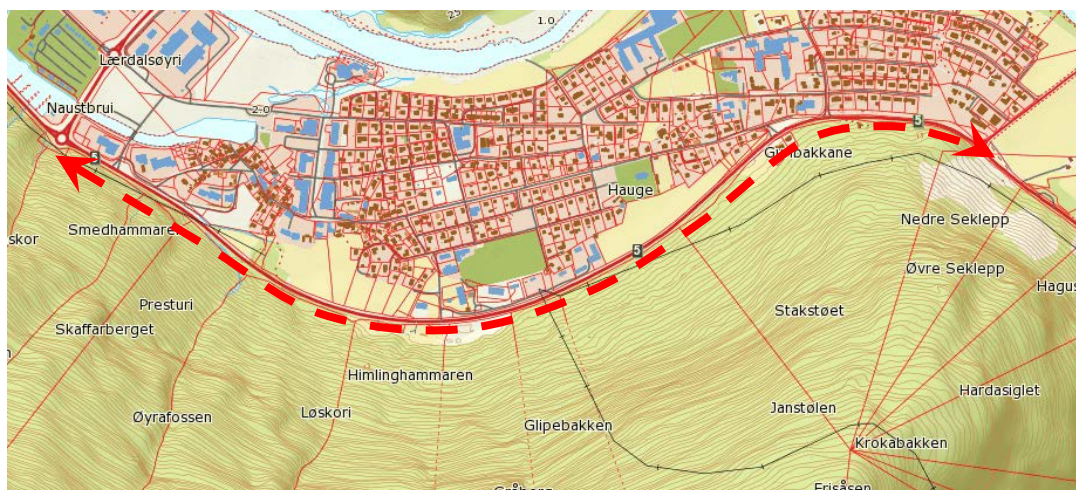
- Observasjoner gjort under befaringen, lidarscanning og gigapanfoto
- Analyse av klimaforhold basert på data fra met.no
- Kart og terrengmodell basert på digitale data gjort tilgjengelig fra kommunen
- Modellverktøy for beregning av rekkevidden til steinsprang og sørpeskred
- Tidligere skredrapporter
- Skjønnsmessige vurderinger av snøskred basert på erfaring

Fastsettelse av faregrenser gjøres mye ut fra skjønn, erfaring og observasjoner under befaringen. I tillegg vektlegges opplysninger om tidligere skredhendelser. Modellkjøringer er en støtte i vurderingene. Grunnlaget for våre vurderinger er nærmere beskrevet i metodebeskrivelsen i vedlegg A. Modellverktøyet Rockyfor3D benyttet for beregninger av rekkevidden til steinsprang og Ramms til å regne på sørpeskred er beskrevet under vedlegg B med resultater fra modellkjøringer vist på kart 02 og 03.

Rapporten gir faresoner i detalj (Vedlegg D Kart 04) med beskrivelse av faren for skred fra den høye bratte fjellsiden sør for sentrum av Lærdalsøyri.

2 Oversikt over kartleggingsområdet

Området for skredkartleggingen i Lærdalsøyri ble avgrenset mellom Sjukehusvegen i øst og litt forbi rundkjøringen ved Nautbrui i vest (Figur 1 og 2). Fjellsiden på sørsiden av dalen går bratt opp fra veien og opp til ca kote 900.



Figur 1. Undersøkellesområdet gjelder en større del av sentrumsbebyggelsen og området er avmerket med rød stiplet pil langs Rv5.

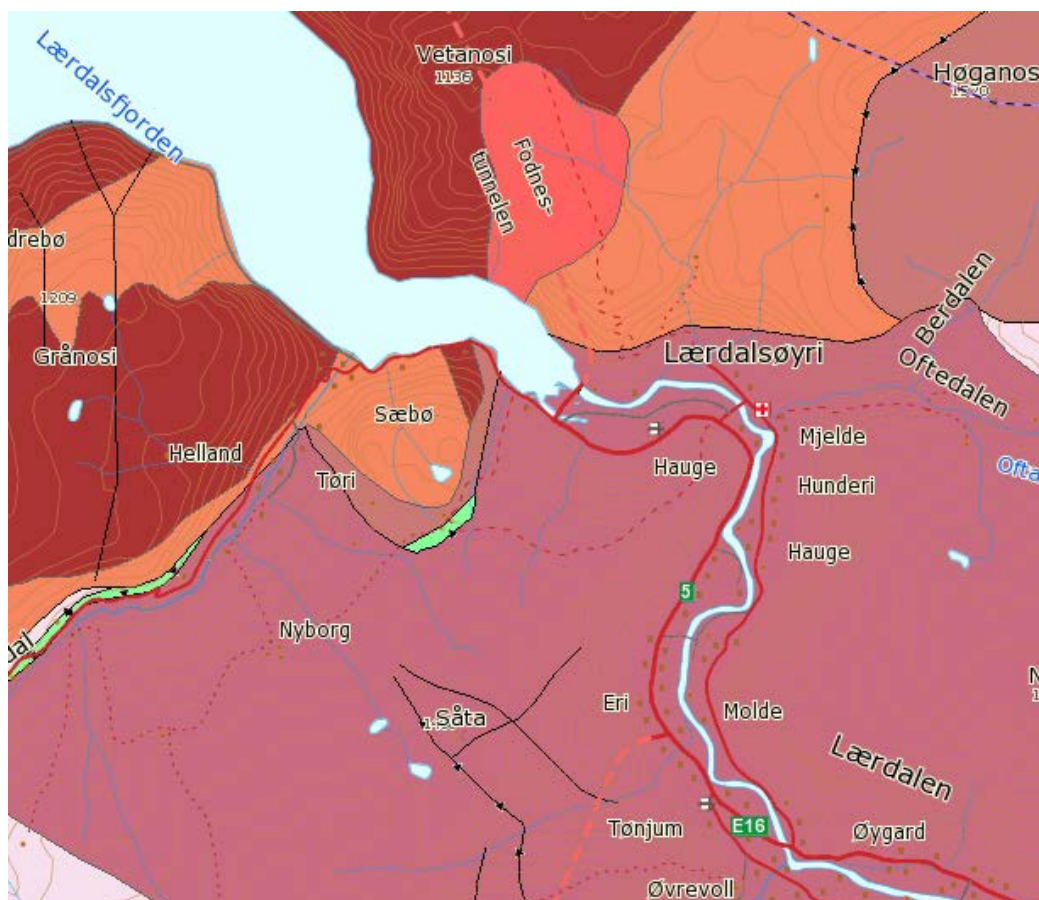


Figur 2. Bildet viser sentrale deler av Lærdalsøyri med den flate dalbunnen med en brå overgangen til den bratte fjellsiden.

2.1 Geologi og geomorfologi

Geologien i området er preget av en dypbergart Monzonitt og Kvartsmonzonitt, grovkorna til storkorna, stedvis omdannet til øyegneis (Figur 3). Karakteristisk for denne bergarten er at den er hard og er motstandsdyktig mot forvitring. Oppsprekningen av berget preges av vertikale sprekker med retning ut mot dalen og steile sprekker på skrå inn i fjellet. Dette bidrar til overheng på bergskrentene i fjellsiden. Utfall i fjellsiden og gjenstående løse bergparti har underslepper med helning omtrent med samme fall som fjellsiden, dvs. mellom 30° og 35°.

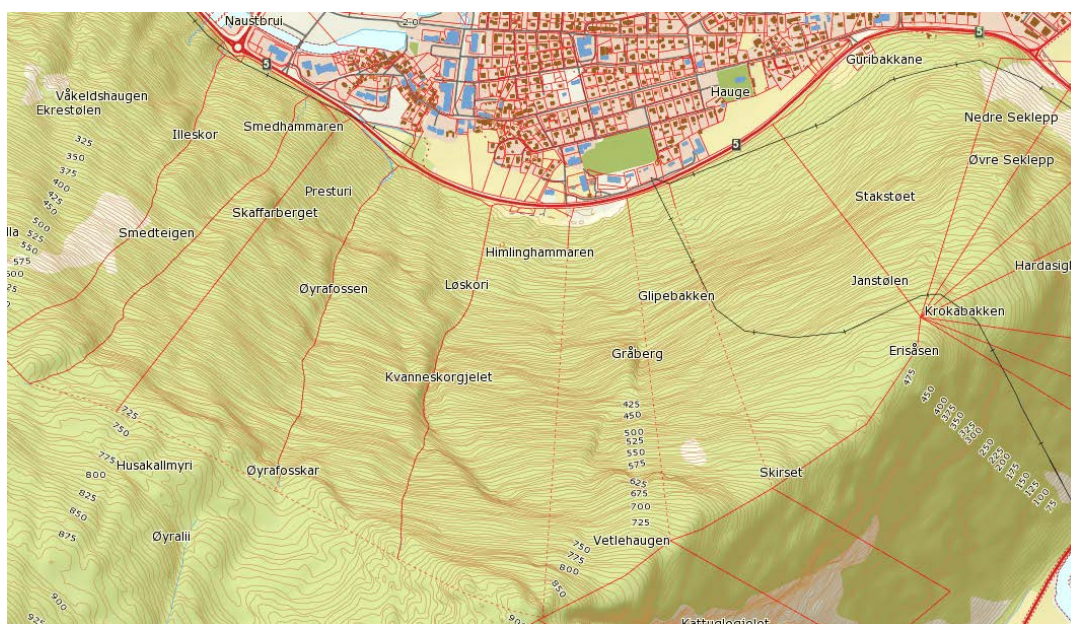
Steinskredaktiviteten i dalen har utviklet seg siden istiden. Da innlandsisen trakk seg tilbake for ca 10 000 år siden sto havet høyere enn i dag og marin grense var ca da på kote 120. Skredaktiviteten var større enn i dag på grunn av ustabile fjellsider. Når isbreen forsvant fra dalene hevet landet seg og havet trakk seg tilbake. Steinskredaktiviteten på denne tiden foregikk før dalbunnen var utviklet slik vi ser den i dag, og tidligere skredavsetninger ligger dermed under dagens elveslette. Undersøkelser blant annet i Fjærland viser fjell- og steinskredavsetninger som ligger under elvesletten. Bergskrentene vi ser i dag er dermed bakkanter fra tidligere skredaktivitet som for det meste er skjult av elvesletten.



Figur 3. Det røde feltet i SØ-lig del av kartet viser utbredelsen av Monzonitten. Den dekker det meste av Lærdalsøyri og hele fjellsiden på sørsiden av dalen som er det aktuelle området for undersøkelsen (NGU).

2.2 Topografi

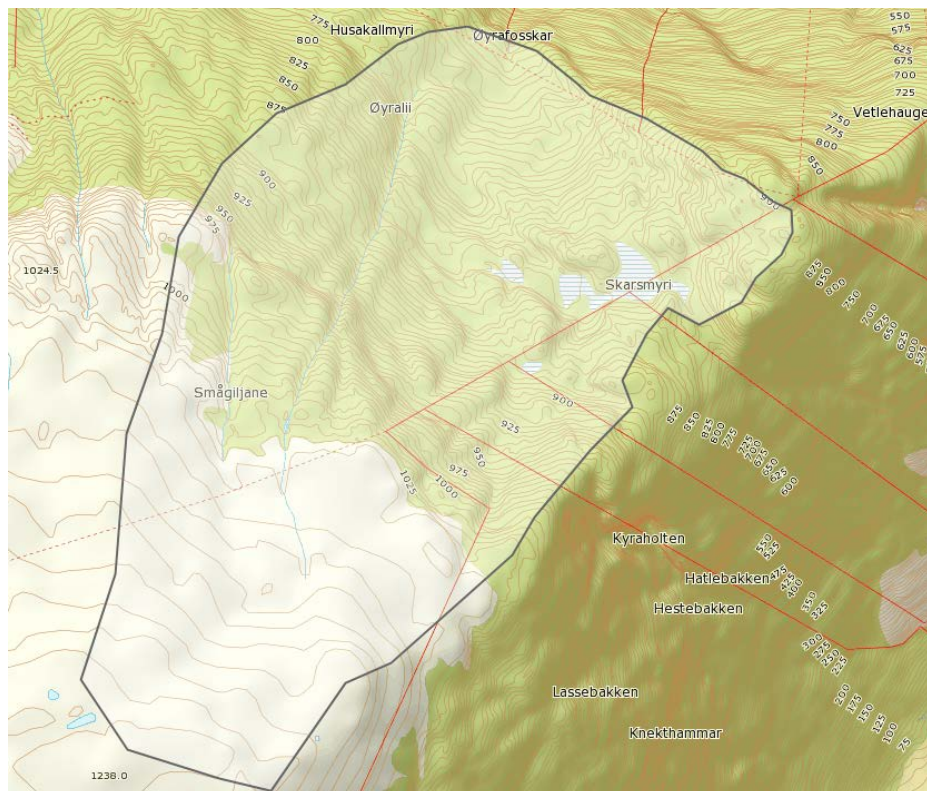
Lærdalsøyri preges av den flate dalbunnen som er Lærdalselvas elveslette. Den ligger flatt helt inn til foten av den bratte fjellsiden som rager opp til ca kote 900. I vestlig del er fjellsiden bratt helt ned, men i den østlige delen er fjellsiden lavere og med flere utflateringer ned mot dalen (Figur 1 og 2). En rekke steile bergskrenter i flere høydenivå preger fjellsiden (Figur 4 og 5). Gråberget er den mest markante av disse. For øvrig er det mye bart berg i fjellsiden. I nedre del er det mindre urer. Toppområdet er stort sett skogkledd i området nærmest den bratte fjellsiden mens toppområdene lengst i sør er fri for skog (Figur 6 og 7).



Figur 4. Kartet viser fjellsiden på sørsiden av dalen. Bebyggelsen som var utsatt for brannen lå på begge sider av fotballbanen (større mørkegrønt felt nede i bebyggelsen).



Figur 5. Bildet viser det bergpartiet Gråberget som ligger midt i fjellsiden og som er det største løse partiet i fjellsiden. Øverst ses en av skrentene som det er flere av i fjellsiden. Utenom skrentene er det svaberg med tynn løsmasseoverdekning og lauvskog.



Figur 6. Nedslagsfeltet for bekken som renner ut ved Øyrafossen er ca 1,7 km² stort. Smeltevann fra snødekket sammen med regn bidrar til flom og sørpeskred i bekken som når ut på elvesletten.

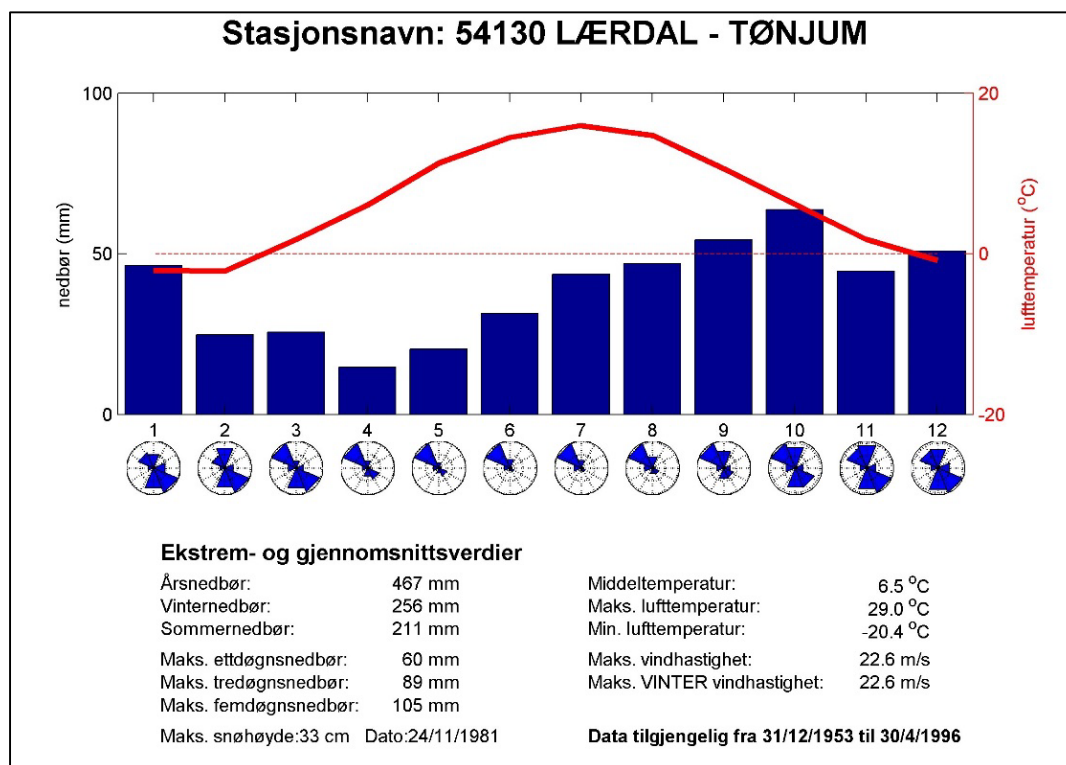


Figur 7. Bildet viser det skogkledte toppområdene av fjellet sør for Lærdal sentrum.

2.3 Klimatisk oversikt

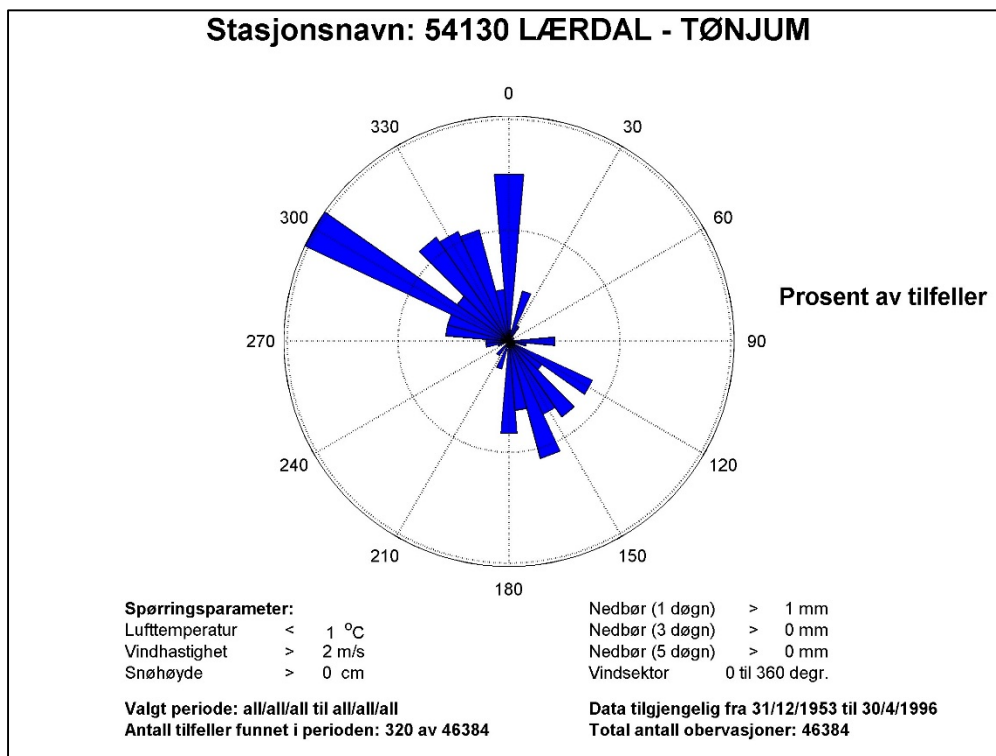
2.3.1 Værforhold i Lærdal

Lærdal har en årsnedbør på 467 mm og må regnes som et nedbørfattig område (Figur 8 Værstasjon Tønjum 54130). Vinternedbøren er litt over det halve med månedsverdier rundt 50 mm. Lærdal har stort sett milde vintre med temperaturer i dalbunnen like under null i perioden desember - februar. Maksimale nedbørmengder over ett, tre og fem døgn på 60mm 89mm og 105mm indikerer at skredsituasjoner kan inntreffe både med snøskred og flomskred.

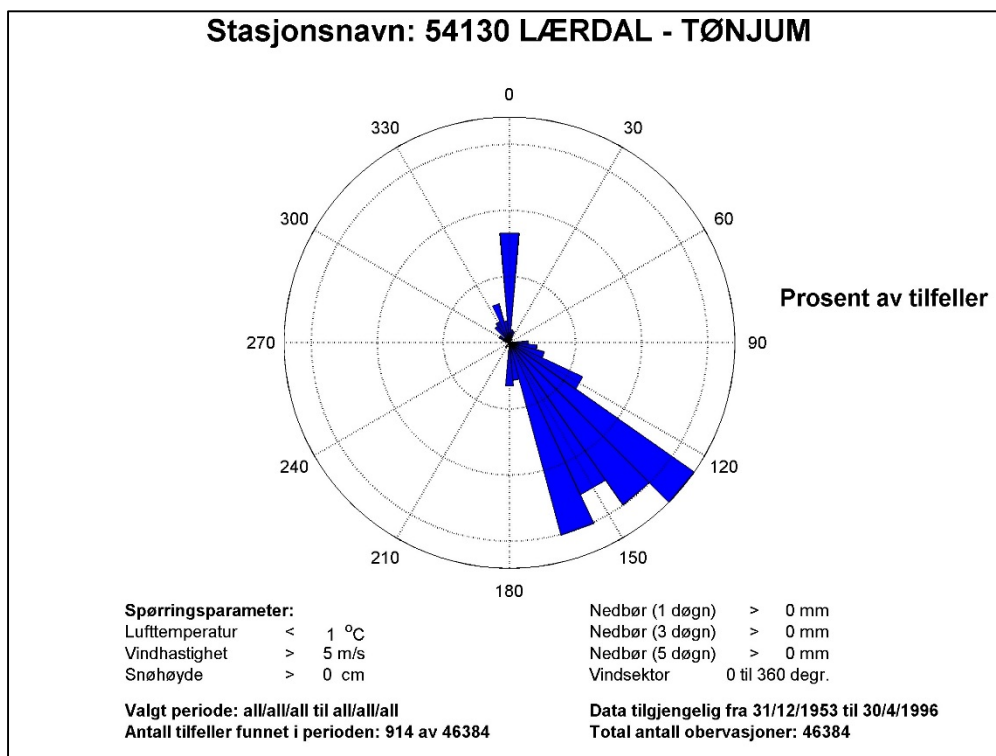


Figur 8. Månedsnormaler fra met.no

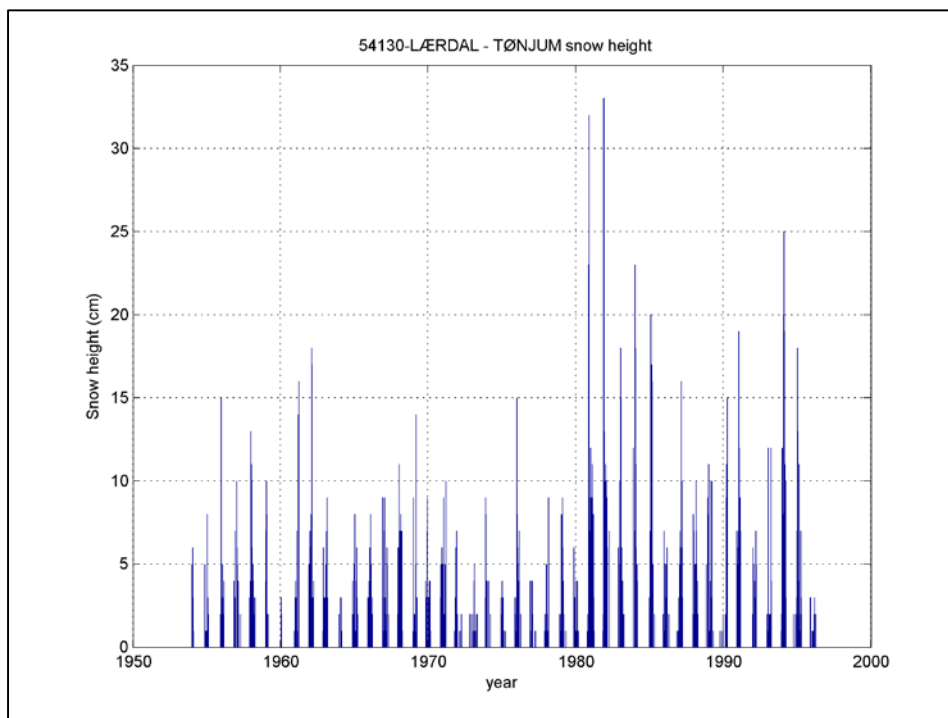
Figur 9 viser at nedbøren med kulde i fjellet kommer med nordvest og nordlig vind men også noe sørøst. Stasjonen nede i dalen er imidlertid ikke følsom for vind fra vestlig retning. Figur 10 viser at kald sterk vind normalt kommer fra sørøstlig kant, typisk slik forholdene har vært vinteren 2013/-14. Vinteren i dalbunnen bærer også preg av små nedbørmengder, og maksimal snøhøyde på 33 cm i måleperioden på 42 år understreker dette. Figur 11 og 12 viser snøhøyder i Tønjum i Lærdal i måleperioden og fordelt på vintermånedene.



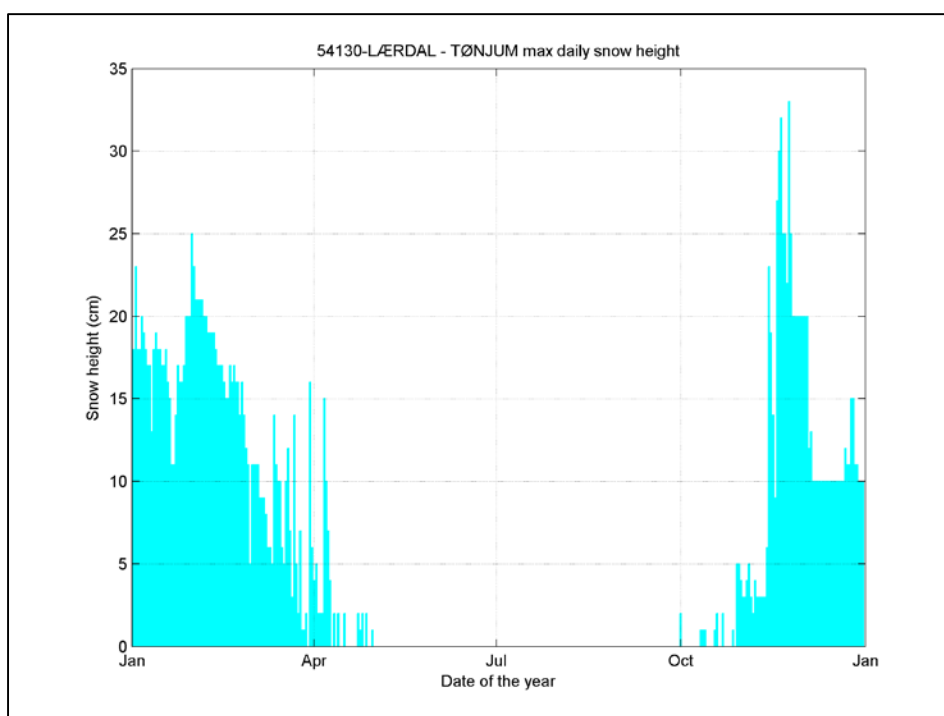
Figur 9. Vindrose for Tønjum relatert situasjoner med nedbør og temperaturer under 1°C.



Figur 10. Vindrose som viser sterk vind i dalen samtidig med kjølig vær. Typisk for denne vinteren for januar og februar.



Figur 11. Snøhøyder ved Tønjum i måleperioden 1954 – 1996.



Figur 12. Maksimale snøhøyder i måleperioden fordelt på månedene.

Månedsnormaler fra Meteorologisk Institutt viser at det vinterstid kommer rundt 20 – 50 mm nedbør hver måned (Figur 13 og 14). I normalperioden viser døgnnedbøren på Tønjum at det i løpet av en regnværsperiode som strekker seg over et par uker, er

det målinger på over 200 mm nedbør som regn, sludd og snø (datatabell fra e-klima). Dette kan komme som snø i høyfjellet selv om det ikke blir mye snø i dalbunnen. De høyeste døgnverdiene er på 20 – 30 mm og som tilsvarer normal månedsnedbør.

Maksimalnedbør på ett døgn for målestasjon Lærdal (1876-1943) viser verdier mellom 40 – 50 mm for vintermånedene.

Inntrykket fra været i Lærdal er at det i høyfjellet kan inntreffe situasjoner med mye snø over en kortere periode selv om det generelt er lite snø i fjellet.

Månednormaler 1961 - 1990 for TAM, Middeltemperatur													
Stnr	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
54110	-2,9	-2,5	1,6	5,1	10,5	13,8	14,9	14,1	9,6	6,1	1,2	-1,5	5,8
54120	-2,5	-2,2	1,3	5,2	10,3	13,5	14,7	13,9	9,9	6,1	1,4	-1,2	5,9
54130	-2,5	-2,2	1,3	5,2	10,3	13,6	14,7	13,9	9,9	6,1	1,4	-1,2	5,9

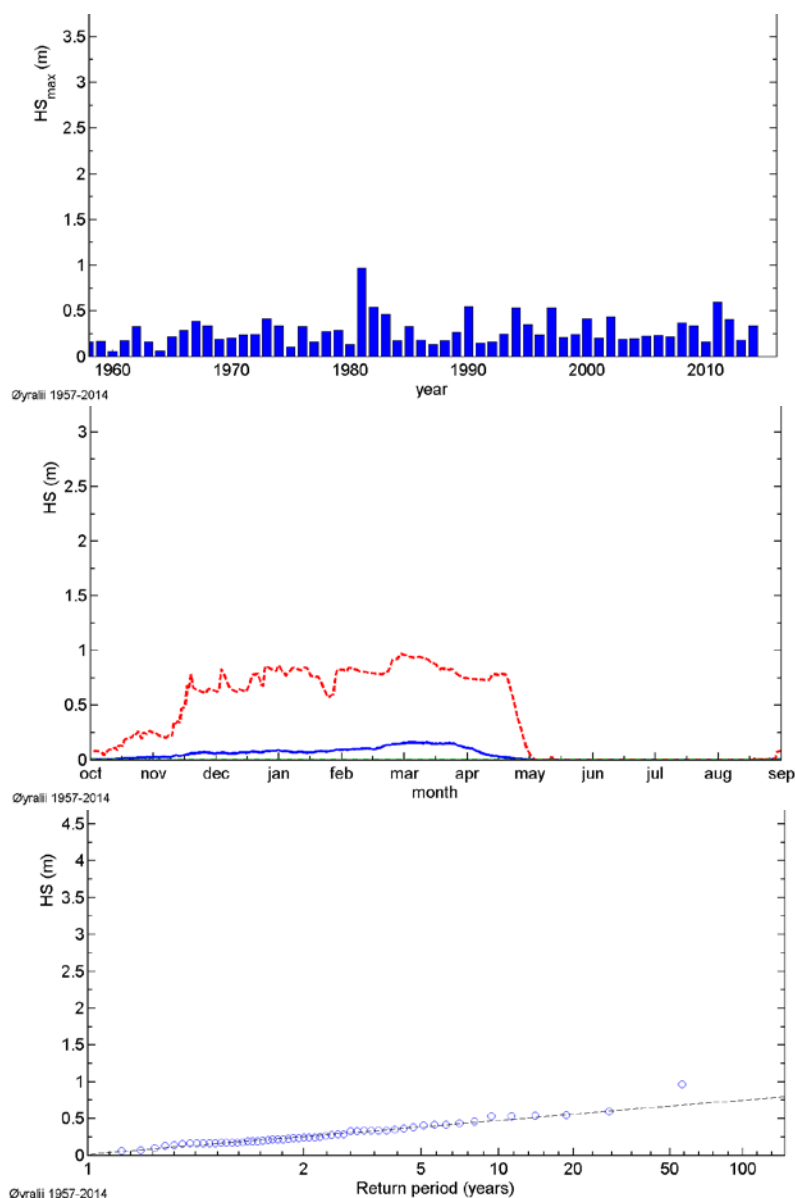
Figur 13. 54110 Lærdal IV fra 2008, 54120 Moldo 1996-2008, 54130 Tønjum 1948-1996. Middeltemperaturer for månedene.

Månednormaler 1961 - 1990 for RR, Nedbør													
Stnr	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	år
54110	37	25	34	19	25	50	52	55	73	41	48	49	508
54120	44	23	29	14	21	33	47	50	60	66	54	50	491
54130	44	23	29	14	21	33	47	50	60	66	54	50	491

Figur 14. Månednormaler fra met.no for perioden 1961 – 1990 Lærdal IV (54110), Lærdal – Moldo (54120) og Lærdal Tønjum (54130). Data er gyldig per 04.03.2014 (CC BY 3.0), Meteorologisk institutt (MET) eKlima@met.no.

2.3.2 Snøforhold i fjellet sør for Lærdalsøyri

Figur 15 viser tidsserier fra simulerte arealdata for fjellområdene i Lærdal fra senorge.no. Disse viser at det i fjellet over Lærdal (ca 850 moh) stort sett er lite snø som vi også ser det nede i dalen. Analysen (Figur 15) tilsier 75 cm snøhøyde hvert 100 år i gjennomsnitt. Observasjonene (Figur 15) tyder på at det vinterstid normalt er 20-30 cm tykt snødekke, ca 50 cm hver 10 – 20 år og at det har inntruffet 1 m snø i denne måleperioden på ca 60 år. Snøhøyden er oftest på sitt høyeste mot slutten av vinteren i mars-april.



Figur 15. Analysen er utført i xGeo.no for et punkt på Øyralli på platået ovenfor den bratte delen av fjellsiden. Verdiene gjelder tidsserier fra simulerte arealdata i senorge.no for snøhøyder i ca 850 moh. Verdiene i analysen er for perioden 1957 – 2014.

3 Kort beskrivelse av aktuelle skredtyper i området

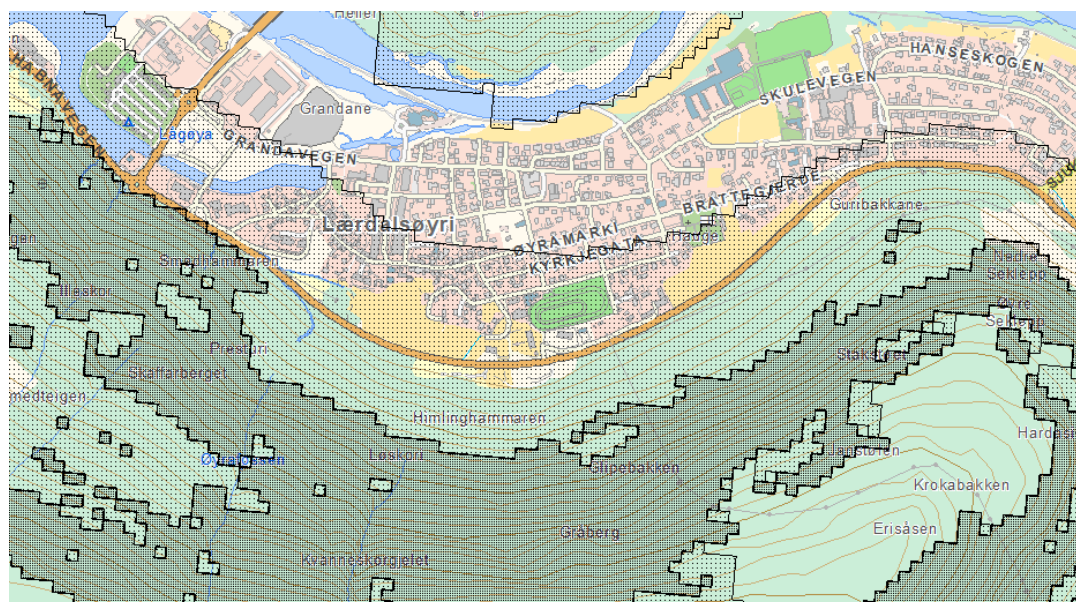
Mest dominerende i fjellsiden er steinskred og steinsprang. Gråberget peker seg ut som det mest dominerende løse bergpartiet. En rekke bergskrenter i flere nivå i fjellsiden kan gi opphav til steinsprangaktivitet.

Sørpeskred i Øyrafossen er en aktuell problemstilling å vurdere. Dette skyldes et større flaterer toppområde hvor snøsmelting og regnvær kan gi opphav til utløsning av sørpeskred som vil følge bekken i området. Det er ingen historiske hendelser som er kjente i dag. Dette tyder på at slike skred inntreffer sjelden.

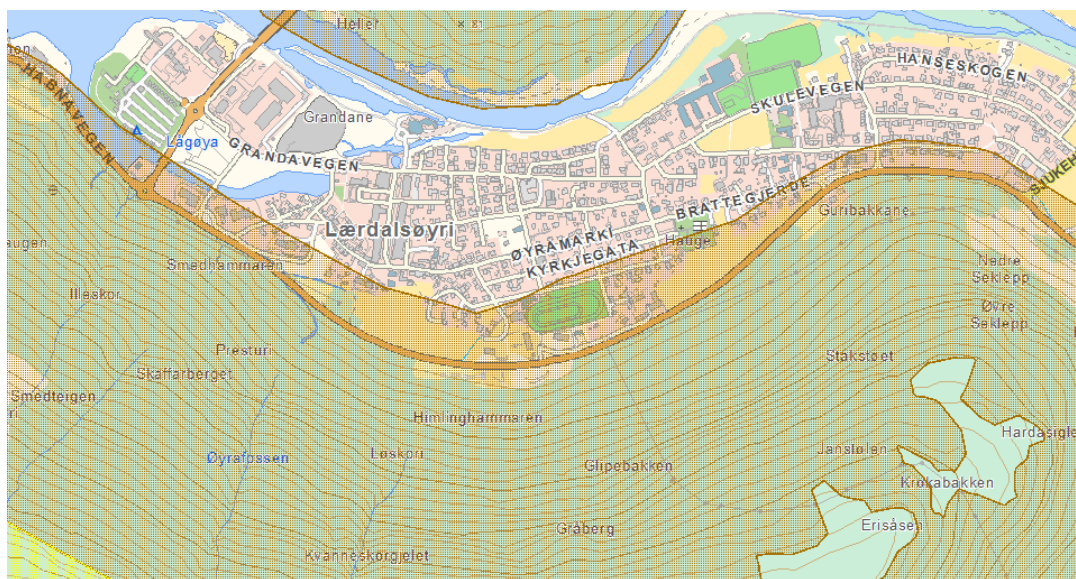
Selv om Lærdal er et tørt område vinterstid ser det ut til at det kan komme en del snø i øvre deler av fjellsiden og at det i sjeldne tilfeller kan komme mye snø over en lengre periode vinterstid. Skogen står tett i fjellsiden og oppe på platået så snødrift ut i fjellsiden på grunn av vind vil være moderat. Vi kan imidlertid ikke se bort fra at det kan gå snøskred i fjellsiden og vurderer derfor konsekvensen av slike.

4 Eksisterende skredkart

Aktsomhetskartet til NVE (Figur 16) og faresonekartet til NGI (Figur 17) viser begge at sentrumsområdet kan være utsatt for steinsprang og snøskred. Steinsprangkartet fra NVE viser lengre utløp enn snøskred i det aktuelle området.



Figur 16. Utsnitt av aktsomhetskartet for steinsprang fra NVE (skredatlas.nve.no).



Figur 17. Faresonekart fra NGI som omfatter både snøskred og steinskred.

5 Historisk dokumentasjon

To steinspranghendelser er vist i det aktuelle området i Lærdalsøyri på veien under Stakstøet og vest for hageavfallsplassen.

I NRKs leksikon om skredulykker i Lærdal internett finner vi mange hendelser i Lærdal kommune. Disse forteller om mange ulykker pga stein- og snøskred i kommunen: http://www.nrk.no/sf/leksikon/index.php/Ulukker_i_L%C3%A6rdal. Listen gir et bilde av hva som har skjedd i Lærdal kommune gjennom tidene. Opplistet er dette følgende hendelser:

- I 1813 omkom ein mann frå garden Haugane i Erdal då han vart råka av ein stein
- I 1830 vart ein mann frå Fodnes drepen av eit steinsprang i utmarka.
- I 1838 omkom ein 15 år gamal gut frå ein husmannsplass på Nedre Eri i eit steinras.
- I 1841 vart ei ung jente på garden Hegg drepen av ein stein som losna i fjellet ovanfor garden, gjekk gjennom stovetaket og råka jenta.
- I 1850 vart ein mann drepen av eit jord- og steinskred på garden Bø.
- I 1860 omkom ein mann frå Nedre Eri då han fall utfor berga med ei høybør
- I 1861 omkom ein mann frå Ljøsne då han vart teken av eit snøskred.
- I 1865 vart ei kvinne frå Lærdalsøyri knust av eit steinras i utmarka og døydde eit par dagar seinare av skadane.
- 9. desember 1873 gjorde sterk snøsmelting og flaum store skadar med ras og tap av til saman 21 menneskeliv fleire stader i indre Sogn. Sju omkom i rasulukke i Bjorlaug.
- I 1876 omkom ein mann frå garden Rovahusteigen ved Erdal då han vart teken av eit snøskred medan han henta høyr frå utmarka.

- I 1876 omkom ein husmann på garden Nedre Eggjo i Borgund då han vart teken av eit snøskred med han henta høyr frå utmarka.
- I 1878 vart ei husmannskone frå garden Nese og eine sonen hennar på 13 år drepne i eit steinskred.
- I 1888 vart ein lasskøyrar, heimehøyrande på ein husmannsplass på Mo, drepne i eit snøskred på Saue.
- I 1889 vart ein husmann frå Øvre Voll drepne av eit steinskred medan han arbeidde med lauvsvanking i Teiggjeli.
- I 1909 omkom ein mann frå Eri då han vart teken av eit snøskred medan han var på rypejakt i fjellet.
- I 1909 omkom ein husmann frå Hatleberg i Borgund i Kallevangsmarki då han under rypejakt vart teken av eit snøskred.
- I 1910 omkom ein mann frå Sprakehaug i Borgund i eit snøskred under rypejakt i Kvamsdalen.
- I 1920 gjorde eit stort jord- og streinras stor skade på gardstuna på garden Sandnes på Strendene. Husdyr vart drepne, men ingen menneske kom til skade. Også skulehuset som stod på garden, vart mykje skadd, men vart bygt opp att.
- I 1925 vart fjøset på plassen Hjellen i Erdal øydelagt av eit jordras, og mykje av buskapen vart drepne.
- I 1950 vart el.verksjef Nils Vetti drepne av eit steinprang under linjearbeid på Strendene.
- Ca. i 1968 omkom ein ungarsk lege då han vart råka av eit steinprang på Ofta, like ved sjukehuset i Lærdal.
- I mars 1980 miste ein mann frå Leikanger livet då bilen hans vart treft av steinras på Revsnesvegen mellom Vindedal og Revsnes.
- I 1993 gjekk eit stort jordskred frå fjellet ved garden Skårheim i Borgund. Skredet reinska fjellsida og øydela mykje i utmarka, men ingen menneske kom til skade.
- Det gjekk ikkje liv tapt då desse steinane hamna på vegen mellom Lærdal og Erdal i oktober 2005. Foto: Cosmin Cosma, NRK (foto under).



6 Skredhendelser

Fra lokalt hold har vi fått informasjon om noen hendelser. Det dreier seg for det meste om steinsprang som er den skredtypen som er mest aktiv i fjellet her. Det er et steinsprang vi observert midt i fjellsiden i nærheten av Stakstøtet. Utfallet stoppet før det nådde ned til veien. Ovenfor avfallsplassen er det en rekke skrenter og det skjer relativt hyppige steinsprang i fjellsiden her. Utfallene stopper i ura ovenfor avfallsplassen og nede på flaten. Det er ikke rapportert om lange utløp i dalbunnen.

Bortenfor Øyrafossens utløp i dalbunnen ligger det en eldre skredblokk på nedsiden av veien og to nyere steinblokker fra 7 år tilbake (Figur 18).



Figur 18. Bildet viser den nyeste blokka på venstre bilde og den eldre på bildet til høyre for veien.

Øyrafossen har en avslutning nede i dalbunnen hvor det er dannet en kjegleformet avsetning med drensgrøft mot vest og med en større flat avsetning som når nesten ut til bebyggelsen. Disse løsmassene er avsatt av flomskred, erosjon i bekken i flomperioder og av sørpeskred. Det er lite løsmasser i bekken i dag og avsetningene kan derfor være avsatt i avslutningen av istiden.

7 Skredrapporter

Det er ikke funnet skredrapporter fra området sør for Lærdalsøyri fra NGI. I kommunen er det mange rapporter knyttet til veger, tunneler og kraftanlegg.

8 Metodebeskrivelse og beregningsmodeller

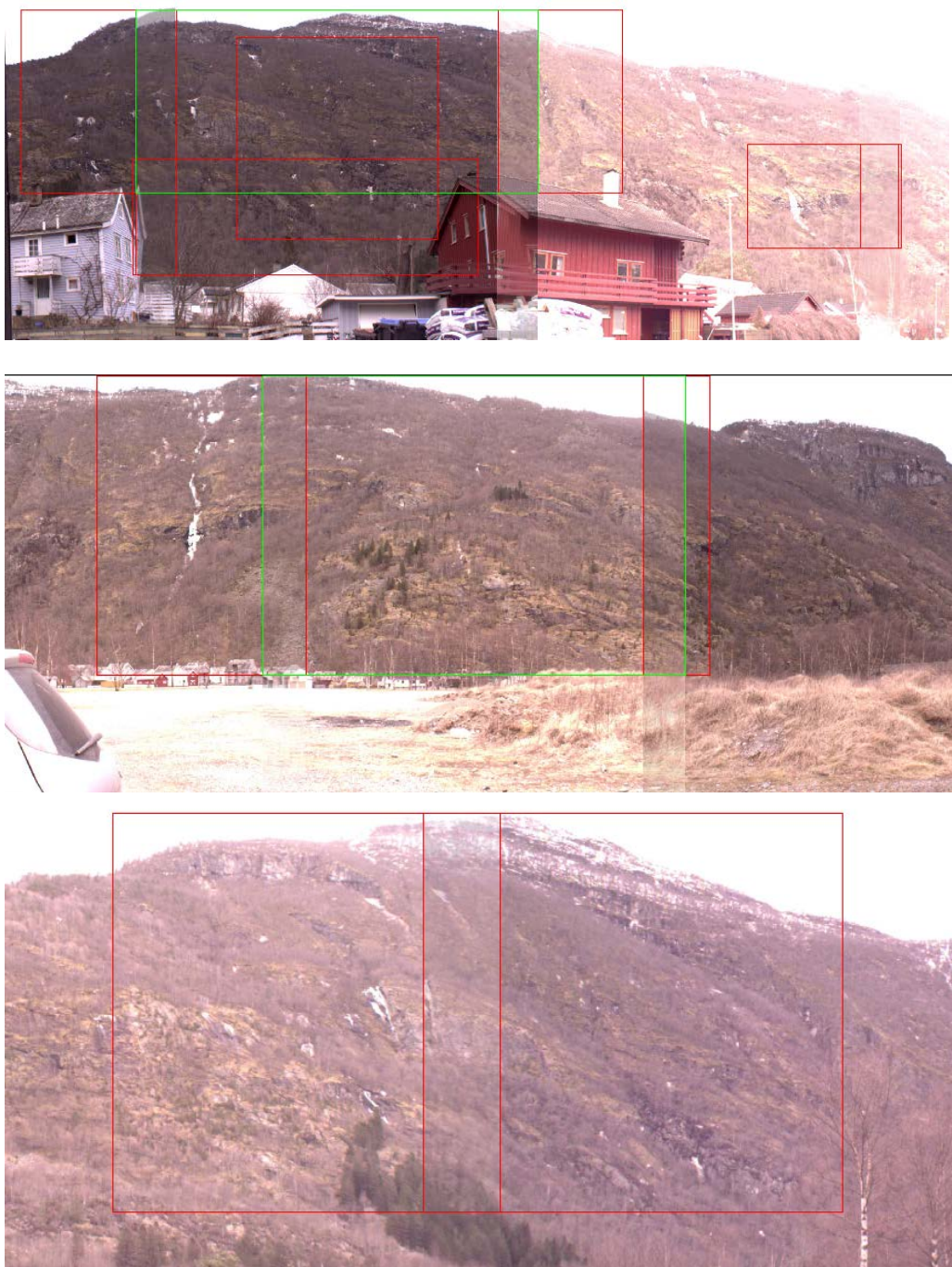
Metodebeskrivelsen er gitt i Vedlegg A og omtale av beregningsmodeller i Vedlegg B.

9 Faresonevurdering

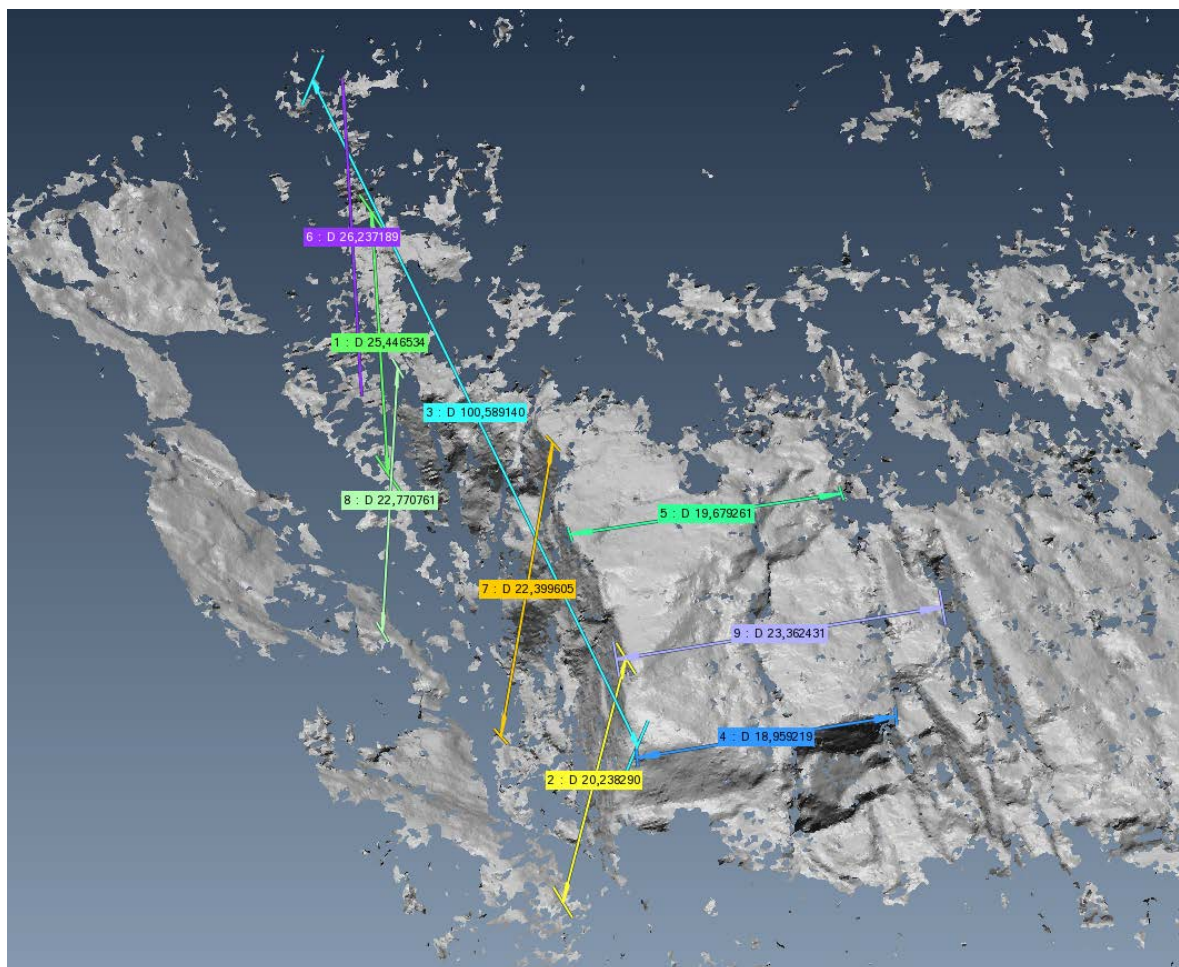
I vedlegg C er logg for observasjoner fra feltarbeidet som steinsprangblokker, løsneområder for de ulike skredtypene og avsetning fra flomskred.

9.1 Steinskred

Som utgangspunkt for vurderingene av farepotensialet for steinsprang og steinskred som vi mener er den dominerende faretypen i fjellsiden innledet vi arbeidet med lidarscanning av bergskrentene og gigapanfoto av fjellsiden fra flere steder i tillegg til feltarbeidet og helikoptersynfaringen (Figur 19). Dette ga oss mulighet til å studere detaljer fra feltarbeidet i etterkant av befaringen og gjøre beregninger av volum der dette var nødvendig.



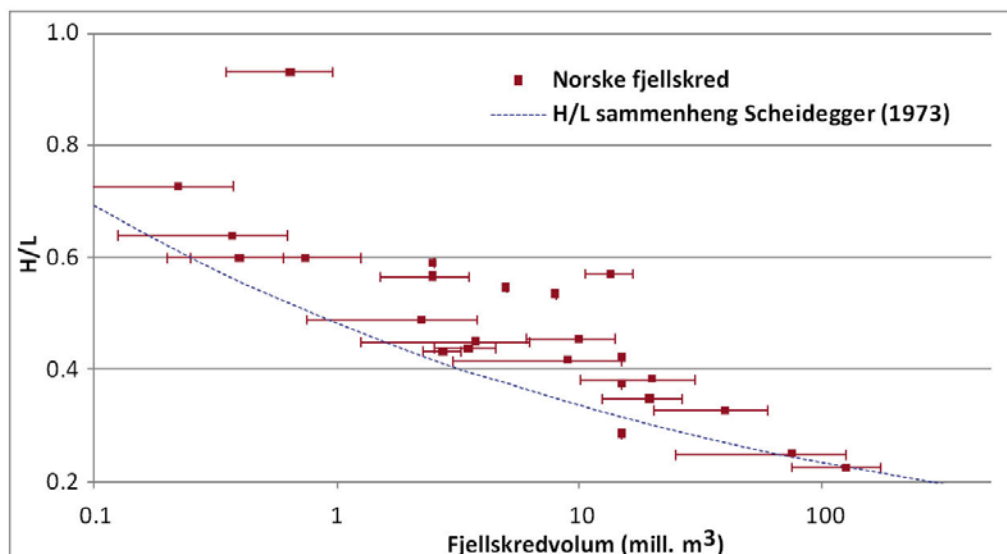
Figur. 19. Områder merket med rektangler er lidarscannede områder.



Figur 20. Detalj av lidarscan for det utstående bergpartiet Gråberget i fjellsiden sør for fotballbanen på Lærdalsøyri.

Lidarscannet fra Gråberget (Figur 20) gir et tredimensjonalt bilde av fjellsiden. Områder med is og vegetasjon er fjernet fra bildet fordi dette gir unøyaktige verdier. Basert på det gjenstående mer fragmentariske bildet kan vi måle bredde og høyde på bergpartiet. Den delen av berget som kan løsne ut i ett stykke er litt over 20 m tykt og litt over 20 m bredt med en lengde på ca 100 m. Målingene er vist på figuren. For mer detaljert vurdering av dette partiet ble det sett på detaljfoto fra helikopteret og detaljer fra gigapanfoto.

Volumberegningen og utfall av hele partiet er vurdert ut fra erfaringer med fjellskred i Norge.



Figur 21. H/L som funksjon av volum for 16 kjente norske fjellskred (modifisert fra Romstad m. fl. 2009). Stiplet blå linje viser sammenhengen som er foreslått av Scheidegger (1973). Figuren viser målinger for skredvolumer som er 100 000 m³ og større.

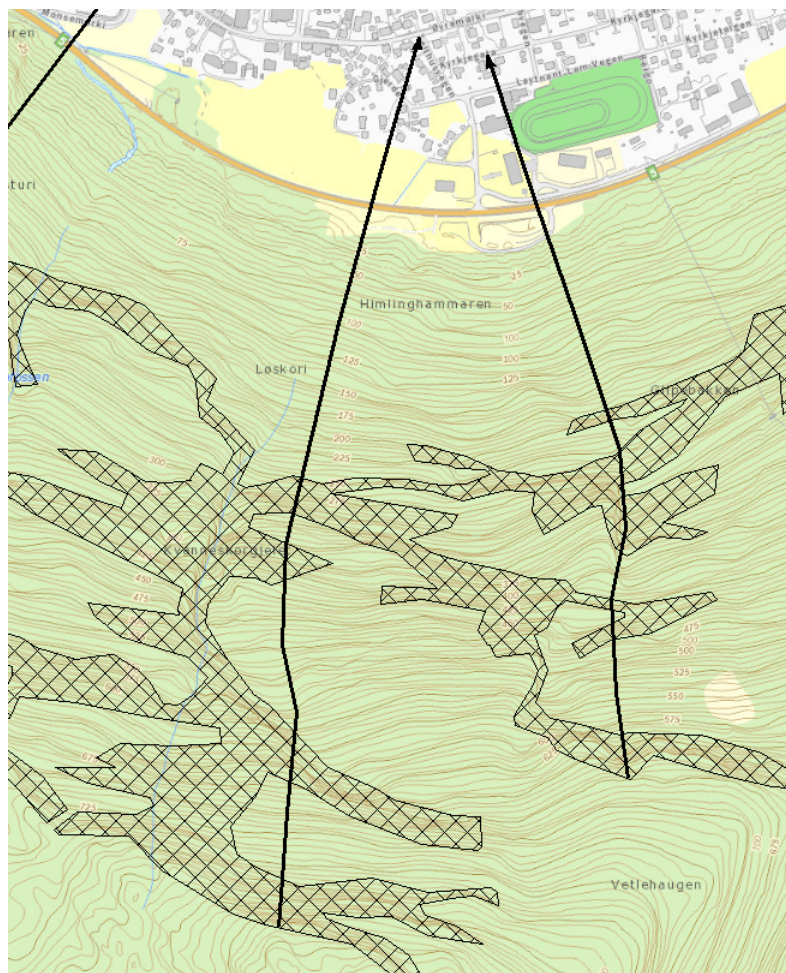
Utløpsdistansens avhengighet av volumet er tydeligst for de største fjellskredene (Figur 21). Figuren forteller at et fjellskred på 1 – 2 million kubikkmeter som løser 500 meter over dalbunnen, kan få en utløpsdistanse på ca 1 km. Erfaring fra norske forhold med mindre fjellskred viser at bevegelsesmotstanden vanligvis er stor og gir kortere rekkevidde enn skredvolumet skulle tilsi ut fra Scheideggers linje.

Utfall i fra Gråberget har en høyde på ca 400m over dalbunnen. Volumestimatet fra lidarscanningen på det største mellom 46 000 – 53 000 m³. En vurdering av rekkevidden ut fra Scheideggers modifiserte utløpsmåling vil etter dette gi et forhold mellom høyden til utfallet og utløpet lik $H/L = 0,7 - 0,8$. Dette betyr i praksis at de største utfallene kan nå ca 500 – 570 m horisontalt målt ut fra utfallets topp. Dette gir en rekkevidde et sted mellom hovedvegen og nordre ende på det grå hovedbygget til Einemo AS. Det er selvsagt stor usikkerhet i denne vurderingen og vi bruker en modell for rekkevidde til fjellskred som er ment for større volum enn vi har her.

For mindre steinsprang har vi vurdert rekkevidden basert på feltobservasjoner, tolking av terreng og utløsningsområder samt informasjon fra lokalt hold. I tillegg har vi sett på en dynamisk modell (Rockyfor3D) for rekkevidden av steinsprang. Resultatet av beregningene er vist i Vedlegg D, Kart 02. Beregningene alene kan ikke brukes for å vurdere rekkevidden. Rekkevidden vist på Kart 02 er sammenholdt med en vurdering av sannsynlighet for utfall fra de forskjellige skrentene. Eksempelvis der utfallshyppigheten antas å være 1/10 eller hvert 10 år i gjennomsnitt, vil dette sammen med den beregnede rekkevidden til 1% av steinblokkene (en stein hvert 100 år) gi en sannsynlighet på 1/1000. Dette samsvarer med sikkerhetsklasse S2 i TEK10.

Faresonen er i tillegg skjønnsmessig justert ut fra det andre inntrykk fra feltarbeidet. Som en tilleggskontroll på rekkevidde har vi ved noen profiler i fjellsiden testet

Rocfallmodellen og vurdert rekkevidde med denne modellen i tillegg. Beregningene er arkivert og kan leveres om ønskelig.



Figur 22. Rekkeviddeberegning med Rocfall på profilet til høyre gav en rekkevidde på ca 100m forbi kote 5 (øst for vegen). Dette tilsvarer en ytre rekkevidde litt sør for bebyggelsen. Skraverte felt på figuren viser løsneområdene i beregningen med Rockyfor3D.

9.2 Sørpeskred

Det nesten 2 km² store nedslagsfelt på fjellplatået kan få stort smeltevannsbidrag fra snøsmelting og regn vinterstid. Dette kan drenere ut via to myrer og føre til sørpeskred. Vi er ikke kjent med slike hendelser så sørpeskred kan være sjeldne hendelser. Vi kan ikke se bort fra at dette kan skje og har utført en vurdering av konsekvensen om slike skred skulle inntreffe og hvilke konsekvenser dette kan ha nede i dalbunnen. Selv om området har beskjedne nedbørmengder viser målinger og analyser at det ikke kan utelukkes situasjoner med mye nedbør og snøsmelting. Andre steder på vestlandet oppleves situasjoner med snøsmelting, regnvær som fører til sørpeskred, flomskred i bekkeløp og jordskred i fjellsidene.



Beregningene viser at skredet kan dele seg i to løp høyt oppe i fjellsiden hvor bekkeløpet ikke er så godt definert og i tillegg komme ned i dalbunnen litt øst for bekken (Vedlegg D, kart nr 03). På bildet i Figur 23 ligger issvullene ganske brede i øvre del av fjellsiden hvor sørpeskredet kan bre seg ut.

Figur 23. I øvre del kan sørpeskred bre seg noe ut og komme ned i to separate løp som vist på Kart nr 3.

9.3 Snøskred

Fjellsiden øst for Lærdalsøyri har noen mindre bratte flater uten skog hvor snøskred kan løsne og gå ned fjellsiden. Utløsningsområdene er små og skred vil gå inn i skogen like nedenfor utløsningsområdene. Så lenge skogen blir stående i fjellsiden vil eventuelle snøskred møte mye motstand på sin veg ned fjellsiden og stanse opp i foten av fjellsiden og ikke gå vesentlig ut på den flate dalbunnen.

Der er også en forutsetning for å redusere muligheten for skred at skogen blir stående oppe på plataet og på ryggen som går ned mot øst fra Storehaugen og ned Erisåsen ned til Seklepp.

10 Referanser

Sørpeskred:

1. Johannesson, T., Gauer, P., Issler, D., & Lied, K. The design of avalanche protection dams, Recent practical and theoretical developments. Brussels: European Commission. 2009.
2. NGI. Sikring av bebyggelse og infrastruktur mot sørpeskred.-Oppsummering etter møter og befaring 18.-20.04.2012. Rapport nr. 20120323-00-1-R. NGI.
3. Klatrehøgder av skred på krumma leievoll. Rapport nr. 581200-36. 2002.
4. 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**(1–2), 1–14.

Steinsprang:

1. Dorren, L.K.A., 2012. Rockyfor3D (v5.1) revealed - [Transparent description of the complete 3D rockfall model](#). ecorisQ paper (www.ecorisq.org): 31 p.
2. Domaas, U. (1994). Geometriske metoder for å beregne rekkevidden til steinsprang. *Geometrical methods of calculating Rockfall Range*. EU-prosjekt: "Meteorological factors influencing slope stability and movement type". Norges Geotekniske Institutt, rapport 585910-1.
3. Vernang, T. M., Andersen, R. S. Skred i Fjærland. Tolkning av georadardata for utbredelse av Øyestølskredet. Kandidatoppgave 2001. Ressurs og miljøgeologi. Høgskulen i Sogn og Fjordane. Del av prosjekt "Fjellskred i Sogn og Fjordane" i samarbeid med Fylkeskommunen, NGU og HSF.

Fjellskred

1. Bård Romstad*, Carl B. Harbitz**, Ulrik Domaas**, Lars Harald Blikra***. Lakes at risk: A bottom-up approach to rock slide hazard assessment. ScanGIS 2007. Ås, Norway. The 11th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science. *Dept. of geoscience, University of Oslo. **Norwegian Geotechnical Institute. ***Stranda Kommune.
2. B. Romstad^{1,3}, C. B. Harbitz^{2,3}, and U. Domaas^{2,3}, 2009. A GIS method for assessment of rock slide tsunami hazard in all Norwegian lakes and reservoirs. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1–13. ¹Department of Geoscience, University of Oslo, Norway, ²Norwegian Geotechnical Institute, Oslo, Norway, ³International Centre for Geohazards (ICG), Oslo, Norway.

Vedlegg A - Metodebeskrivelse

Innhold

1	Bakgrunn for vurderingene	2
1.1	Terrengmodell	2
1.2	Terreng-, vegetasjons- og klimaforhold	2
1.3	Tidligere skredhendelser	2
1.4	Spor i terrenget	3
1.5	Tolkning av gamle terrengformer	3
1.6	Terrengforhold som påvirker størrelsen og utbredelsen av skred	3
1.7	Modeller for beregning av skredutbredelse	3

1 Bakgrunn for vurderingene

For å vurdere utbredelsen av skred for ulike returperioder har vi benyttet følgende datakilder og metoder:

- Terrengmodell med helningskart
- Terreng-, vegetasjons- og klimaforhold
- Eksisterende skredkart og skredhendelser
- Observasjoner gjort under befaringen
- Tolkning av terrengformer som kan indikere tidligere skredaktivitet
- Observasjon av terrengforhold som kan ha innvirkning på rekkevidden av skred
- Modellverktøy for beregning av rekkevidden til steinsprang er beskrevet under vedlegg B

1.1 Terrengmodell

Terrengmodellen ble opprettet fra 5m høydekurver og eksisterende høydepunkt. Det ble dannet et TIN som igjen ble konvertert til et raster med 5 m oppløsning. Helningen ble tatt direkte fra dette rasteret og har dermed også 5 m oppløsning.

Helningskartene er benyttet til å identifisere mulige kildeområder for de ulike skredtyper, ettersom snøskred gjerne løsner fra terrenghelninger 30-50°, steinskrud fra helninger >45° og jordskrud/flomskred fra terrenghelning 25-45°.

Terrengmodellen er også benyttet som grunnlag for kjøring av beregningsmodellen Rockyfor3D for steinsprang.

1.2 Terreng-, vegetasjons- og klimaforhold

Terrengformene er vesentlige for å identifisere kildeområder og hvilken vei eventuelle skred følger nedover fjellsidene. Terrengformene vil også influere på rekkevidden av skred, for eksempel ruhetsforholdene langs terrenget.

Vegetasjonsforholdene vil ha stor innvirkning på utløsningsområdene for snøskred, idet tett skog vil hindre utløsning. Skog i skredbanen kan også ha effekt på rekkevidden av skred fordi skogen vil ha en bremsende effekt på skredbevegelsen og dessuten redusere med rivning av skredmasser nedover i skredbanen.

Klimaforholdene vil i stor grad bestemme hvor ofte skred blir utløst. For snøskred vil for eksempel dominerende vindretninger være viktig for hvor det legger seg opp snø.

1.3 Tidligere skredhendelser

En viktig basis for faresonekartlegging er å skaffe seg oversikt over tidligere skredhendelser. Dette vil være nyttig informasjon i forhold til å bestemme potensialet for hvor lang rekkevidde skred kan oppnå.

Tidligere skredhendelser er delvis opptegnet i den nasjonale skred databasen utviklet av NGU og som finnes under skredatlas.nve.no. Det finnes ikke rapportert skredhendelser mot bebyggelse i denne databasen, kun skred mot vei. I tillegg har NGI gjennomført skredvurderinger i Gjesdal tidligere (tabell 1 under kap. 2 i rapport).

1.4 Spor i terrenget

Tidligere skredhendelser vil i noen grad kunne observeres ute i terrenget. For eksempel vil spor etter snøskred kunne vises i form av skader på vegetasjonen. Skredblokker vil i de fleste tilfeller bli liggende som vitnesbyrd på tidligere hendelser, men dersom det er innmark kan blokker ha blitt fjernet. Ofte vil det være vanskelig å skille skredblokker ut fra moreneblokker som har blitt transportert med isen.

1.5 Tolkning av gamle terrengformer

Skred som er masseførende slik som jord- og flomskred vil som oftest gi varige spor i terrenget. Det kan enten være erosjonsformer slik som nedskjæringer (raviner) eller avsetningsformer (som regel vifteformet). Utfordringen er å vite hvor gamle disse skredene er, og i hvilken grad de er representative for dagens forhold. I tida like etter siste istid gikk det et stort antall skred under helt andre vegetasjonsforhold med stor vanntilgang grunnet ismelting.

1.6 Terrengforhold som påvirker størrelsen og utbredelsen av skred

Rygger og forsenkninger vil ha en tendens til å lede skredmassene. Utflatinger og bratte partier vil også kunne påvirke rekkevidden ved at skredet tappes for energi. Også grunnforholdene vil ha stor betydning, og steinsprang vil nå lengst når underlaget er hardt (berg i dagen) i motsetning til når bakken er myk (for eksempel myr).

Eksisterende store steinblokker i terrenget vil ha en bremsende effekt på skred. Det samme gjelder for tett skog. Skog i utløsningsområdet vil også kunne påvirke størrelsen av snøskred. Skog vil i tillegg ha en stabiliserende effekt på løsmassedekket fordi røttene vil binde jordmassene sammen.

1.7 Modeller for beregning av skredutbredelse

Beregningsmodeller vil være et viktig supplement når endelig plassering av faregrensene skal foretas. Viktigste kilde til fastsettelse av faregrenser vil være skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befaringen og opplysninger om tidligere skredhendelser. Modellkjøringer vil være et hjelpemiddel for å vurdere om det er behov for justering av grensene.

Modellene vi har benyttet er nærmere beskrevet under vedlegg B med eksempler på resultater fra modellkjøringer vist på kart i noen utvalgte områder.



Vedlegg B - Beregningsmodeller

Innhold

1	Sørpeskred	2
2	Steinsprang	2
3	Referanser	4

1 Sørpeskred

Modellverktøy for beregning av sørpeskredutløp er begrenset. Sørpeskred er mindre utbredt i Alpelandene der utviklingen av modeller i hovedsak skjer. Denne skredtypen forekommer stort sett bare i typiske maritime klimaområder med store nedbørmengder og hyppige mildværsinnslag. Forskning knyttet til sørpeskred har derfor i hovedsak skjedd ved NGI fordi denne skredtypen har større betydning i Norge enn i alpelandene. NGI har i diskusjon med SLF prøvd å tilpasse parametervalget i RAMMS til sørpeskred ved å simulere kjente hendelser der det finnes god fotodokumentasjon med muligheter for å beregne hastighetsforløpet. Foreløpig er kalibreringen av modellen opp mot sørpeskred mangelfull, men resultatene så langt indikerer at RAMMS på sikt kan bli et nyttig verktøy også for å simulere sørpeskred.

I mangel av modeller har vi derfor brukt denne to-dimensjonal modellen for vurdering av utbredelsen av sørpeskred i Lærdal. RAMMS er utviklet i Sveits (Christen m.fl., 2010). Denne modellen har gått gjennom en lang prosess av uttesting og kalibrering mot målinger og observasjoner av snøskred i Alpene. RAMMS er også utviklet som en egen modul for simulering av flomskred. SLF er i gang med å videreutvikle modellen for alle typer skred.

I beregningen av potensielle sørpeskred i fjellet ovenfor Lærdal sentrum har vi benyttet RAMMS-modellen til å simulere utløsningen og bevegelsen oppe på platået hvor skredet starter, bevegelsen nedover fjellsiden hvor terreng og bekkefar er ruglete, samt utbredelsen nede i dalbunnen. For simuleringer av sørpeskredet i Lærdal som er beskrevet som en Voellmy-fluid er følgende verdier benyttet basert på nedbørvurderinger og terrenget lokalt:

- Coulomb friksjons parameter (mot underlaget): $\mu = 0,07$ og 0.15 ,
- Friksjons parameter (i væskestrømmen): $\xi = 100$ og 200 m/s^2 ,
- Bruddhøyde på snødekket = 1 m .

2 Steinsprang

For å beregne rekkevidden av steinsprang har vi benyttet Rockyfor 3D. Rockyfor3D er en modell som beregner utløp av steinsprang (enkelte steinblokker) ved hjelp av deterministiske og stokastiske algoritmer. Modellen kan inkludere interaksjon med vegetasjon og sikringstiltak.

Modellen er utviklet av Luuk Dorren og Frédéric Berger, er beskrevet på www.ecorisq.org/en/products.html og er tilgjengelig for medlemmer av organisasjonen ecorisQ. NGI har et samarbeid med denne organisasjonen og har fått tillatelse til å benytte den både i forsknings- og oppdragsvirksomhet. NGI har jevnlig kontakt med utviklerne og gir tilbakemeldinger på praktisk bruk. Algoritmene i modellen er utviklet gjennom ulike forskningsprosjekt og deler er beskrevet i artikler og presentert på internasjonale konferanser. For en oversikt over artikler, se

www.ecorisq.org. Algoritmene oppdateres regelmessig og informasjon om dette sendes ut til medlemmene i ecorisQ.

Algoritmene er implementert i MATLAB og modellen kjøres ved hjelp av en runtime lisens. Det er ikke tilgang til kildekoden, men modellen er utmerket beskrevet i dokumentet ”Rockyfor3D revealed, Description of the complete 3D rockfall model”, som følger med modellen:
(www.ecorisq.org/docs/Rockyfor3D.pdf).

Begrunnelsen for å bruke Rockyfor3D og ikke en av de andre tilgjengelige 3-D modellverktøy er hovedsakelig at denne modellen trolig er den som best inkluderer interaksjon mellom skog og blokker i bevegelse.

I NGI teknisk notat **20100070-00-3-TN** beskrives de parametere som må inkluderes i modellen:

- Number of simulations per cell
 - o Antall blokker som simuleres fra hver celle i terrengmodellen.
- Additionall fall height
 - o Blokker kan gis ekstra oppstartsenergi ved å gi dem ekstra fallhøyde i starten
- Base data folder
 - o I denne mappen lagres beregningsprogrammet og alle data som eksporteres fra ArcGIS.
- Result data folder
 - o Dette er en mappe som ligger under ”Base data folder” og her lagres resultater fra beregningene (se modellens dokumentasjon for beskrivelse av resultatfiler).
- DEM
 - o Terrengmodellen (raster) som ønskes brukt.
- Analysis area (1 selected)
 - o En polygon som definerer hvilket område beregningene skal kjøres for. En enkelt polygon må være selektert.
- Soil type
 - o Laget med definisjoner for jordbundstypen.
- Release areas
 - o Laget med definisjoner av potensielle utløsningsområder for steinsprang.
- Roughness
 - o Laget med definisjoner av terrengets ruhet.

Vi har i prosjektet benyttet modellen for en fjellside i Øksfjord der steinsprang er dimensjonerende for utbredelsen av faresonen. Vi har benyttet følgende sett med inputverdier mht. utløsningsområdene:

- Blokkstørrelse 2,2 m³ og 10 utfall fra hver celle i utløsningsområdet (1x1 m)
- For beregningene i Lærdal har vi benyttet blokkstørrelser på 4 og 8 m³.

Verdier for bakketype og ruhet er gjort på bakgrunn av observasjoner under feltarbeidet. Skogen står såpass spredt at vi har antatt at den har liten betydning for utløpslengdene.

3 Referanser

- Bozhinskiy, A. N., og Losev, K. S. (1998). *The Fundamentals of Avalanche Science*. Mitteilung 55, Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning WSL-SLF, Davos Dorf, Sveits.
- Cepeda, J.; Chavez, J. A. & Martínez, C. C (2010). Procedure for the selection of runout model parameters from landslide back-analyses: application to the Metropolitan Area of San Salvador, El Salvador *Landslides*, **2010**, 7, 105--116
- 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**(1–2), 1–14.
- Gauer, P.; Kronholm, K.; Lied, K.; Kristensen, K. og Bakkehøi, S. (2010). Can we learn more from the data underlying the statistical α - β model with respect to the dynamical behavior of avalanches? *Cold Regions Science and Technology* **62**, 42–54.
- Hussin, H. Y.; Luna, B. Q.; van Westen, C. J.; Christen, M.; Malet, J.-P. & van Asch, T. W. J. Parameterization of a numerical 2-D debris flow model with entrainment: a case study of the Faucon catchment, Southern French Alps *Natural Hazards Earth System Science*, **2012**, 12, 3075-3090
- Hürlimann, M.; Rickenmann, D.; Medina, V. & Bateman, A. Evaluation of approaches to calculate debris-flow parameters for hazard assessment. *Engineering Geology*, **2008**, 102, 152-163
- Issler, D, Gauer, P., Schaer, M. og Keller, S. (1996). Staublawinenereignisse im Winter 1995: Seewis (GR), Adelboden (BE) und Col du Pillon (VD). Intern rapport IB 694. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.
- Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parametres. *Journal of Glaciology*, 26 (94), 165-177.
- NGI teknisk notat 20100070-00-3-TN: Innføring av steinsprangmodellen Rockyfor3D ved NGI (2012)
- Perla, R.I., Cheng, T.T. og McClung, D.M. 1980. A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion. *Journal of Glaciology* Vol. **26**, No. **94**, 197-207.
- RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.
- Rockyfor3D (v5.0) revealed. Transparent description of the complete 3D rockfall model
- Schaerer, P. A., and Salway, A. A. (1980). Seismic and impact-pressure monitoring of flowing avalanches. *Journal of Glaciology* **26**(94), 179–187.





Vedlegg C - GPS-logg og befaringsrute med markeringer






Innhold






1	GPS-logg	2
2	GPS-rute med markeringer (Kart 05)	5



1 GPS-logg

GPS-logg fra feltarbeid 14.2.2014 Lærdalsøyri

Waypoint-GPS	Sted	Kommentarer	Fotoutsnitt for referanse
385		To skrenter, mulighet for større utfall. Utfall kommer ned i vegkrysset Rv 5 og Sjukehusvegen	
370	SV for tomt 29/85	Moreneblokker, delvis utvasket. Hovedsakelig svaberg ovenfor, få synlige skrenter	
371	SV for tomt 29/85	Blokk 1,5 m ³ . Kan være steinsprang. Ligger inntil trestamme.	
372		Blokk 1,5 m ³ . Kantet form, kan være steinsprang. Ikke langt fra veggen.	
373		Rydningmurer ovenfor Rv 5.	
374		Nedenfor fersk steinsprangområde. Blokkene har stoppet i ura under og noen har gått videre men ikke ned til Rv 5. Noe mer løst berg, mindre volum, flere avsatser nedenfor ura som bremser opp steinsprang. 30° ned til gps-punkt.	

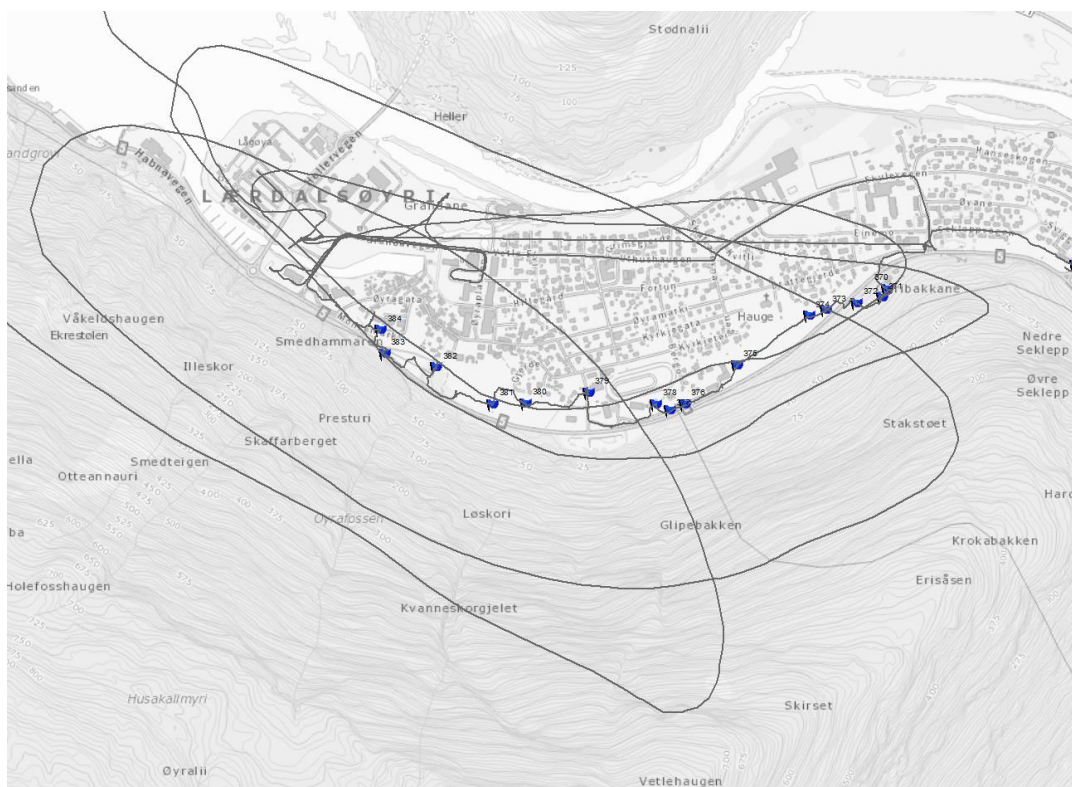
375	31/552	<p>Ansamling av flere større blokker (ca 20 m³) ovenfor Rv 5. 31° helningsvinkel mellom utløsnings-området og brannstasjonen.</p>	
376	31/308 Røde kors. 45/93 Trafo	<p>Overheng under (kraftledning, 3 master), små utfall mulig.</p> <p>Blokk ved mast mellom Trafostasjon og Røde Kors hytta på motsatt side av veien.</p> <p>Lite bratt utløsningsområde for snøskred og issvuller.</p>	  
377		<p>Ser opp på større skrent (Gråberget). Anslått under befaring til ca 50 000 m³ (må vurderes nøyere).</p>	

378	45/88	MC-klubbhus. 35° til stor skrent midt i fjellsiden (Gråberget). 39° opp til topp øverste skrent i fjellsiden.	
379	31/706	30° fra midt Gråberget og ned til fra GPS-punkt ved nedbrent industribygg.	
	31/126	Nedbrent bolig like vest for industritomt	
380		Mindre utfall mulig fra øverste skrentsone	
381	31/80-90 gjerde	Mindre skredblokk 0,5m ³ på jorde ved GPS-punkt (1x1x0,5m ³).	
382	28/115 og på begge sider	Flomskredvifte utenfor Øyrafossbekken, ca 3m tykk avsetning. Synlig på kotekartet. Eldre flomskred, ikke kjent historisk. Bekk er lagt i dyp grøft mot vest (foto). Flere store steinblokker inntil Rv 5. Steinskred kom ned en gang i tiden 1940-45.	 

383		<p>Steinblokker på begge sider av vegen. Eldre blokk ytterst 4x4x3m³. To blokker i veggroft kom ned for 7 år siden (~2007).</p>	
384		<p>Ur ned ved trelastlager. 34° til topp skrent midt i fjellsiden. 31° fra stolpe ved to eldre boliger (hvitt og rødt hus).</p> <p>Hvitt hus øst for Esso-stasjonen fikk steinblokk ned i hagen (år ikke kjent).</p> <p>Skrent ovenfor Esso-stasjonen har seget litt (foto).</p>	

2 GPS-rute med markeringer (Kart 05)

Kartutsnitt som viser helikopterrute og feltarbeid til fots med markeringer. Utsnitt nedenfor i mer detalj med tydeligere nummer på markeringene.





Vedlegg D - Kartoversikt

Innhold

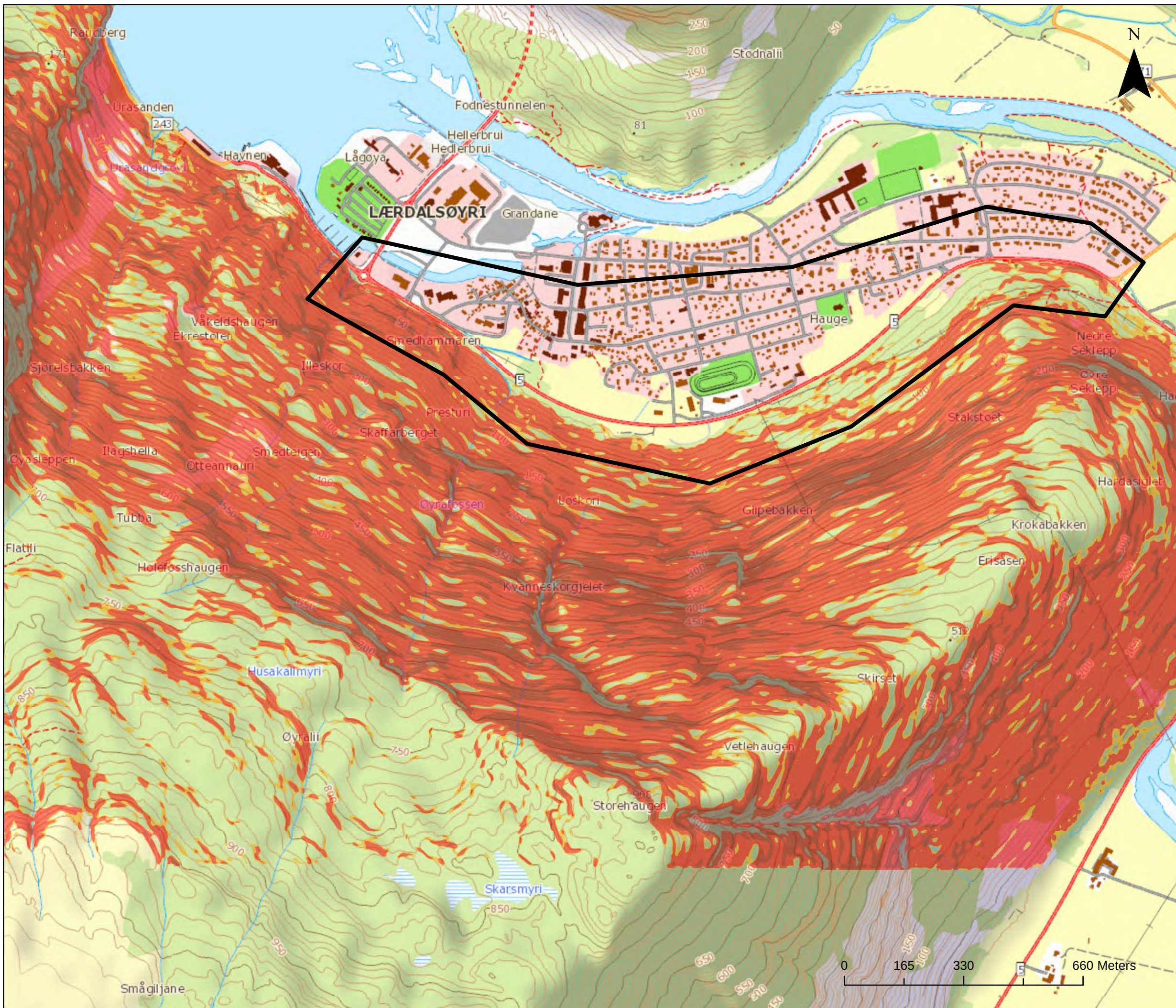
Kart 01 – Helningskart Lærdalsøyri

Kart 02 – Beregning med Rockyfor3D steinsprang

Kart 03 – Beregning av sørpeskred med RAMMS

Kart 04 – Faresonekart Lærdalsøyri

Kart 05 – GPS rute i helikopter og med markeringer til fots knyttet til logg



Tegnforklaring

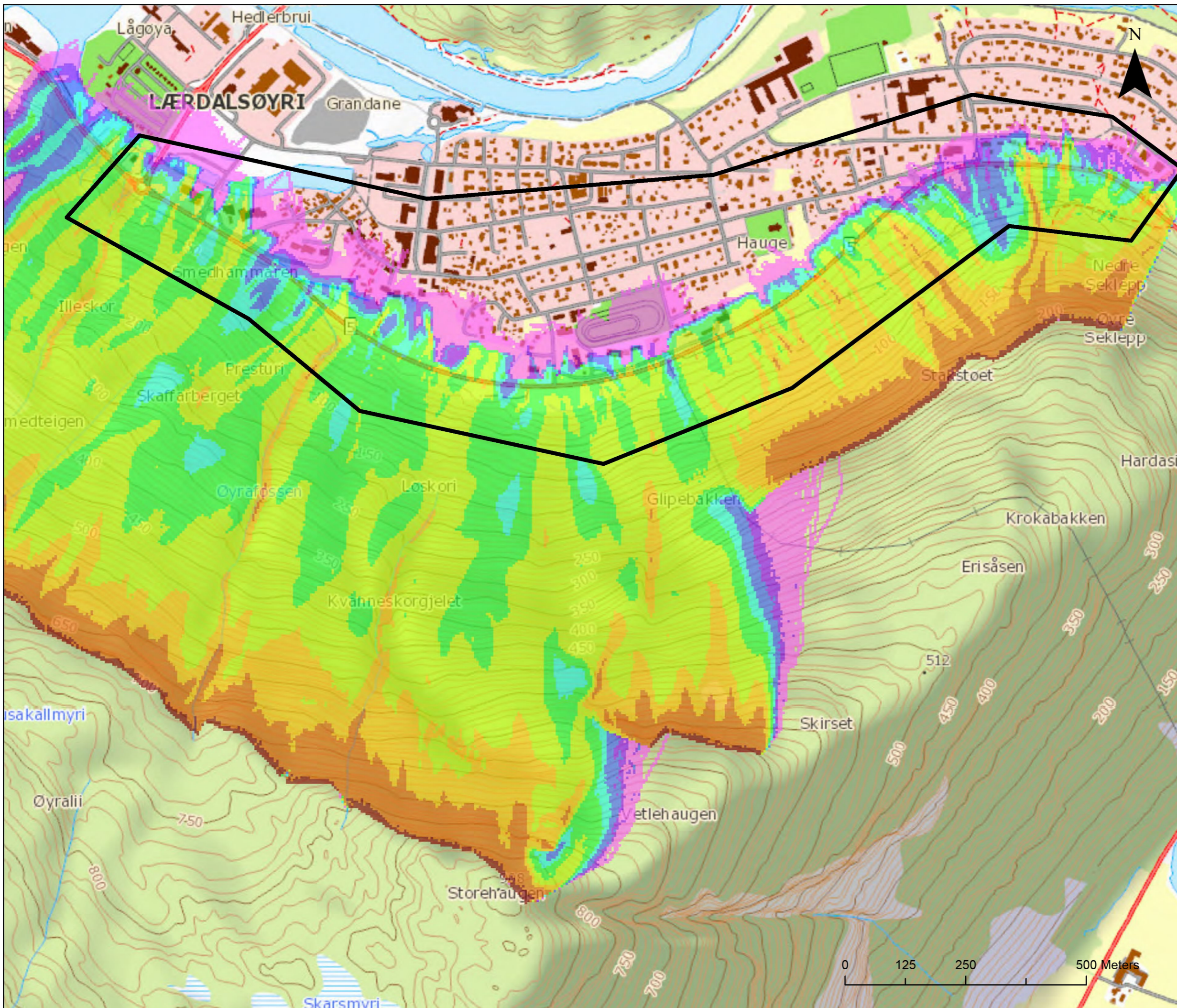
Kartlagt område

Bratte områder

- 0° - 27°
- 27° - 30°
- 30° - 45°
- 45° - 60°
- 60° - 90°

Målestokk (A3): 1:10 000

NVE Region Vest		
Lærdalsøyri	Prosjektnr. 20140189-01-R	Kart nr. 01
Helningskart	Utført UD	Dato 2014-02-27
	Kontrollert HHH/PG	
Godkjent UD		



Tegnforklaring

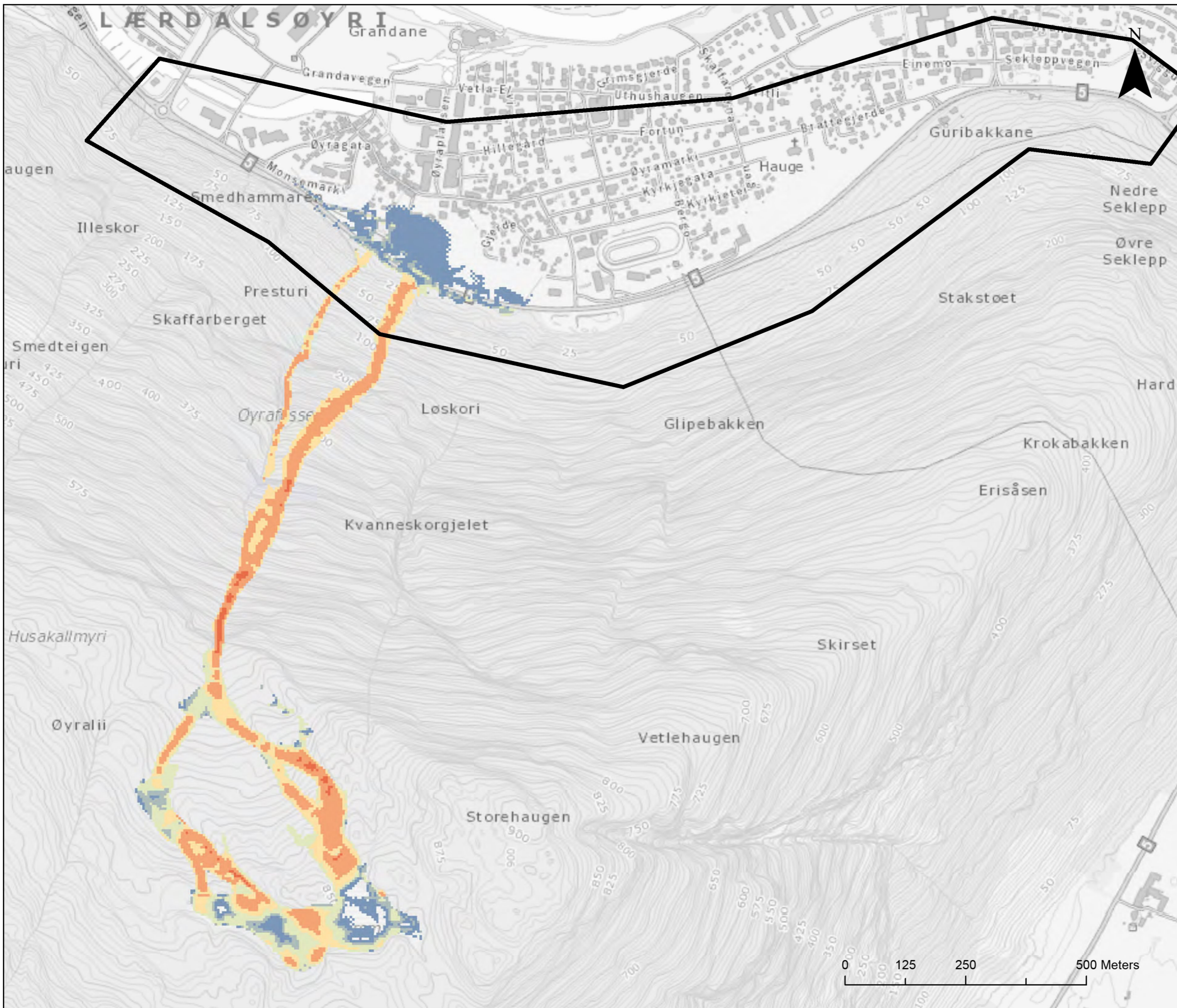
Kartlagt område

8 kbm blokker Sanns.










- 0 - 0.001
- 0.0011 - 0.19
- 0.2 - 0.29
- 0.3 - 0.59
- 0.6 - 1
- 1.1 - 2
- 2.1 - 5
- 5.1 - 10
- 11 - 50
- 51 - 100

Målestokk (A3): 1:7 500


NVE Region Vest		
Lærdalsøyri	Prosjektnr. 20140189-01-R	Kart nr. 02
Steinsprangmodell Rockyfor3D. Rekkevidde av utfall fra skrentene i fjellsiden. Relativ sannsynlighet. Forklaring i tekstdel til rapport.	Utført UD	Dato 2014-02-27
	Kontrollert HHH/PG	
	Godkjent UD	

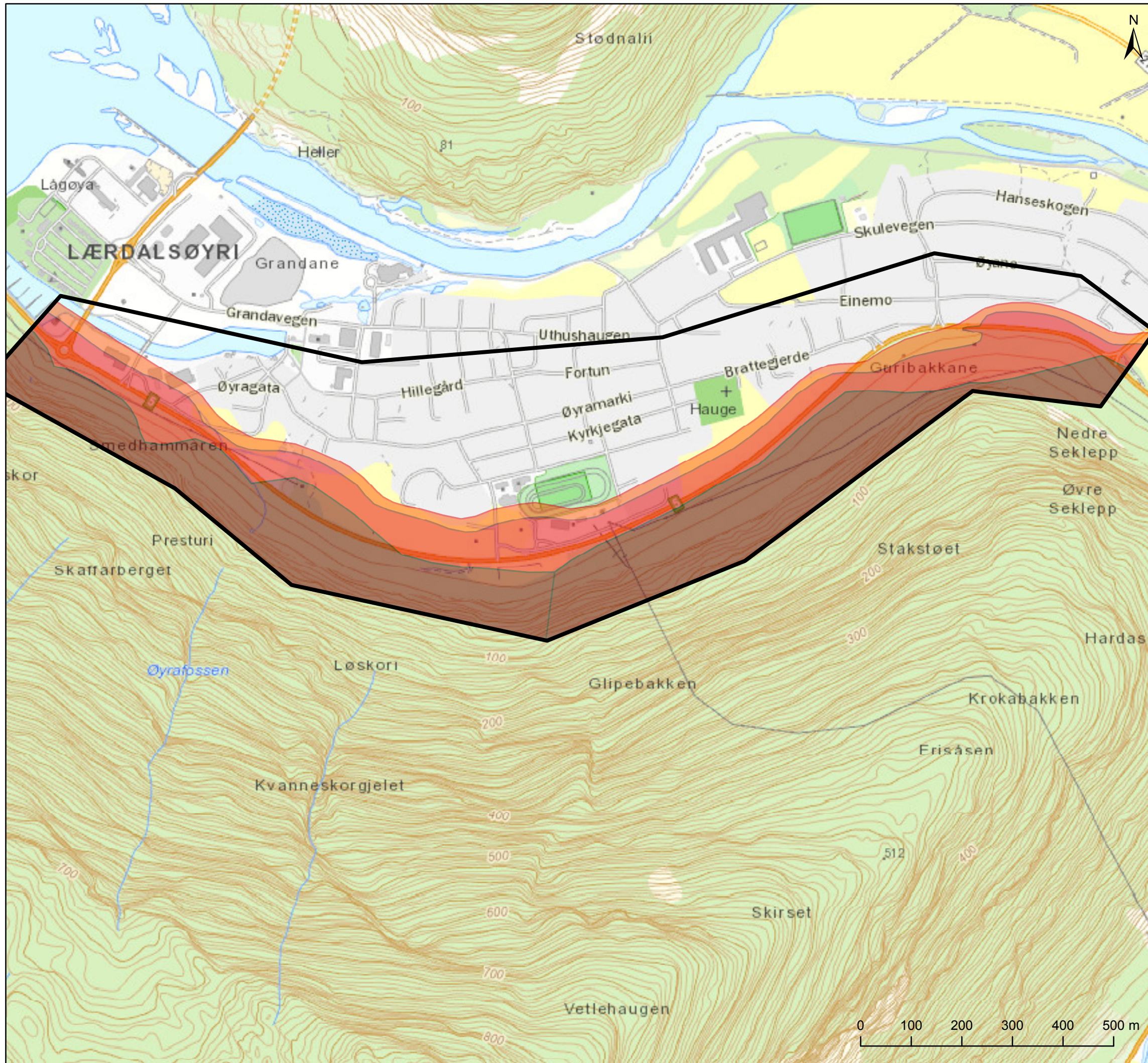


Legend

-  Kartlagt område
- Sørpeskred RAMMS**
-  0 - 0.1
-  0.100000001 - 0.5
-  0.5 - 1
-  1.000000001 - 2
-  2.000000001 - 3
-  3.000000001 - 5
-  5.000000001 - 7
-  7.000000001 - 10

Målestokk (A3): 1:7 500

NVE Region Vest		
Lærdalsøyri	Prosjektnr. 20140189-01-R	Kart nr. 03
Sørpeskred skredbane og utbredelse. Program: RAMMS Forklaring i Vedlegg A	Utført PG	Dato 2014-02-27
	Kontrollert PG/UD	
	Godkjent UD	



Tegnforklaring

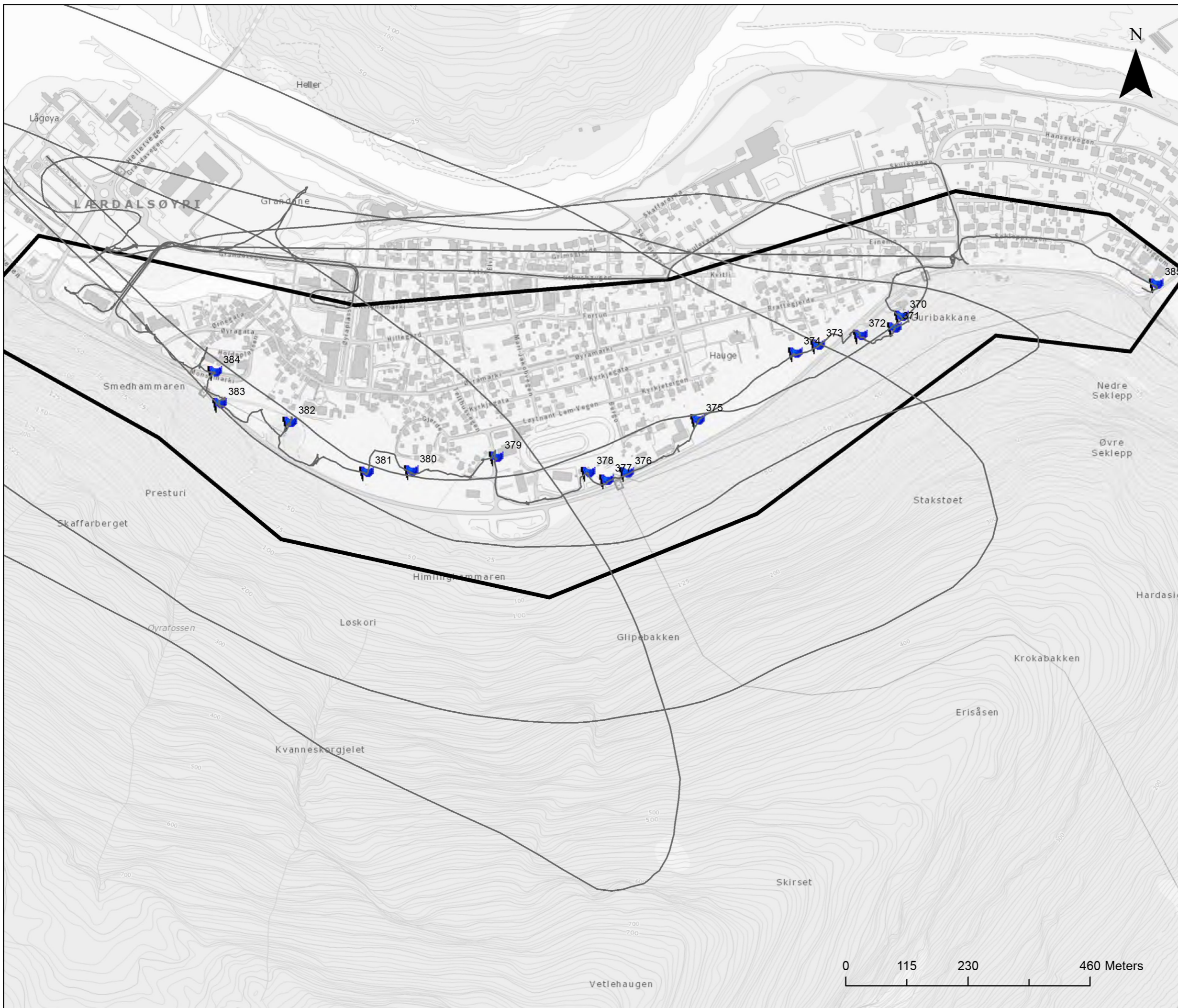
Kartlagt område

Faresone

Nominell årlig frekvens

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

NVE Region Vest		
Lærdalsøyri	Prosjektnr 20140189-01-R	Kart nr. 04
Faresoner for skred, revidert.	Utført KEK	Dato 2014-11-28
	Kontrollert UD	
	Godkjent UD	
Målestokk (A3): 1:7 500		

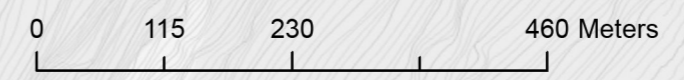


Tegnforklaring


 Kartlagt område

SYMBOL

 Flag, Blue



Målestokk (A3): 1:6 817

NVE Region Vest		
Lærdalsøyri	Prosjektnr. 20140189-01-R	Kart nr. 05
Sørpeskred skredbane og utbredelse. Program: RAMMS Forklaring i Vedlegg A	Utført PG	Dato 2014-02-27
	Kontrollert PG/UD	
	Godkjent UD	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information													
Dokumenttittel/Document title Lærdal kommune – NVE Region Vest. Skredfaresonering i Lærdalsøyri						Dokumentnr./Document No. 20140189-01-R							
Dokumenttype/Type of document Rapport/Report		Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited				Dato/Date 4. juli 2014		Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 0					
Oppdragsgiver/Client NVE Region vest													
Emneord/Keywords Steinskred, steinsprang, sørpeskred, snøskred, flomskred													
Stedfesting/Geographical information													
Land, fylke/Country, County Sogn og Fjordane						Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Lærdal						Felt navn/Field name							
Sted/Location Lærdalsøyri						Sted/Location							
Kartblad/Map						Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates													
Dokumentkontroll/Document control													
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001													
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision					Egen- kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument					UD		FS					
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release					Dato/Date 4. juli 2014			Sign. Prosjektleder/Project Manager Ulrik Domaas					

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

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

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

www.ngi.no

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

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

www.ngi.no



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

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

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

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

ngi@ngi.no
www.ngi.no

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

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

