



Statens vegvesen

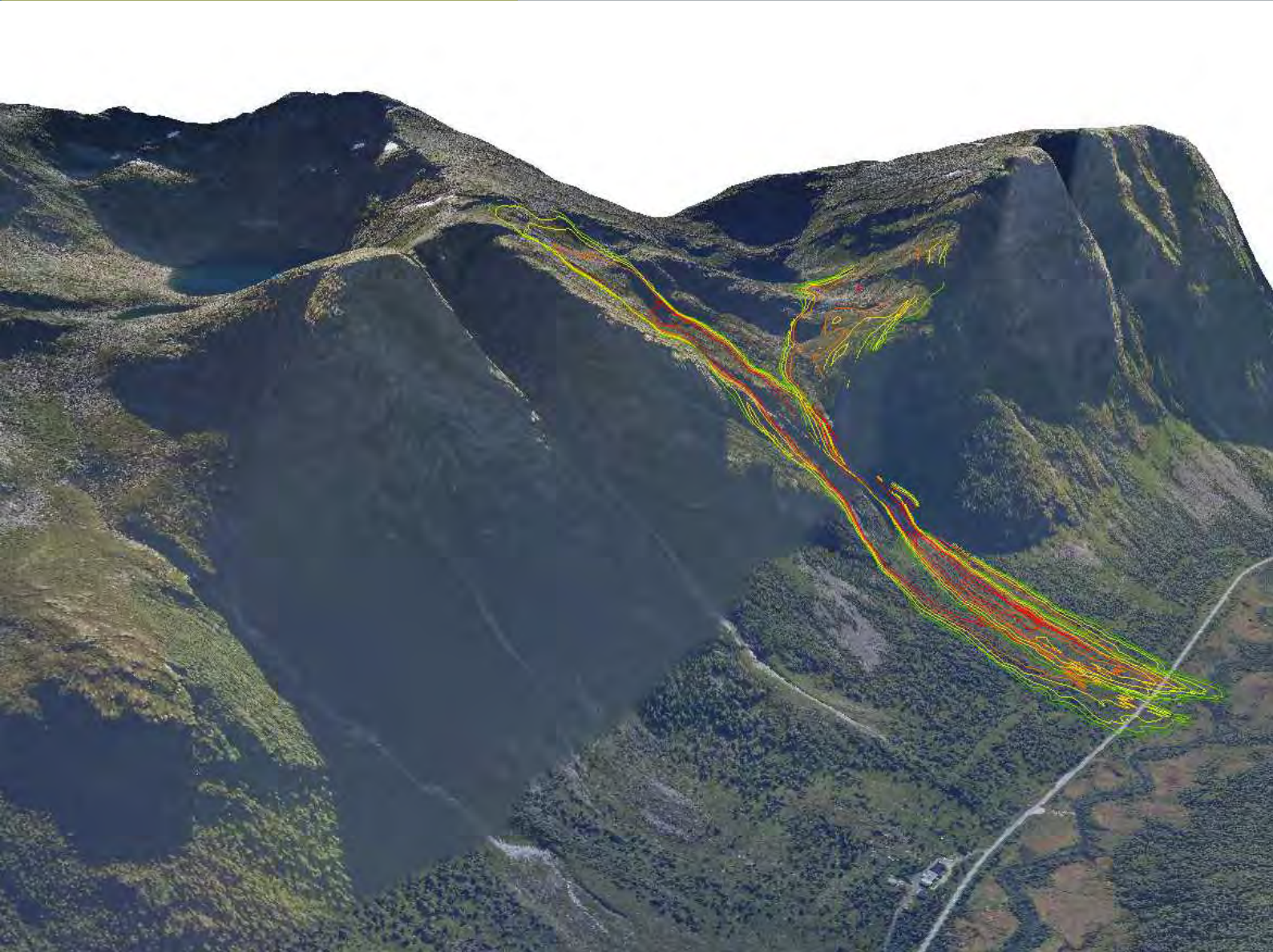
Simulering av snøskred mot fv. 60 Røyr – Herdalen

Test av programvaren Elba+ og innspill til reguleringsplan

VD rapport

Vegdirektoratet

Nr. 31



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Geoteknikk og skred
20-05-2011

VD rapport

Tittel

Simulering av snøskred mot fv.60 Røyr-Herdalen

Undertittel

Test av programvaren Elba+ og innspill til reguleringsplan

Forfatter

Knut Inge Orset

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

Rapportnummer

Nr. 31

Prosjektleder

Jan Otto Larsen og Tore Humstad

Emneord

snøskredsimulering, skredsikring, elba+, strandadalen, røyr, herdalen

Sammendrag

Rapporten beskriver uttesting av snøskredsimulering i programvaren Elba+ og gir innspill til skredsikring av strekningen fv. 60 mellom Røyr og Herdalen i Stranda kommune.

Skredsimuleringen viser at det i de fleste tilfeller lar seg gjøre å tilbakekalkulere tidligere kjente snøskred. Registreringsperioden er om lag 30 år og detaljkunnskapen om det enkelte skred er begrenset. Det er ved innspill til reguleringsplanen tatt utgangspunkt i et ønske om å dimensjonere mot de største skredhendelsene som hittil er kjent, dvs. skred med 30 års gjentakintervall.

Det vil være en del usikkerheter både i datagrunnlaget og i valg av parametere i simuleringen, men simuleringen gir et godt teoretisk supplement til lokalkunnskap, praktisk erfaring og den generelle skjønnsmessige vurderingen som gjøres.

Antall sider 24

Dato 20-05-2011

VD report

Title

Simulation of snow avalanche towards county road 60 Røyr-Herdalen

Subtitle

Test of Elba+ software and input to avalanche protection plan

Author

Knut Inge Orset

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Section

Geoteknikk og skred

Project number

Report number

No. 31

Project manager

Jan Otto Larsen and Tore Humstad

Key words

snow avalanche simulation, avalanche protection, elba+, strandadalen, røyr, herdalen

Summary

The report describes testing of the avalanche simulation software Elba + and provides input to avalanche protection works on county road 60 between Røyr and Herdalen in Stranda in Møre and Romsdal county.

The simulation shows that, in most cases, it is possible to back-calculate well-known historical avalanches. The avalanche register is about 30 years and detailed knowledge of the individual avalanche path is limited. The input to the plan is based on a desire to dimension towards the biggest avalanche events so far known, i.e. slides with 30-year return periods.

There will be some uncertainties in both the register and the choice of parameters in the simulation, but the simulation provides a good theoretical supplement to local knowledge, practical experience and overall subjective assessment to be made.

Pages 24

Date 20-05-2011

Innholdsliste

1	INNLEDNING	2
2	FORUTSETNINGER FOR SIMULERINGEN	5
3	SIMULERINGSMETODE	6
4	SIMULERING AV DE ULIKE SKREDBANER	7
4.1	NAKKEFONNA	8
4.2	VASSFONNA	9
4.3	RØYRFONNA.....	10
4.4	SLEDALSFONNA.....	12
4.5	SMÅSKREDA	13
4.6	HERDALSNIFFA.....	13
4.7	ROBBANE	14
5	VURDERINGER OG ANBEFALINGER	16
5.1	NAKKEFONNA	16
5.2	VASSFONNA	17
5.3	RØYRFONNA.....	18
5.4	SLEDALSFONNA.....	19
5.5	SMÅSKREDA	19
5.6	HERDALSNIFFA.....	20
5.7	ROBBANE	20
5.8	OPPSUMMERING AV SIKRINGSTILTAK	21
6	OPPSUMMERING	23
7	REFERANSER	24

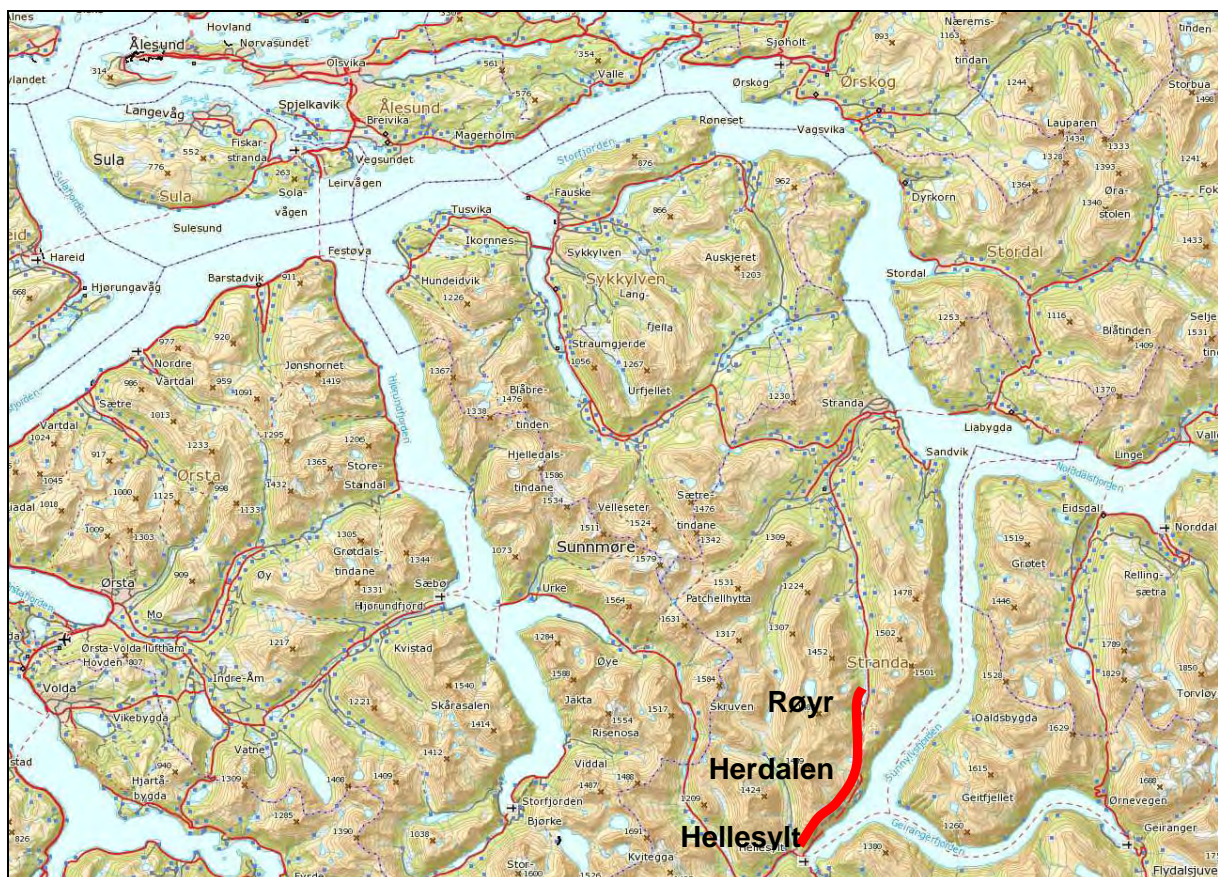
VEDLEGG:

- Vedlegg 1 Parameterverdier
- Vedlegg 2 Kart over skredutbredelse og hastighetskoter
- Vedlegg 3 Kart over skredavsetninger

1 Innledning

Fv. 60 Røyr-Hellesylt ligger i Stranda kommune i Møre og Romsdal (se figur 1). Vegen er en viktig samferdselsåre mellom indre Sunnmøre og Nordfjord, spesielt vinterstid når flere andre veger i området er vinterstengt. Vegen ble åpnet i 1962 og har hver vinter vært stengt på grunn av skred eller skredfare. Strekingen inngår i et pågående skredsikringsprosjekt mellom Hellesylt og Røyr som ble startet opp i 2009. Prosjektet er delt inn i 3 byggetrinn som hovedsakelig omfatter nye tunneler og utbedring av vegen fra Hellesylt sentrum og til Herdalen.

Statens vegvesen samarbeider med Stranda kommune om detaljregulering for fv.60 på strekingen Røyr - Herdalen. Målet er å gi hjemmel for å kunne bygge skredsikringstiltak og/eller deponiområde for tunnelmasser fra skredsikringen som skjer ved hjelp av tunnelbygging mellom Herdalen og Hellesylt. Reguleringsplanen baserer seg på kommuneplan for fv.60 Røyr – Hellesylt. Det er et mål at reguleringsplanen skal godkjennes i kommunestyret i løpet av 2011 slik at tiltaket kan bli realisert i forbindelse med tunneldrivingen mellom Herdalen og Hellesylt i byggetrinn 2.



Figur 1. Oversiktskart over indre Sunnmøre. Aktuell vegstrekning tegnet inn med rødt.

Geoteknikk- og skredseksjonen i Vegdirektoratet er bedt om å vurdere om overskuddsmasser fra tunnelbyggingen kan brukes til skredsikring mellom Herdalen og Røyr istedenfor for å bli transportert til deponi nærmere Stranda sentrum. Den aktuelle skredsikringen omfatter 7 skredløp mellom hovedparsell 12 og 14 på fv. 60 (se figur 2) beskrevet i Rassikringsplan for Region midt (Statens vegvesen, 2008). Det er ikke satt av midler til sikring av denne strekingen utover de besparelser som blir gjort med kortere transport av tunnelmasser.

Formålet med denne rapporten er todelt. For det første skal den komme med innspill til ny reguleringsplan der tunnelmasser blir brukt for å gi best mulig skredsikring av strekningen Røyr - Herdalen. Der sikring ved hjelp av tunnelmasser antas å ikke gi tilstrekkelig sikring, vil alternative løsninger foreslås. For det andre ønsker Vegdirektoratet å teste ut ny programvare for snøskredsimulering for å vurdere hvordan slike verktøy skal brukes når fremtidige vegstrekninger skal sikres. Dersom verktøyet gir gode resultater vil det i tilfelle være et godt supplement til lokalkunnskap og erfaring med dimensjonering av sikringstiltak.

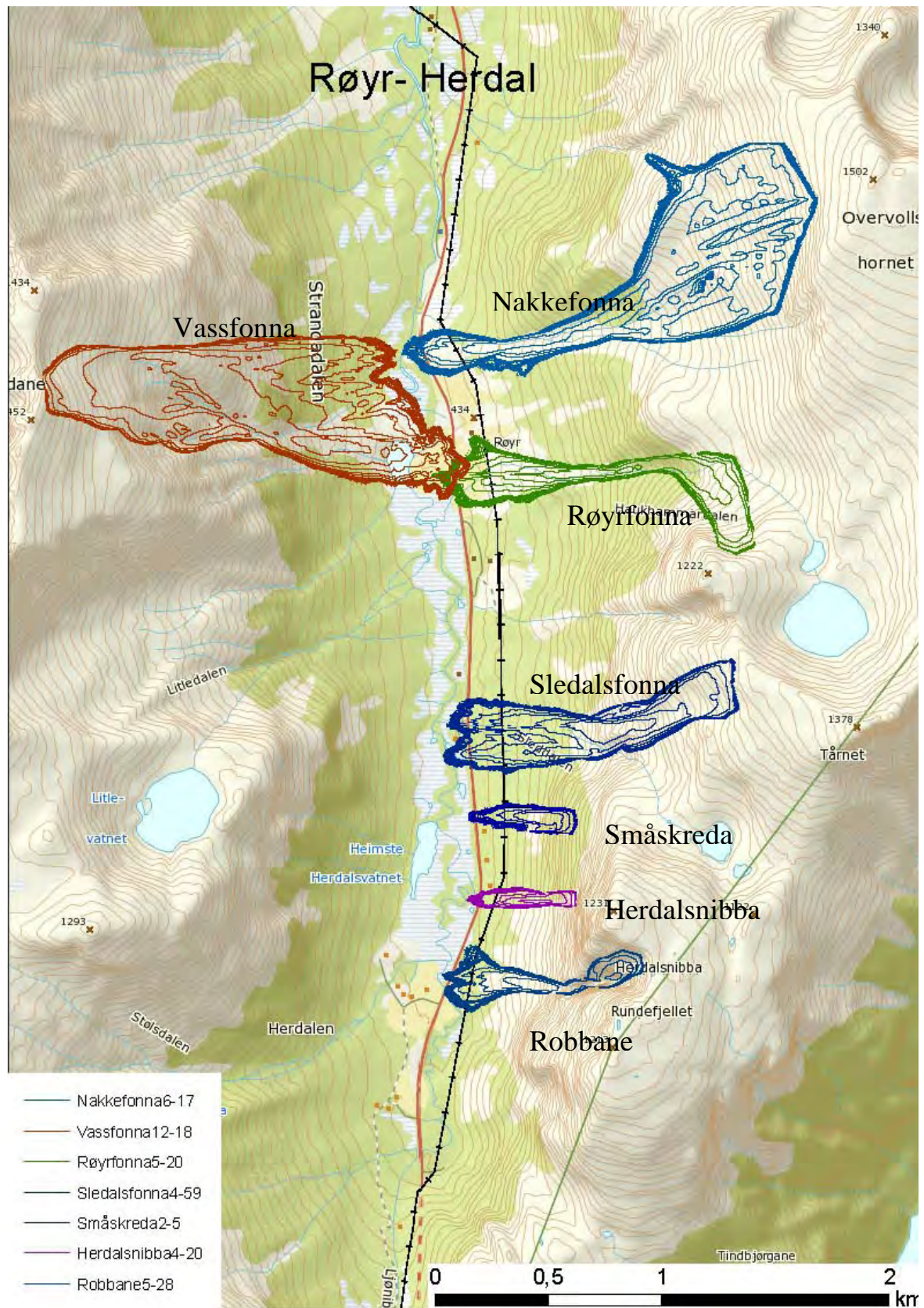
Rapporten inneholder informasjon om de ulike skredløp og skredtyper. Denne er stort sett hentet fra Rassikringsplanen. Videre gjennomgås parametervalg som må gjøres sammen med en beskrivelse av prosessen ved å kjøre simuleringer.

De anbefalte sikringstiltakene legger simuleringene av skredets hastighet til grunn for dimensjonering.

De foreslåtte tiltakene som er skissert i denne rapporten, tar utgangspunkt i å oppnå en sikrest mulig veg så langt dette lar seg gjøre med de massene som er tilgjengelige, dvs. uten å bygge tunnel/overbygg.

Rapporten vil kunne brukes i prosjektet som et grunnlag for prioriteringer med hensyn til økonomi og bruk av masser for de enkelte skredløp.

Rapporten er utarbeidet av Knut Inge Orset og kvalitetssikret av Jan Otto Larsen og Tore Humstad



Figur 2. De aktuelle skredløp på strekningen mellom Røyr og Herdalen.

2 Forutsetninger for simuleringen

Bakgrunnsinformasjon fra de ulike skredløp baserer seg i hovedsak på skredpunktene slik de er definert i Rassikringsplanen for Region midt (Statens vegvesen, 2008). I tillegg er det gjort befaringer langs vegen høsten 2010 og våren 2011. Det har i tillegg vært innhentet informasjon fra lokalkjente (Bjørddal, pers.komm., 2011). Som dimensjonerende skred er det valgt største registrerte skredutbredelse i Rassikringsplanen, som går tilbake til 1976, og ikke tilbake til 1962 da vegen ble åpnet. Der det finnes tilleggsinformasjon fra tidligere hendelser, er disse også tatt med. Disse hendelsene er deretter tilbakekalkulert i simuleringsprogrammet for finne realistiske verdier for løснеområde og snømengde, og ut fra dette er det gjort simuleringer av hastighet og volum for skredmasser. Det er med andre ord tatt utgangspunkt i et ønske om å sikre mot de største skredene en kjenner til fra perioden etter 1976. I denne forutsetningen ligger det at en må ta høyde for at historien ikke beskriver den hele og fulle sannheten om potensialet for nye snøskred, og at en derfor må akseptere en viss usikkerhet hva gjelder sikringseffekten.

Det er registrert totalt 18 snøskred over vegen for de sju simulerte skredløp. Med så få skredregistreringer og kort registreringsperiode, må en anta at de dimensjonerende skredene det her er tatt utgangspunkt i, vil ha svært ulikt gjentakelsesintervall. Noen har kun vært 10-årsskred, mens andre kan ha vært 100-årsskred. Det må derfor tas høyde for at forutsetningene kan endre seg og at foreslåtte tiltak bør endres/utvides dersom ny informasjon vil foreligge.

De fleste skred som treffer vegen er tørre flakskred. For noen skredløp er dette godt beskrevet i Rassikringsplanen, mens det er minimal informasjon fra andre skredløp. Ved hjelp av en nettportal for vær- og klimadata, www.senorge.no, kan en finne historisk vær- og snøinformasjon med døgnoopløsning. Dette er for en del skred et godt hjelpemiddel for å anslå type skred og til dels snømengde i løснеområdet. Foreløpig er ikke historiske vinddata tilgjengelige på www.senorge.no, noe som kombinert med nedbør er de viktigste faktorene for flakskred. Der skreddato mangler, er det få muligheter til å bruke værparametere i vurderingen av de enkelte skredløp.

Detaljert beskrivelse av skred som berører veg blir meldt inn av entreprenørene gjennom Statens vegvesen sitt R11-skjema. Denne registreringen gir god informasjon om konsekvensen av skredet for vegen, men dessverre lite informasjon om løśnieområdet, spesielt for strekninger med høye fjell der løśnieområdene ikke er synlige fra vegen. For skredløpene mellom Røyv og Herdalen vet en derfor lite om de enkelte løøgneområder, både når det gjelder høyde, størrelse og eksposisjon. Ved hjelp av helningskart kan løøgneområder antas omtrentlig for bruk i simuleringene. Ortofoto er også til god hjelp for å finne mindre terrengformer og naturlige avgrensninger som skadet skog og vegetasjon.

3 Simuleringsmetode

Skredsimuleringsprogrammet Elba+ leveres av østerrikske NiT Technisches Büro GmbH og har vært brukt som verktøy for å beregne utløpsdistanser, hastigheter og skredvolum siden midten av 90 tallet. Programmet er et tillegg til ArcGIS og benytter seg stort sett av de prosjektfilene som blir generert her. I tillegg genererer Elba+ en Access database der en del filer blir kopiert inn. For å holde orden på filsettene er det lurt å begrense hver database og hvert ArcGIS prosjekt til hver enkelt skredbane.

Terrengmodellen som benyttes, er basert på beste tilgjengelige høydedata for området, i dette tilfellet 5 m koter i lavlandet opp til ca 600 m og 20 m koter høyere opp. Terrenget blir derfor noe utjevnet opp i løsneområdene som vanligvis ligger over 600 moh. På grunn av at snøfall og vind glatter ut det eksisterende terrenget i løpet av vinteren, antas det likevel at oppløsningen i kartgrunnlaget i seg selv gir små feil i simuleringene. Terrengmodellen blir importert til Elba+ som et 5 m rutenett (grid) for alle skredløp. De ulike løsneområdene blir testet grovt som første trinn for å finne riktige skredbaner i fornuftige helninger og eksposisjoner.

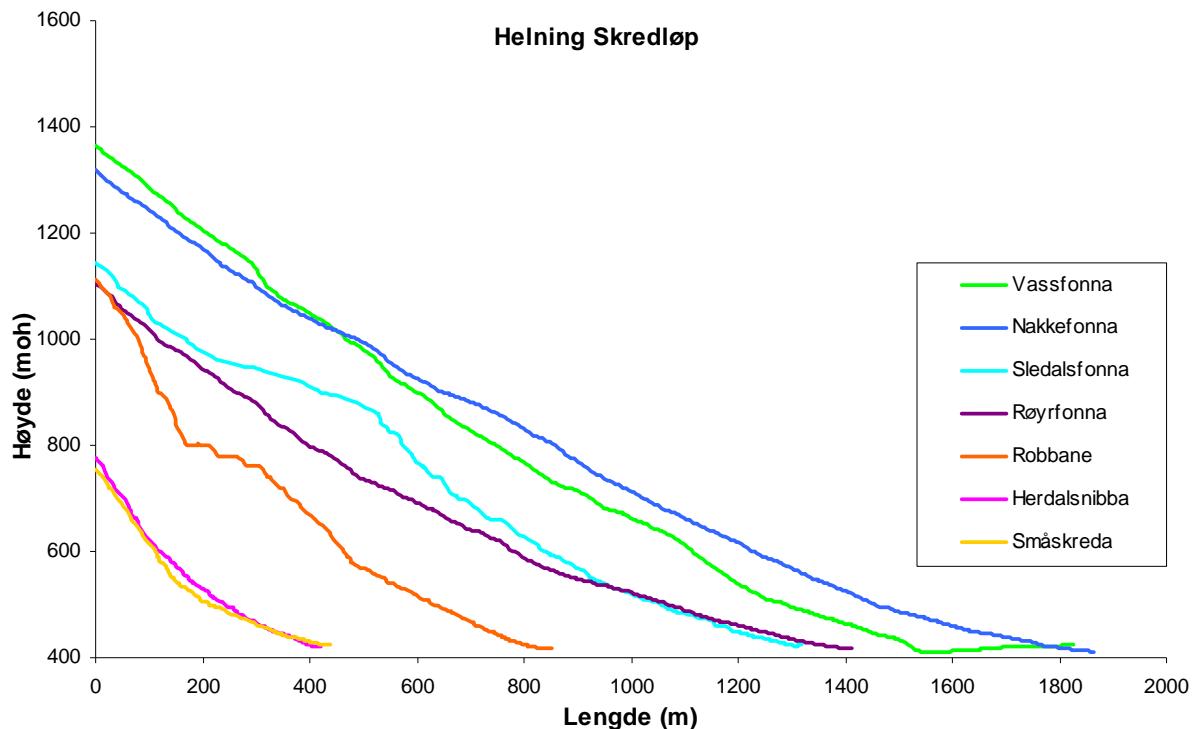
Elba+ er basert på Voellmys (1955) modell for skreddynamikk. Den viktigste av parameterne som blir brukt, er total snømasse i løsneområdet, inklusive tetthet og snødybde. I tillegg kan terrengruhet, effekt av medrivning av ytterligere snømasse i skredbanen (entrainment) og ulike friksjonsparametere justeres. For dette prosjektet har disse parametrene blitt justert i begrenset grad siden en har lite informasjon om egenskapene i selve skredløpet, og særlig egenskapene i løsneområdene. Det er derfor i stor grad brukt standardinnstillinger som beskriver en skredbane med ulike friksjonsparametre for startfase, mellomfase og oppbremsingsfase. Terrengruhet og entrainment er viktigere i ukanaliserte skredløp i store åpne fjellsider og der en finner utløpsområdet i skog. Parametrene er for begge satt til 0,1 m som standard.

Terrengmodellen som brukes har 5 m oppløsning og det er vanskelig å få gode og pålitelige resultater ved å legge inn terrengendringer som voller, kjegler og magasin, ettersom disse har typiske høyder på 10-15 m. Det er derfor lett at terrengendringen blir for mye utglattet. Hovedfokuset har derfor vært å modellere skredene best mulig og ut fra dette finne de riktige skredløpene samt kalkulere skredhastighet og volum av avlagrede skredmasser.

4 Simulering av de ulike skredbaner

I dette avsnittet gjennomgås egenskaper ved de ulike skredløpene og resultater av simuleringene. Diagrammet i figur 3 viser høydeprofil for samtlige 7 skredløp.

Alle parametere som er brukt for de ulike skredløp finnes i vedlegg 1. Kart over skredutbredelse og hastighetskoter finnes i vedlegg 2. I vedlegg 3 finnes kart over avsetninger.



Figur 3. Helningsprofil fra de ulike skredløp som har blitt simulert (plassering av veg er avgrensning på x-aksen).

I tabell 1 er prioriteringstall, skisserte løsninger og estimerte kostnader fra Rassikringsplanen i 2008 oppsummert.

Tabell 1: Prioriteringstabell og estimerte kostnader fra Rassikringsplanen for Region midt i 2007.

Skredløp	Prioriterings tall 2007	Skissert tiltak i Rassikringsplan	Estimert kostnad [mill. 2006-koner]	Antatt sikringseffekt
Nakkefonna	4,0	Overbygg ¹	38,2	Fullgod
Vassfonna	3,8	Fangvoll og fanggjerde ²	3,9	80-95 %
Røyrfonna	3,6	-	Ikke estimert	-
Herdalsnibba	3,5	Overbygg/terrenginngrep	12,2 ³	Fullgod
Sledalsfonna	3,4	Overbygg/terrenginngrep	37,6	Fullgod
Robbane	3,4	-	Ikke estimert	-
Småskreda	3,4	Terrenginngrep	0,3	Fullgod

¹ Alternativ løsning med terrenginngrep med antatt sikringseffekt 80-95 % ble estimert til 7,5 mill. 2006-kroner

² Alternativ med overbygg (ikke estimert) ble antatt å gi fullgod sikring

³ Alternativ løsning med magasin/voller med antatt sikringseffekt 80-90 % ble estimert til 3,0 2006-kroner

4.1 Nakkefonna

Nakkefonnas (se figur 4) største kjente skredutbredelse på veg er fra HP 12, km 9,12 – 9,410. Det er registrert 4 skred fram til 1996 (nest siste Rassikringsplan), ingen fram til 2007 (siste Rassikringsplan). Sist vinter (2011) gikk imidlertid et skred gjennom kjeglene og nesten ned til vegen. Eksisterende sikring (kjegler) gir erfaringsmessig god effekt på våte snøskred, mens store tørre snøskred kan gå over vegen (iflg. siste Rassikringsplan). Prioriteringstall i Rassikringsplanen er satt til 3,959.



Figur 4. Bremseskjegler ved Nakkefonna (Foto: T. Humstad, april 2011).

For Nakkefonna er det tidligere gjort et diplomarbeid ved NTNU om utbedring av eksisterende skredsikring (Brateng, 2005), og reguleringsplanen for disse tiltakene ble godkjent i 2006. Resultatene av dette arbeidet sammenlignes med og brukes som en kvalitetssikring av simuleringen som nå er gjort i avsnitt 5.1.

Skredløpet antas å ha et løснеområde opp til ca 1300 moh. Få tydelige terrengformasjoner gir lite informasjon om hvor skredene vanligvis løsner (se figur 5), men det aktuelle området har en vestlig eksposisjon (helningsretning). Skredbanen blir tydelig kanalisert ned til skoggrensa og spres deretter utover ned mot vegen, avhengig av mengden snø i løснеområdet. Det er i dette arbeidet simulert med tanke på tørre flaskred som eksisterende sikringstiltak erfaringsmessig ikke stopper.

Det er valgt et stort løснеområde med små snømengder (snødybde 0,7 m). Mindre løснеområder gir omtrent lik skredutbredelse med tilsvarende større snødybder. Simuleringene sammenfaller godt med registrerte skred, men simuleringene antyder noe mindre utbredelse mot nord enn det som er rapportert. Justering av snødybde og størrelse på løснеområdet gir mest utslag i bredde og volum på avsetningene ned mot vegen, og påvirker i mindre grad utløpsdistansen. Simulering av dimensjonerende skred antyder hastigheter opp mot 15 m/s når skredet når vegen. For øvrig vil terreng med helning under 10 grader gi en hurtig naturlig oppbremsing i dette området.



Figur 5. Løsneområdet til Nakkefonna (Foto: T.Humstad, april 2011).

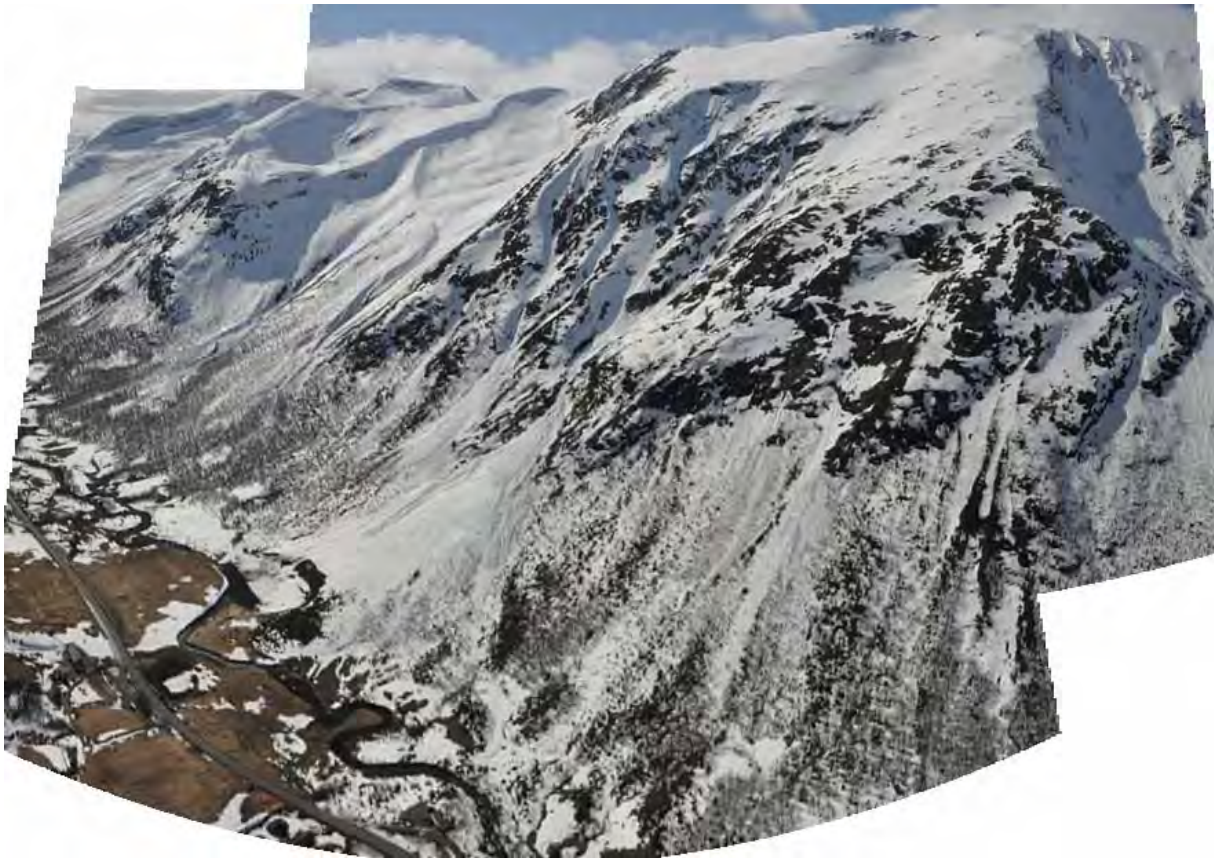
4.2 Vassfonna

Vassfonnas maksimale registrerte skredutbredelse på veg er fra HP 12, km 9,613 – 9,911. Det er registrert totalt 5 skred på vegen i perioden 1976-2007. Prioriteringstall er 3,831 i Rassikringsplanen.

29. januar 2007 gikk et stort skred som la igjen opptil 7 m snø i vegbanen. I tillegg ble Røyrvatnet tømt for vatn og is. Vegen var stengt i 5 dager. Det er også rapportert om et stort skred fra 1943 som gikk over vegen lengre nord.

Løsneområdet for Vassfonna ligger opp mot Emdalstindane på vestsida av dalen og strekker seg til 1400 moh (se figur 6). Det er store områder med helning over 30 grader i ulike høydenivå. Fjellsida har flere mindre kanaliserte bekkeløp som de mindre skredene følger. Hovedtyngden av skredmassene avsettes på skredvifta og i Røyrvatnet. Det antas at de største skredene som går til vegen, også går utenfor de markerte terrengformasjonene. Det kreves store mengder tørr snø kombinert med vind, for at de største skredene skal løsne og treffe vegen.

Simuleringen viser at det kreves et stort løsneområde og snødybde mellom 2-3 meter for å få simuleringene til å gjenskape et dimensjonerende skred slik det inntraff i 2007. Simuleringen viser i et slikt tilfelle hastigheter over 30 m/s ved vatnet, men hastigheten avtar veldig raskt på den 180 m lange strekningen mellom vatnet og vegen. Det er vanskelig å få gode simuleringer for Vassfonna fordi både terrenget (det islagte Røyrvatnet blir knust) og skredmassene (som derfra inneholder både is, snø, jord og vann) endrer så kraftig karakter i oppbremsingsfasen. I tillegg viser simuleringen at skredmassene spres mer nordover høgt oppe i fjellsida enn det som er rapportert i Rassikringsplanen. En slik skredutbredelse er det bare rapportert om fra 1943.



Figur 6. Vassfonna april 2011.

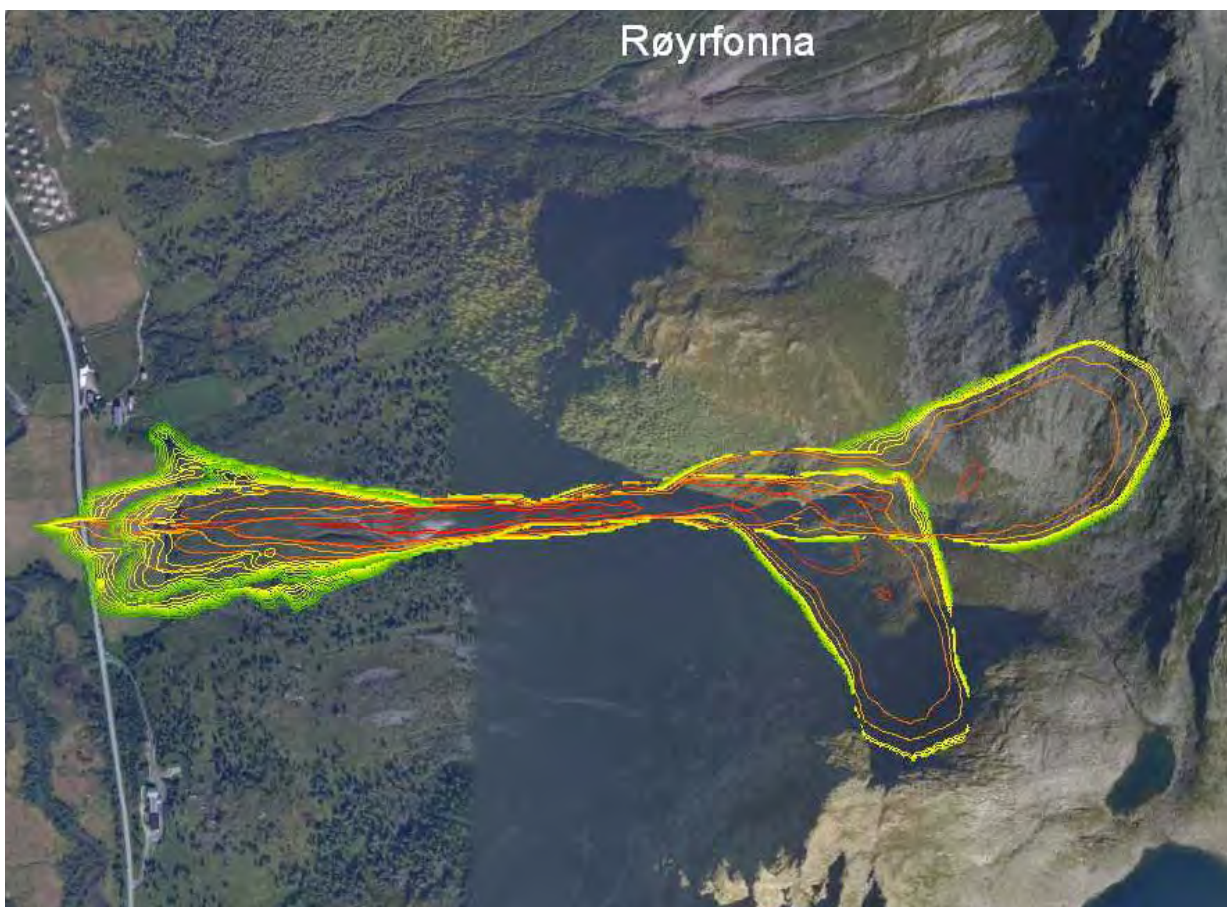
4.3 Røyrfonna

Røyrfonnas (figur 7) maksimale registrerte skredutbredelse på veg er fra HP12, km 9,870-10,04. Vegen har kun vært sperret av skred én gang de siste 35 år, men da var det opptil 12 m skredmasser på vegbanen (mars 1979). Prioriteringstall i Rassikringsplanen er 3,596 og sikringsmetode er tidligere ikke vurdert.

Løsneområdet til Røyrfonna er noe usikkert. Det er flere områder høyt oppe som er over 30 grader. Simulert skredløp med nordlig eksposisjon er bratt. I tillegg kan en forvente å få skred fra en fjellside med vestlig eksposisjon i noe slakere terreng. Skredløpet og omkringliggende terreng lavere ned mot utløpsområdet er relativt bratt og er tydelig kanalisert (se figur 8). Dette medfører at eksakt avgrensning av løsneområdet har mindre betydning for skredutbredelsen (se figur 8).



Figur 7. Løsneområdet til Røyrfonna (april 2011). Skredbanen går ned til høyre i bildet.



Figur 8. Kanalisert skredløp for Røyrfonna gir relativt lik skredutbredelse uavhengig av hvor skredene løsner.

Som dimensjonerende skred for Røyrfonna er det valgt et våtsnøskred løst ut etter kraftig snøfall med påfølgende mildvær. Siden dette er karakteriserende for den eneste hendelsen som er registrert på veg, antas det at tørre flaksskred når ned til vegen veldig sjeldent. I simuleringen er det brukt 2 m snødybde på et lite løснеområde, noe som gir små volum. Det er lagt inn litt større tetthet i selve skredet siden det antas at skredmassene er våte, samtidig som det forventes opptak og erosjon av ytterligere snømasser i skredbanen. Våte skredmasser vil oftest ha noe mindre hastighet enn tørre, og en kan anta at simuleringene overestimerer hastigheten fordi simuleringstøytet i stor grad er tilpasset tørre snøskred.

4.4 Sledalsfonna

Sledalsfonnas maksimale registrerte skredutbredelse på veg er fra HP13, km 0,812-1,090. Det er registrert 2 stenginger i Rassikringsplanen siden 1976, og i tillegg ble vegen stengt ytterligere en gang i januar 2011. Prioriteringstall i Rassikringsplanen er 3,419

I løснеområdet til Sledalsfonna (se figur 9) er det store områder med helning over 30 grader. Eksposisjonen er fra SØ til NØ og det er minst to kjente løснеområder. Skredløpet går gjennom et veldig bratt parti før skoggrensa, og skredløpet er ikke like tydelig kanalisert som flere av de andre skredløpene langs strekningen. Likevel indikerer fravær av skog i skredbanen at utløpsområdet har en nokså tydelig avgrensning.



Figur 9. Løснеområdet til Sledalsfonna (april 2011).

Det antas at det er de tørre flaksskredene som går over vegen i Sledalsfonna. Simuleringen viser hastigheter opp mot 20 m/s ved vegen lengst sør i utløpsområdet dersom en forutsetter 1,5 m snødybde i løснеområdet. De høye hastighetene er begrenset til en mindre forsenkning i terrenget som går helt ned til vegen. For øvrig er hastigheten mellom 10 og 15 m/s ved vegen. Selv små løснеområder gir

høye hastigheter på grunn av det bratte skredløpet. Simuleringer viser også at skred med høy hastighet vil avsette mindre snø på vegen enn hvis hastigheten er lavere.

4.5 Småskreda

Maksimal registrert skredutbredelse på veg er fra HP 13, km 1,290-1,310. Det er registrert ett skred over vegen i perioden, men det er usikkert når og hvilken type snøskred dette var. Prioriteringstall er 3,414 i Rassikringsplanen

For Småskreda er det usikkert om løснеområdet ligger høgt oppe eller om snøen samler seg på mindre hyllesystemer ned mot skoggrensa. For simuleringa er det valgt et løснеområde på ca 800 moh da det ellers er vanskelig å styre skredet mot aktuell vegstrekning. Dette skjer fordi skredløpet ikke er kanalisert og det antas små snømengder i skredet (se figur 10). Det ble brukt 1 m snødybde i løснеområdet.

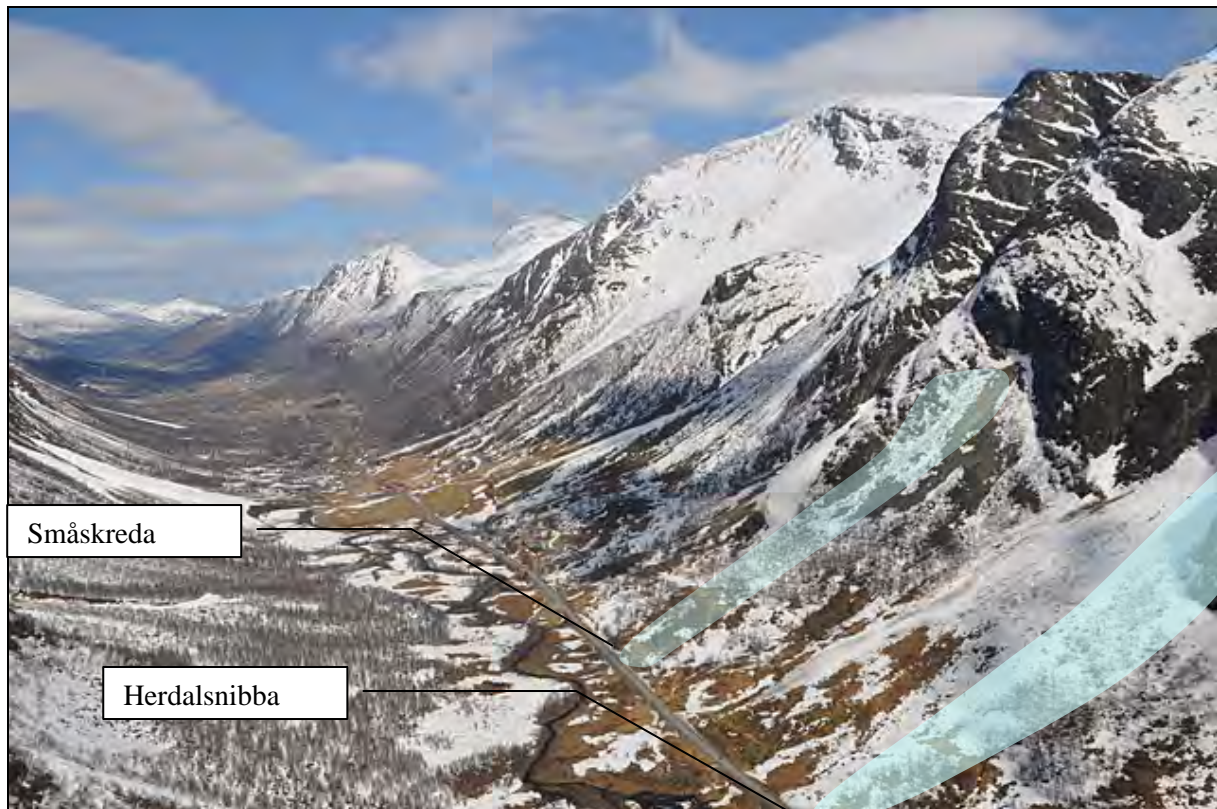
Det antas at det er tørre flakskred som treffer vegen i Småskreda. Simuleringene med ovennevnte forutsetninger viser hastigheter mellom 5 og 7 m/s og avsetninger opptil en meter på vegen.

4.6 Herdalsnibba

Maksimal registrert skredutbredelse på veg er fra HP 13, km 1,65-1,7. Det er registrert 4 sperringer fram til 1996 (nest siste Rassikringsplan), men ingen etter dette. Prioriteringstall i Rassikringsplanen er 3,438

Det er usikkert om skredene skyldes skavlnefall høyt oppe eller om snøen løsner fra hyller nede i fjellsida. Det er ingen tydelige åpninger i skogen, noe som indikerer små og sjeldne skred og generelt liten skredaktivitet det siste tiåret (se figur 10). Skredløpet for Herdalsnibba er i liten grad kanalisert og det ble valgt et løснеområde på ca 800 moh for å styre skredet mot tidligere rapportert sperring.

Som dimensjonerende skred antas tørre flakskred med 1,2 m snødybde i løsnakeområdet. Simuleringen viser da hastigheter litt over 10 m/s ved vegen og opptil en meters avsetninger på vegen.



Figur 10. Utløpsområdet for Herdalsnibba og Småskreda.

4.7 Robbane

Maksimal registrert skredutbredelse på veg er fra HP 13, km 1,95-2,0. Vegen har vært sperret av skred en gang (mars 2000). Prioriteringstall i Rassikringsplanen er 3,483

Løsneområdet for Robbane ligger sannsynligvis i en tydelig skålform ved Rundefjellet (se figur 11). Høyden er opp til 1200 moh. Skåla er meget bratt der ingen områder er under 45 grader. Dette indikerer at små snømengder bygges opp og hyppige men beskjedne løssnøskred kan forventes. Området like ovenfor vegen, viser heller ingen tydelige tegn på snøskred siden det består av skogbevakst og grovblokkig steinur. Å simulere skredet som gav vegstengning i 2000 bød på problemer for aktuell km-angivelse. Dette fordi en rygg ovenfor vegen fordeler skredmassene ut til hver side, ifølge simuleringene. Dette stemmer samtidig godt med de observasjoner som ble gjort under befaring i området. Det antas derfor at km-angivelsen her er noe unøyaktig og at skredet sannsynligvis har sperret vegen litt lengre sør. Foreslåtte tiltak er uansett plassert slik at det blir tatt høyde for disse usikkerhetene.

Skredet i 2000 som er valgt som dimensjonerende skred, gikk under kraftig snøfall over flere dager med temperaturer under 0 °C. Ved befaring april 2011 var løsneområdet helt fritt for snø, noe som indikerer at helt spesielle snøforhold må til for å generere store skred. Med 1,2 meter snødybde i løsneområdet viser simuleringene hastighet under 10 m/s ved vegen og mindre enn 1 meter avsetninger.



Figur 11. Robbane (april 2011).

5 Vurderinger og anbefalinger

Erfaring med sikringstiltak ved hjelp av terrenginngrep tilsier at kjepler er effektive for å redusere den kinetiske energien i skredet og til å spre skredmassene høyt oppe i utløpsområdet. Iflg. Brateng (2005) er effekten best når kjeplene står på en rekke normalt på skredbevegelsen. Høyden på kjeplene bør være minst like stor som flyte høyden av skredmassene pluss underliggende snødekke, og de bør ha en bratt støtside.

Fangvoller har vist seg effektive ved skredhastigheter under 20 m/s (Norem, 1993, Lied og Kristensen 2003). De bør derfor være plassert så nær vegen som mulig der hastigheten er lavest. Høyden er gitt av formelen (Norem, 1993):

$$H = k \times \frac{v^2}{2g} + h_{snø}$$

Der H = vollhøyde

k = konstant som varierer mellom 0,7 for våt snø til 1 for tørr snø og sørpe.

v^2 = skredhastighet

$h_{snø}$ = snøhøyde foran vollen.

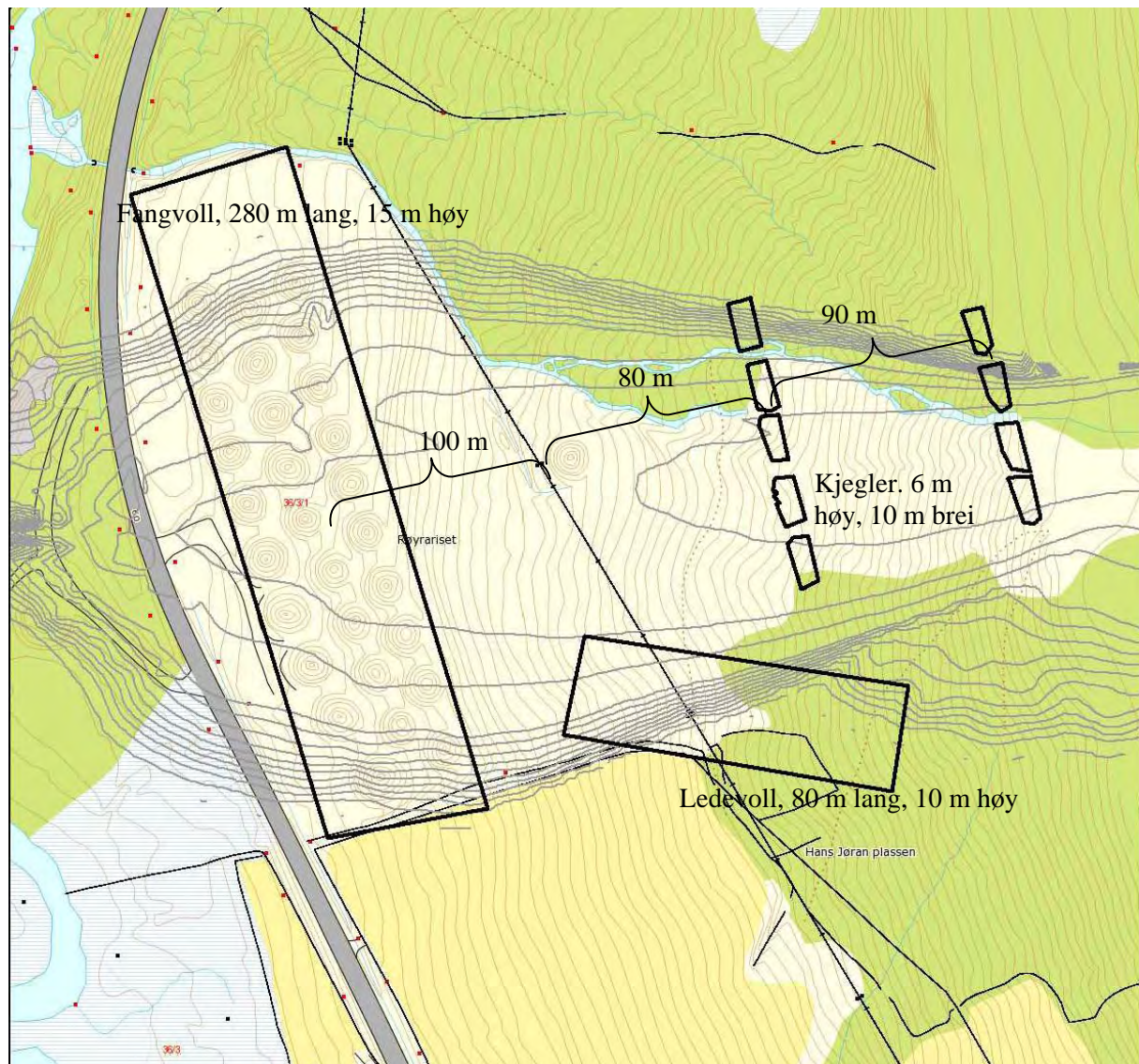
Formelen kan ofte forenkles ved at konstanten k og snøhøyde $h_{snø}$ fjernes siden effekten av hastigheten vil være dominerende i mange tilfeller. For store skred er det avgjørende at et eventuelt basseng foran vollen er stort nok til at skredmassene kan akkumuleres og at det er tilkomst for ryddeutstyr ved gjentagende skred.

5.1 Nakkefonna

Ut fra tilgjengelig informasjon og simuleringer som er gjort, anbefales det å fjerne eksisterende kjepler da disse har vist seg å ikke gi god nok sikring. En ny fangvoll bygges i 280 m lengde med ca 15 meters høyde. Ved en helning på 1:1,25 på innsiden av vollen og 1:1,5 på utsiden får vi en bredde på ca 55 m på vollen i bakkenivå. Det bør etableres basseng mellom voll og eksisterende kjepler ved kraftlinje for oppbremsing og akkumulering av skredmasser. Foreslått voll går ca 30 m inn på dyrka mark. Dette inngrepet kan erstattes av en ledevoll i overkant langs dyrka mark, men dette vil gi en total lengde av fangvoll og ledevoll på minst 350 m. Det er for Nakkefonna vurdert et behov for voll med helning 1:1,25. En brattere voll vil kunne redusere høyden noe.

Ved å bygge bremskjepler foreslått av Brateng høyere oppe, kan fangvollhøyden reduseres noe. De bremskjeplene som Brateng fant mest hensiktsmessige for dette skredløpet, var to rekker med 90 meters avstand. Ut fra simuleringene kan plassering av den øverste nordlige kjeplene vurderes, se figur 12 for detaljert skisse. Kjeplene bør være avlange, med 10 meters bredde ved bakkenivå og helning opp mot 2:1 på skredsiden i øverste rad. Nederste rad kan være noe slakere. Se ellers detaljert beskrivelse i masteroppgaven (Brateng, 2005).

Det antas at et slikt tiltak vil gi fullgod sikring mot 30-årsskredet. Ytterligere sikringseffekt kan oppnås ved å bygge overbygg, men da vil det trolig være mer kostnadseffektivt å modifisere foreslåtte vollsikring dersom det i framtiden viser seg nødvendig. Eventuelt gjentakende skred gjennom vinteren som fyller opp skredmasser bak fangvollen, kan redusere tiltakets virkning, men sannsynligheten for flere 30-årsskred i løpet av en vinter er liten.



Figur 12. Skisse av foreslåtte sikringstiltak for Nakkefonna.

5.2 Vassfonna

Vassfonnas utløpsområde dekker både vatnet, dyrka mark, veg og bebyggelse (ubebodd). Skredet har et stort akkumulasjonsområde med snø fra SV til NV og med mange ulike løseområder. Det er derfor vanskelig å komme med en løsning som gir fullgod sikring.

Det eneste alternativet som gir fullgod sikring er overbygg eller løsmassetunnel som i tillegg vil sikre mot Røyrfonna fra andre siden av dalen. En tunnel på 450 m lengde vil gi sikring mot skredet som vi regner som dimensjonerende skred, men ikke mot skredet som gikk i 1943. Dette skredet kjenner en ikke detaljert utbredelse til, og dimensjoneringskriteriene blir dermed usikre.

En løsmassetunnel vil bli et betydelig dyrere alternativ enn en voll-løsning, og med de økonomiske rammer som nå ligger til grunn, er tunnel trolig ikke økonomisk gjennomførbart. Men i forhold til de skisserte løsningene fra Rassikringsplanen i 2007, viser de nye simuleringene at en får større gevinst av løsmassetunnel/overbygg ved Vassfonna enn ved Nakkefonna og Sledalsfonna, slik det ble foreslått den gangen.

Alternativet som vil gi best sikring dersom en forutsetter at det kun er terrenginngrep og deponering av overskuddsmasser som er aktuelt, er en stor fangvoll så nærme vegen som mulig. Foreslått voll er 300 meter lang og vil dekke det aller meste av den dyrka marka øst for Røyrvatnet. For å begrense bredden på vollen foreslås det ordna steinfylling med helning 1:1 og 25 m høyde. Mot vegen kan vollen tilpasses terrenget, men arealet vil da ikke egne seg til annet en beitemark. Den totale bredden på vollen vil bli mellom 70 og 80 meter. Det kan også vurderes å lage nytt utløp fra Røyrvatnet i mer direkte nordlig retning, samtidig kan da vatnet senkes noen meter. En brattere støtside med tørrmur med helning opp til 1:4 vil kunne redusere vollhøyden og total bredde, men vil være dyrere å bygge. Det forventes at nevnte tiltak vil gi fullgod sikring mot 30-årsskredet.

Alternativ 2 som er ønsket utreda av utbyggingsprosjektgruppa, er senkning av Røyrvatnet med nytt utløp samt etablere en mindre fangvoll mellom dyrka mark og vatnet. Vollen vil få en høyde på 10-12 m over vannoverflaten (hvis dette blir senket noen meter) og 4-5 m over omliggende dyrka mark. Dette vil gi en god effekt mot mindre skred, men det dimensjonerende skredet som referer til hendelsen i 2007, vil sannsynligvis fortsatt føre til at skredmasser når vegen. Senking av vatnet og evt. etablering av en tilliggende voll krever en ordna steinfylling på støtsida for å hindre erosjon ved store skredhendelser. Det forventes at denne løsninga vil sikre mot 10-årsskredet.

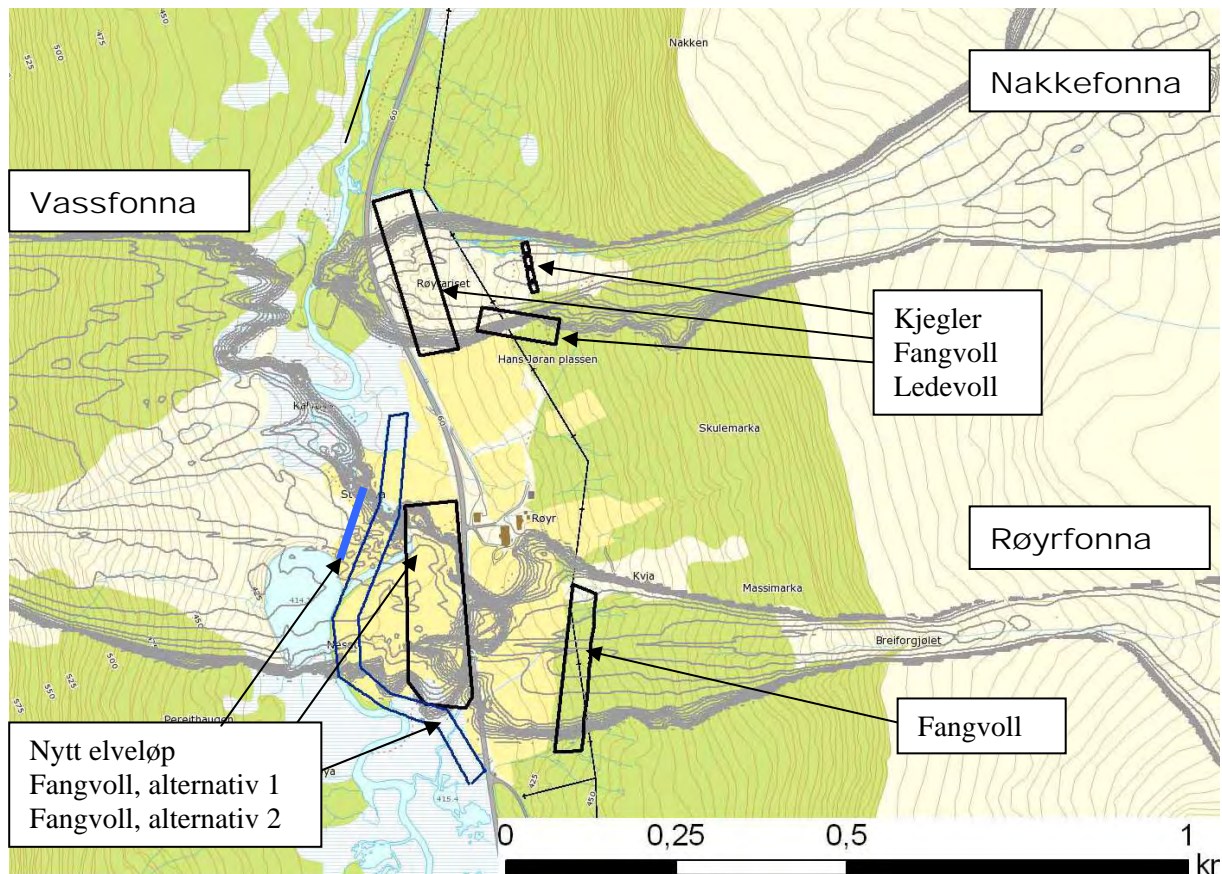
Det vises til figur 13 for detaljer.

5.3 Røyrfonna

For å spare jordbrukasareal blir det her foreslått en 240 m lang fangvoll rett i overkant av dyrka mark. Her er det godt med tilgjengelig areal og vollen kan bygges med støtside på 1:1,25. En generell høyde på 10 m er anbefalt, men ved å ta ut en del masser på oversida av vollen for opparbeidelse av basseng, kan en redusere høyden over dagens terreng noe. Det forventes at store skred i fremtiden vil gå over vollen, men med en avstand på over 100 m til vegen, anses dette likevel som en tilnærmet fullgod sikring for 30-årsskredet. Fangvollen vil ikke sikre mot ubebodd bebyggelse på Røyr.

Det vises til figur 13 for detaljer.

Alternativ 2 er nedgravd tunnel som gir fullgod sikring av både Vassfonna og Røyrfonna som er beskrevet tidligere (avsnitt 5.2).



Figur 13. Oversikt over de foreslåtte sikringstiltak for de tre nordligste skredløp.

5.4 Sledalsfonna

Det forslås å etablere en fangvoll nært vegen med litt over 300 m lengde og en høyde på inntil 20 m lengst sør og 10 m lengst nord. Bruk av bremsekjegler lengre oppe i lia vil kunne redusere høyden på vollen noe. Det er relativt bratt ved den foreslåtte plasseringa av vollen, og derfor vil bredden bli opptil 80 m der vollen er høyest, og 50-60 m der vollen er lavest.

Eventuelle kjegler foreslås etablert med 10 m høye med ordna steinfylling på skredsiden. Ved bruk av kjegler og ordna steinfylling på vollen, vil høyden kunne reduseres noen meter. Det samme gjelder ved å opprette et basseng i bakkant av vollen, noe som kan være vanskelig i det bratte terrenget (se figur 14). Det antas at foreslåtte tiltak vil gi en tilnærmet fullgod sikring mot 30-årsskredet.

5.5 Småskreda

Småskreda er et lite skred som veldig sjelden går over vegen. Skal dette sikres, vil antagelig en 30-40 m voll med ca 8 m høyde være tilstrekkelig (se figur 14). Vollen kan eventuelt flyttes noen meter opp fra vegen for å unngå omlegging av privat veg. Dette medfører en noe lengre voll. Anbefalt tiltak vil gi en tilnærmet fullgod sikring mot 30-årsskredet.

5.6 Herdalsnibba

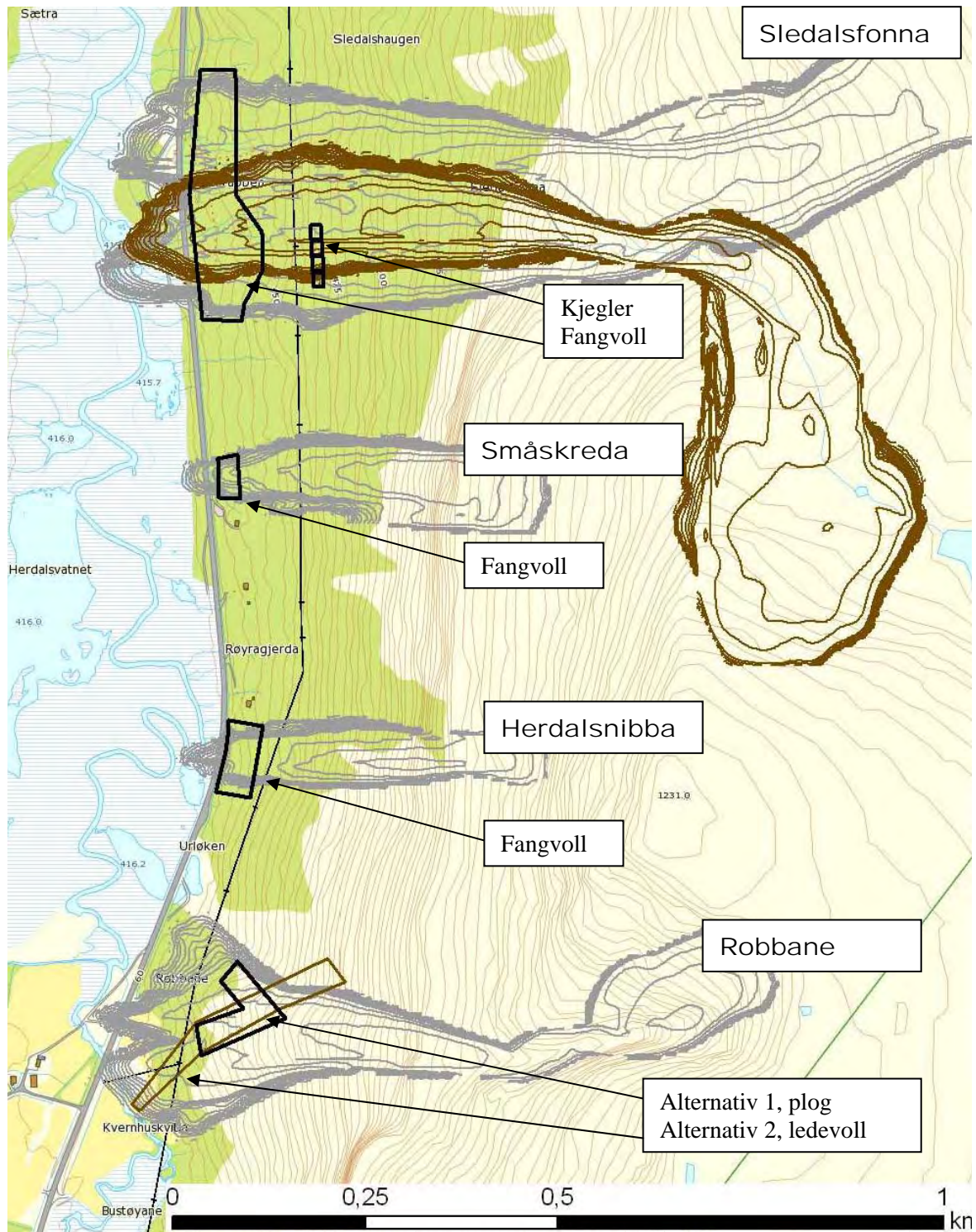
Simuleringen antyder behov for fangvoll med ca 80 m bredde og 10 m høyde (se figur 14), noe som byr på anleggstekniske utfordringer siden terrenget er veldig bratt mellom veg og kraftlinje. I gjennomsnitt er denne over 22 grader. Dette medfører et stort terrenginngrep, og opparbeidelse av basseng i overkant av voll vil komme i konflikt med en kraftlinje. I tilfelle må denne flyttes. Ingen registrerte skred etter 1997 indikerer at denne vollen kanskje kan bygges noe lavere og muligens med ordna steinfylling på 1:1 på skredsiden eller helst enda brattere bygd med tørrmur. Dette vil redusere terrenginngrepet og gi bedre plass til basseng mellom kraftlinje og voll.

5.7 Robbane

Dette er et lite skred som sjeldent går over vegen. Det kan sikres ved å bygge plogformet ledevoll ovenfor kraftlinja. Det ser ut til å være behov en voll med 10 m høyde, noe som enklest kan oppnås med å grave ut eksisterende terreng. Vedlagt skisse viser ikke nødvendigvis eksakt plassering, da dette kan tilpasses litt på stedet. Terrenget og hvilke masser som finnes, avgjør nøyaktig plassering (se figur 14).

Etter ønske fra Utbyggingsprosjektgruppa er det også tegnet inn en jevn ledevoll som alternativ til plogformen. Simuleringen viser en noe dårligere effekt, og siden terrenget er brattest høgt oppe, er det ventet at denne blir mer komplisert å bygge. Det vurderes likevel at begge formene vil kunne gi fullgod sikring mot 30-årsskredet. Hvis det viser seg å være store anleggstekniske utfordringer i det bratte terrenget, kan vollene flyttes lengre ned. Kraftlinje må i tilfelle legges om.

For Robbane var det umulig å simulere skred med de egenskapene som ble rapportert i 2000. Ved befaring i området ble det også stilt spørsmålsteget om nevnte skred er realistisk. Foreslåtte sikringstiltak vil uansett også sikre mot skred slik det ble rapportert i 2000.



Figur 14. Oversikt over foreslåtte sikringstiltak for de 4 sørligste skredløp.

5.8 Oppsummering av sikringstiltak.

De tiltak som er foreslått, tar utgangspunkt i største registrerte skred i Rasseikringsplanens registreringer fra 1976-2007. Store deler av vegstrekningen mellom Røyr og Herdalen har fjellsider som potensielt kan gi ytterligere snøskred over veg. På grunn av den store usikkerheten som ligger i forutsetninger og skredhistorikk, er det i dette arbeidet tatt utgangspunkt i 30-årsskredet, da dette er en størrelse det er mulig å forholde seg til med dagens kunnskap. Dersom en ønsker å ta hensyn til for

eksempel skred med et gjennomsnittlig gjentakintervall på 50 eller 100 år, vil de foreslåtte dimensjonene måtte økes noe og sannsynligvis omfatte flere punkt som vi nå ikke kjenner til.

Forslagene til sikringstiltak er som nevnt basert på at prosjektet ønsker å benytte seg av store mengder tunnelmasse som allerede er tilgjengelig. Andre tiltak som til dels vil gi en større sikkerhet, vil også koste mer. Dersom en summerer volum for de foreslåtte tiltakene, trengs det en god del stedlige masser i tillegg til de tilgjengelige tunnelmassene. Det er i alle tilfeller viktig at disse massene ikke blir lagt opp slik at en får erosjon og svekking av tiltakene som blir bygd. Det er derfor viktig å velge masser med tilstrekkelig kvalitet og drenering. Hvor mye stedlig masse som kan brukes, avhenger også av hvilke arealer som blir frigjort til terrenginngrep i reguleringsplanen.

6 Oppsummering

Skredsimuleringer gjort for fv. 60 mellom Røyr og Herdalen viser at det i de fleste tilfeller lar seg gjøre å tilbakekalkulere tidligere kjente snøskred ved hjelp av skredsimuleringsprogrammet Elba+. Det viser seg også at skred som er kanalisert før det når utløpsområdet er mindre avhengig av eksakt avgrensning av løснеområdet. Det hadde likevel vært ønskelig med bedre informasjon om løснеområdet.

For kvalitetssikring av simuleringsmetoden, bør det også gjøres en detaljstudie av et ferskt snøskred med oppmåling av størrelse, bruddkantundersøkelser og avsetninger for å verifisere programmet opp mot norske forhold. Programmet er laget i Østerrike og standard parameterverdier i Alpene vil nok ikke være identiske med de som finnes i Norge. Her er lufta fuktigere, det er store og hyppigere værendringer og mindre påvirkning av solinnstråling.

Sikringstiltakene som er foreslått tar utgangspunkt i simulerte hastigheter og vurdering av vollhøyder er gjort ut fra dette. Programmet gir i seg selv ikke klare nok resultater når det simuleres med foreslåtte tiltak. Dette kan forklares blant annet ut fra at gridstørrelse på 5 m vil glatte ut terrenget for mye i utløpsområdet der terrengvariasjonen spiller en stor rolle. Dette forventes å bli bedre på nyere versjoner av programmet.

Det bør også vurderes å verifisere resultatene fra slike simuleringer ved hjelp av 2D topografiske modeller.

Selv om programmet Elba+ foreløpig er på utprøvningsstadiet for Statens vegvesens del, og en har få reelle skreditsituasjoner og sammenligne resultatene med, gir en slik simulering en god dokumentasjon på effekten av de ulike parametrene, og gjennom flere iterasjoner gir den også en god støtte til vurderingene som er gjort. Problematikk rundt det enkelte skredløp kan belyses teoretisk og vil være et godt supplement til lokalkunnskap, praktisk erfaring og den generelle skjønnsmessige vurderingen som gjøres.

7 Referanser

Bjørdal, Nils Helge (2011). Personlig kommunikasjon.

Brateng, Linda, (2005): Laboratorieforsøk for utforming av terrengtiltak mot snøskred

Lied, K og Kristensen, K (2003): *Snøskred, håndbok om snøskred*. Karstein Lied og Krister Kristensen. Norges Geotekniske Institutt, NGI og Vett & Viten, Oslo 2003. ISBN 82-412-0571-6

Norem, Harald (1993): *Snøvern – om snøskred og drivsnø, håndbok 167*. Statens vegvesen, Oslo, 1993. ISBN 82-7207-327-7

Statens vegvesen, (2008): Rassikringsplan for riks- og fylkesveger Region midt, vedlegg 6A

Voellmy, A. (1955): Über die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweizerische Bauzeitung, Jahrg. 73, Ht. 12, p. 159-62; Ht. 15 p, 212-17; Ht. 17, p. 246-49; Ht. 19,p. 280-85.

Vedlegg 1 Parameterverdier

Nakkefonna 6-17

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 20
Einzugsgebiet	Dreneringsområde
Variante	Variante 17
Geländemodell	FV60_5m_Dreneringsområde
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	Løsneområde6
Fläche [ha]	19,253
mittl. Anbruchhöhe [m]	0,7
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	134,925
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fließphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,1
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	300
<i>Simuliert</i>	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	Hier können die Annahmen zur Simulation in Textform eingetragen werden
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

Vassfonna 12-18

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 18
Einzugsgebiet	CATCHM1
Variante	Variante 18
Geländemodell	fv60_CATCHM1
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	løsne12
Fläche [ha]	15,58
mittl. Anbruchhöhe [m]	3
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	467,475
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fließphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,1
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	300
<i>Simuliert</i>	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	Hier können die Annahmen zur Simulation in Textform eingetragen werden
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

Røyfonna 5-21

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 20
Einzugsgebiet	Dreneringsområde
Variante	Variante 21
Geländemodell	FV60 5m grid_Dreneringsområde
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	Løsneområde5
Fläche [ha]	2,3
mittl. Anbruchhöhe [m]	2
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	45,8
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fließphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,3
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	400
<i>Simuliert</i>	
	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	Hier können die Annahmen zur Simulation in Textform eingetragen werden
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

Sledalsfonna 4-59

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 60
Einzugsgebiet	Catchment
Variante	Variante 59
Geländemodell	Sledalsfonna_Catchment
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	Løsneområde4
Fläche [ha]	2,116
mittl. Anbruchhöhe [m]	1,5
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	31,6875
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fließphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,3
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	300
<i>Simuliert</i>	
	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	Hier können die Annahmen zur Simulation in Textform eingetragen werden
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

Småskreda 2-5

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 5
Einzugsgebiet	drenering
Variante	Variante 5
Geländemodell	FV60_drenering
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	Løsneområde2
Fläche [ha]	0,457
mittl. Anbruchhöhe [m]	1
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	4,475
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fliessphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,1
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	300
<i>Simuliert</i>	
	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	Hier können die Annahmen zur Simulation in Textform eingetragen werden
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

Herdalsnibba 5-20

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 20
Einzugsgebiet	Dreneringsområde
Variante	Variante 20
Geländemodell	FV50-grid_Dreneringsområde
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	Løsneområde4
Fläche [ha]	0,255
mittl. Anbruchhöhe [m]	1,2
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	3,12
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fliessphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,1
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	300
<i>Simuliert</i>	
	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	Hier können die Annahmen zur Simulation in Textform eingetragen werden
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

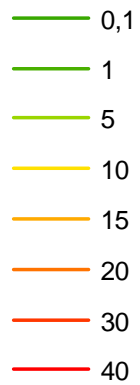
Robbane 5-28

<i>Allgemeine Angaben</i>	ID: 23
Einzugsgebiet	Dreneringsområde
Variante	Variante 28
Geländemodell	fv60 5 m grid_Dreneringsområde
Rasterweite [m]	5
<i>Anbruchgebiet</i>	
Name	Løsneområde5
Fläche [ha]	1,226
mittl. Anbruchhöhe [m]	1,2
Anbruchvolumen [10 ³ m ³]	14,7
<i>Modellparameter und Randbedingungen</i>	
Reibungsmodell	Variables Fließregime
μ-Startphase []	0,25
μ-Fließphase []	0,155
μ-Ablagerungsphase []	0,35
t-max Startphase [s]	10
untere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	3
obere Grenzgeschwindigkeit [m/s]	7
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Rauhigkeitslänge [m]	0,1
Entrainment [m]	0,1
Krit. Normalspannung [kg/m ²]	135
Anbruchdichte [kg/m ³]	300
Fließdichte [kg/m ³]	300
<i>Simuliert</i>	SANN
<i>Log-Intervall</i>	20
<i>Simulationsannahmen</i>	med
<i>Ergebniskommentar</i>	
<i>Relevanz</i>	Mittel

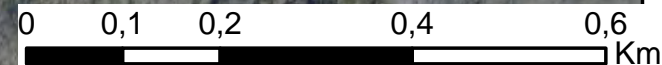
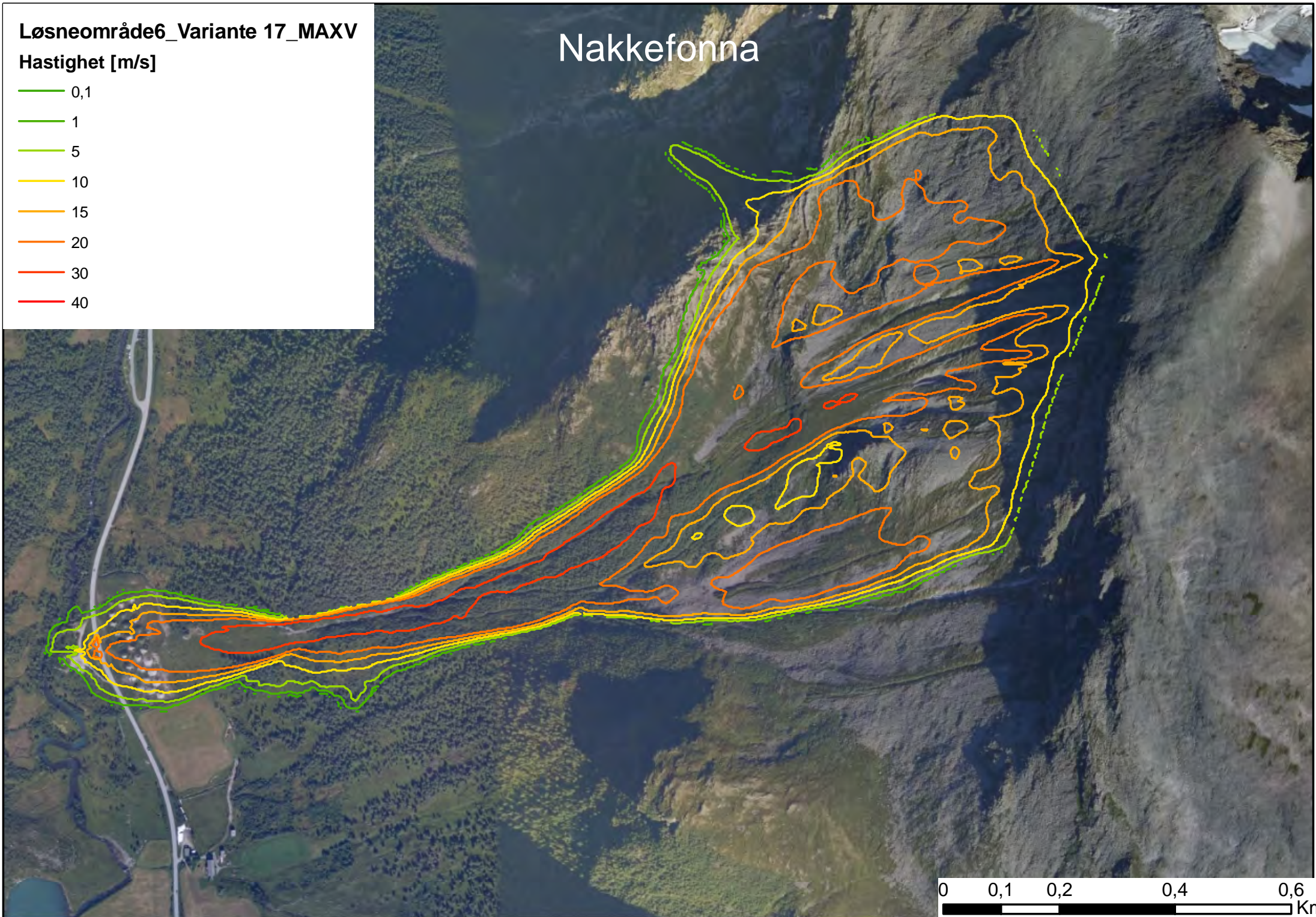
Vedlegg 2 Kart over skredutbredelse og hastigheter

Løsneområde6_Variante 17_MAXV

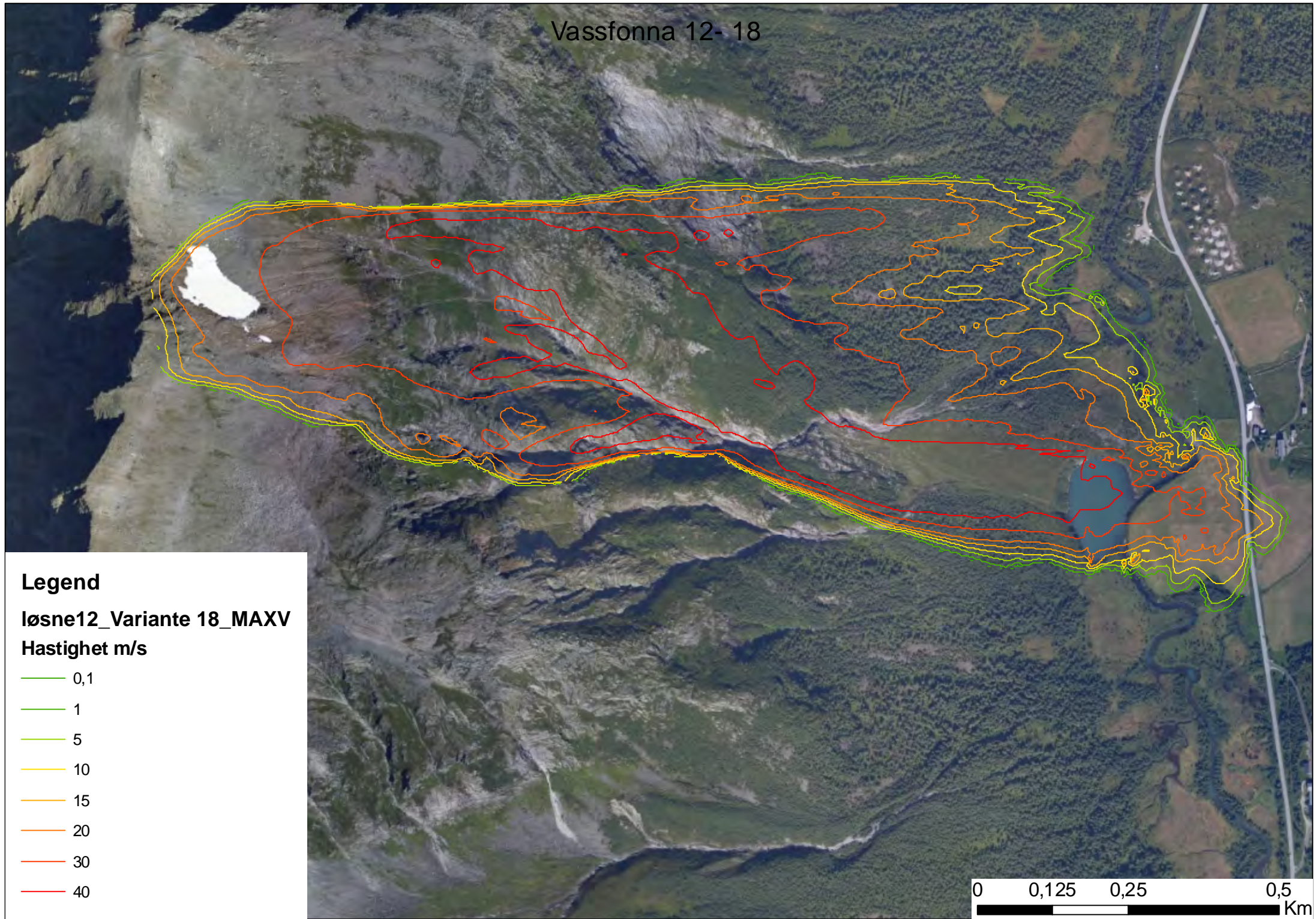
Hastighet [m/s]



Nakkefonna



Vassfonna 12- 18



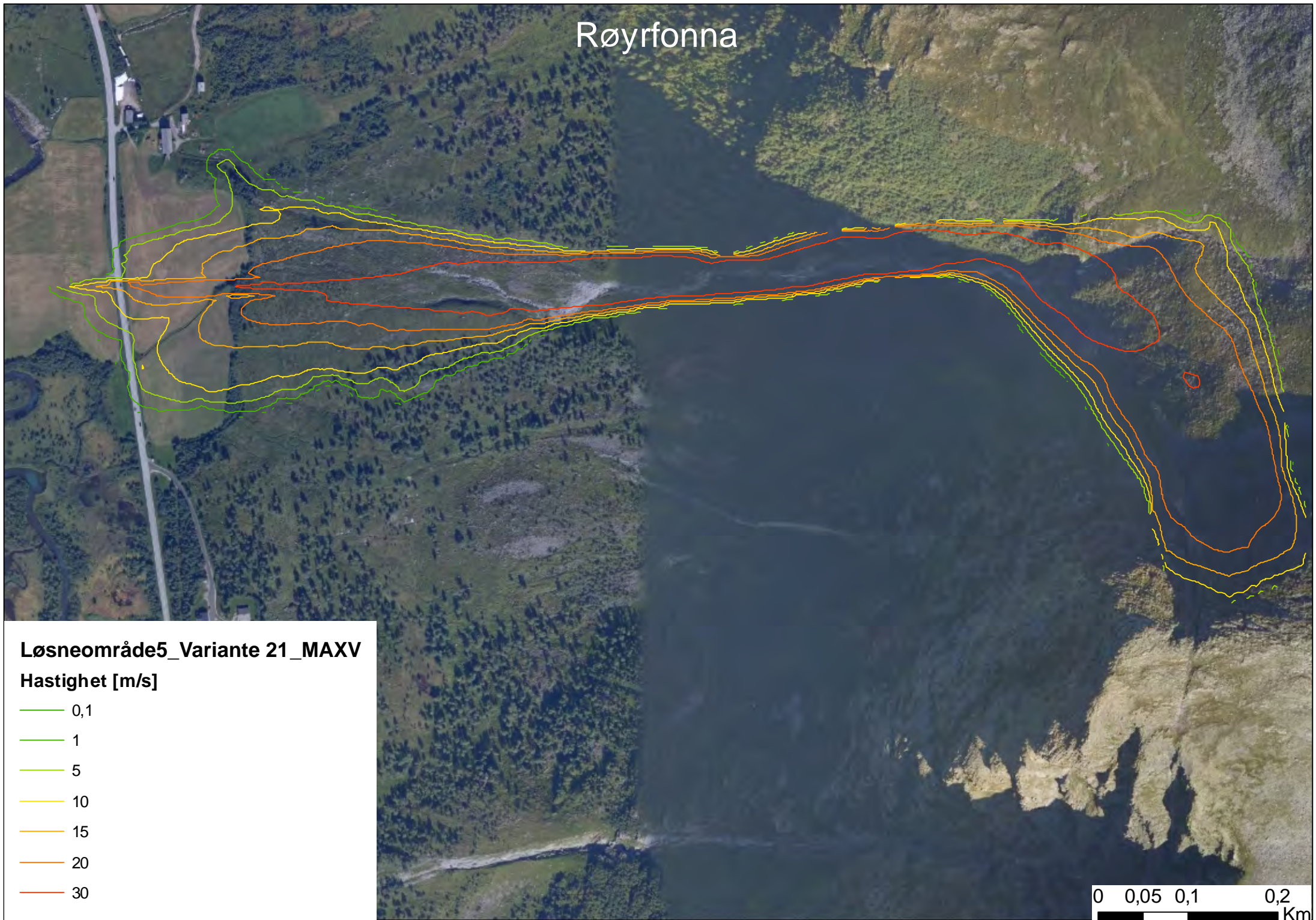
Legend

løsne12_Variante 18_MAXV

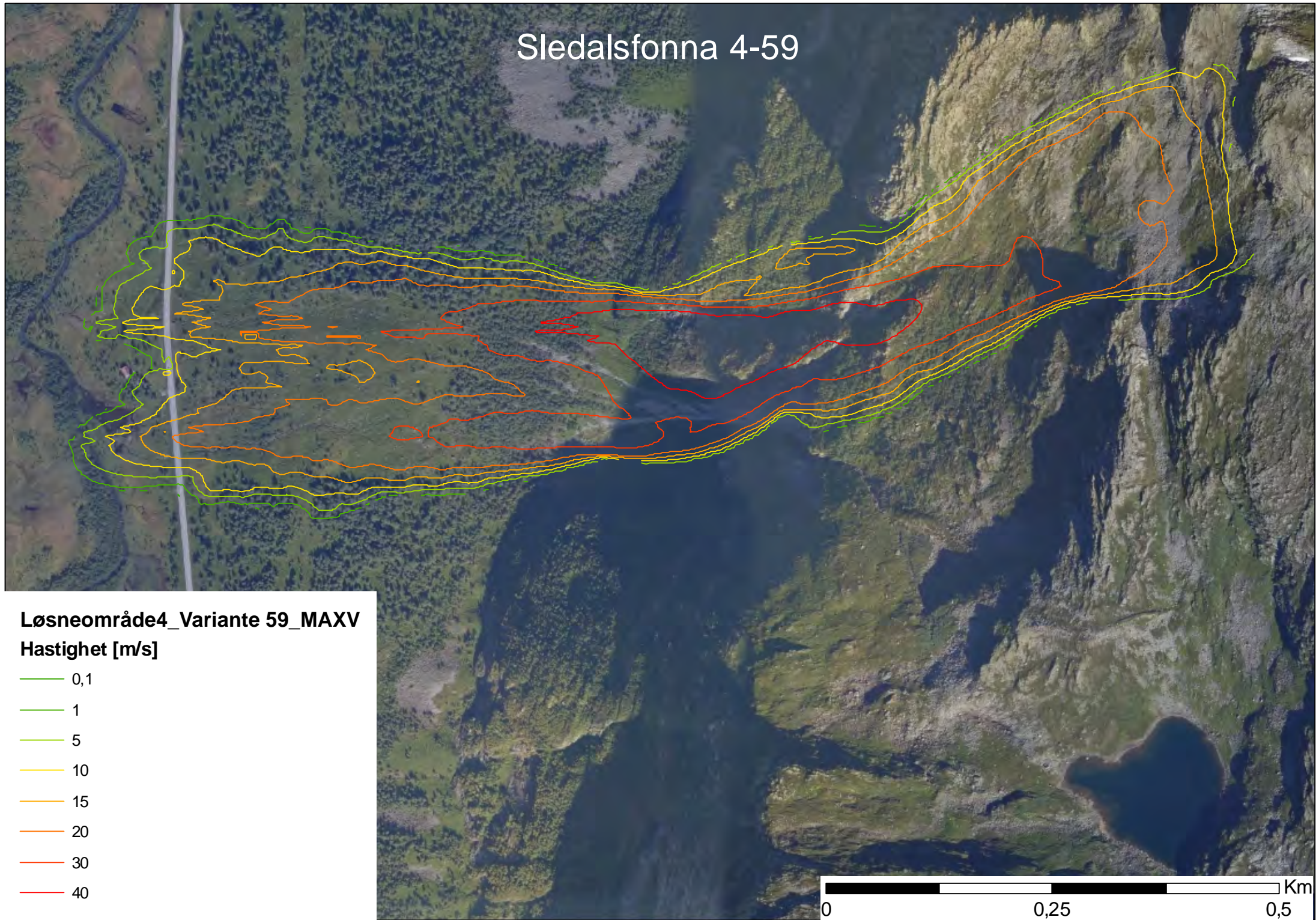
Hastighet m/s

- 0,1
- 1
- 5
- 10
- 15
- 20
- 30
- 40

Røyrfonna



Sledalsfonna 4-59

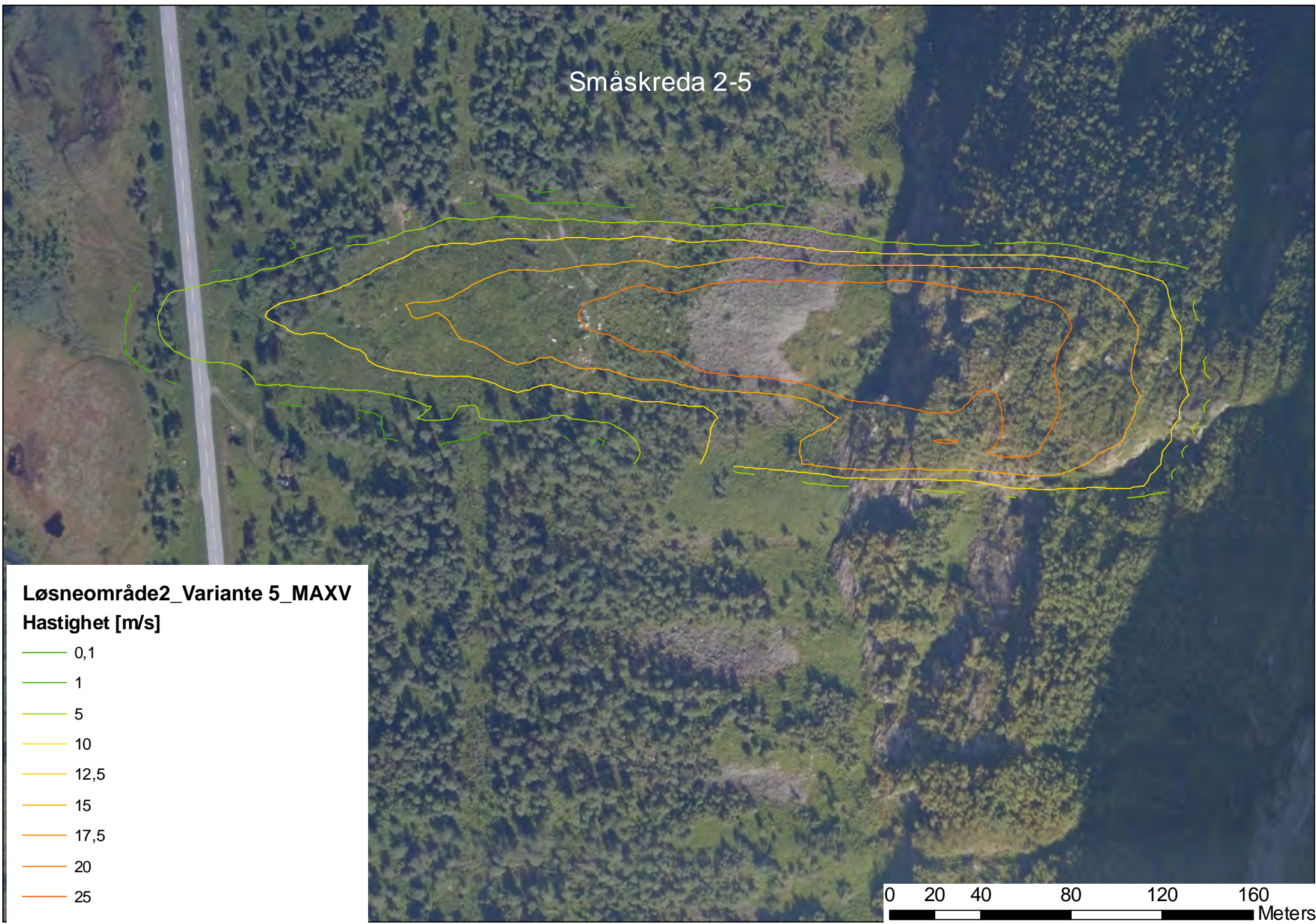


Løsneområde4_Variante 59_MAXV
Hastighet [m/s]

- 0,1
- 1
- 5
- 10
- 15
- 20
- 30
- 40

0 0,25 0,5 Km

Småskreda 2-5



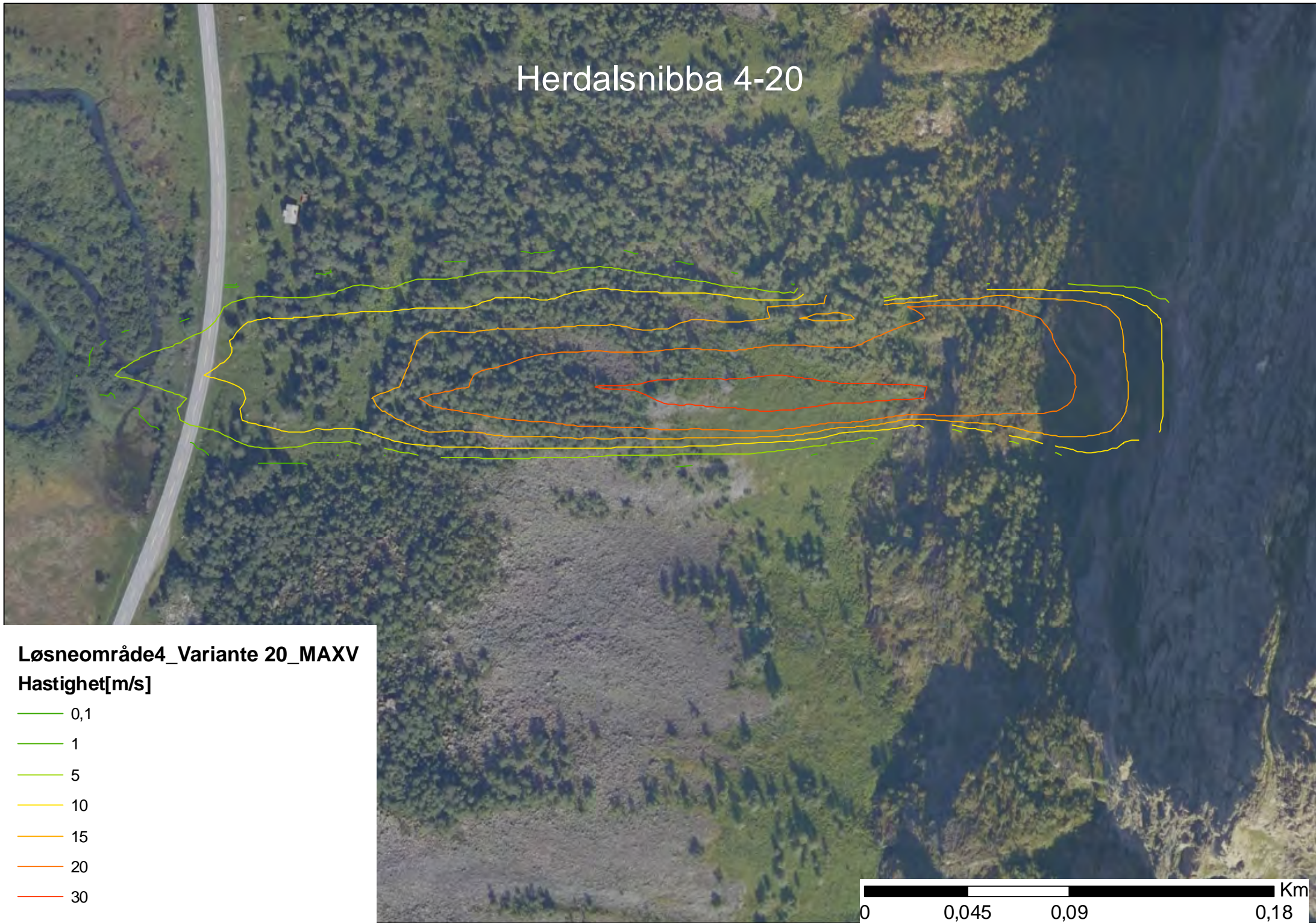
Løsneområde2_Variante 5_MAXV

Hastighet [m/s]

- 0,1
- 1
- 5
- 10
- 12,5
- 15
- 17,5
- 20
- 25



Herdalsnibba 4-20

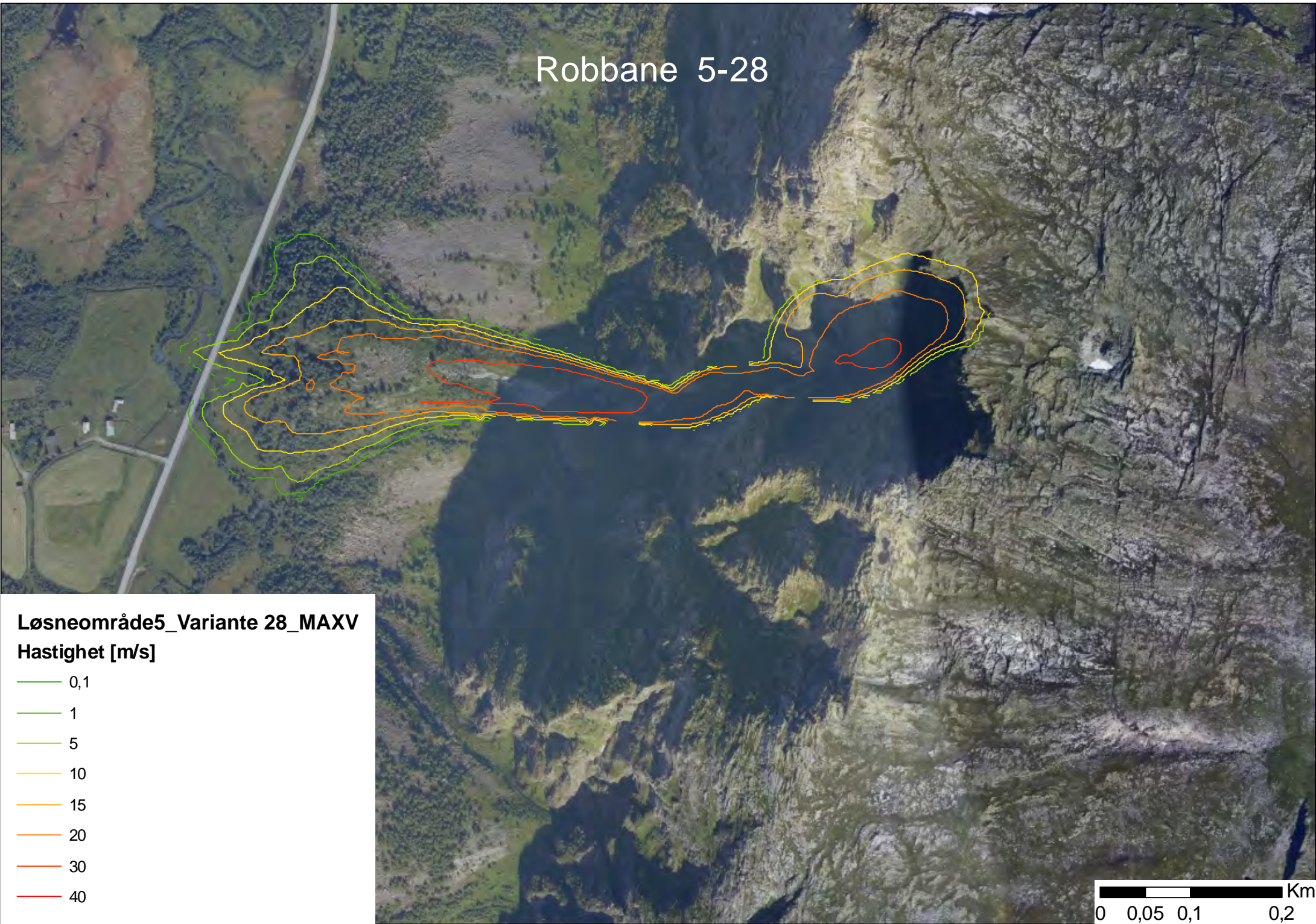


Løsneområde4_Variante 20_MAXV
Hastighet[m/s]

- 0,1
- 1
- 5
- 10
- 15
- 20
- 30

0 0,045 0,09 0,18 Km

Robbane 5-28



Løsneområde5_Variante 28_MAXV

Hastighet [m/s]

- 0,1
- 1
- 5
- 10
- 15
- 20
- 30
- 40

0 0,05 0,1 0,2 Km

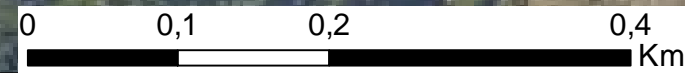
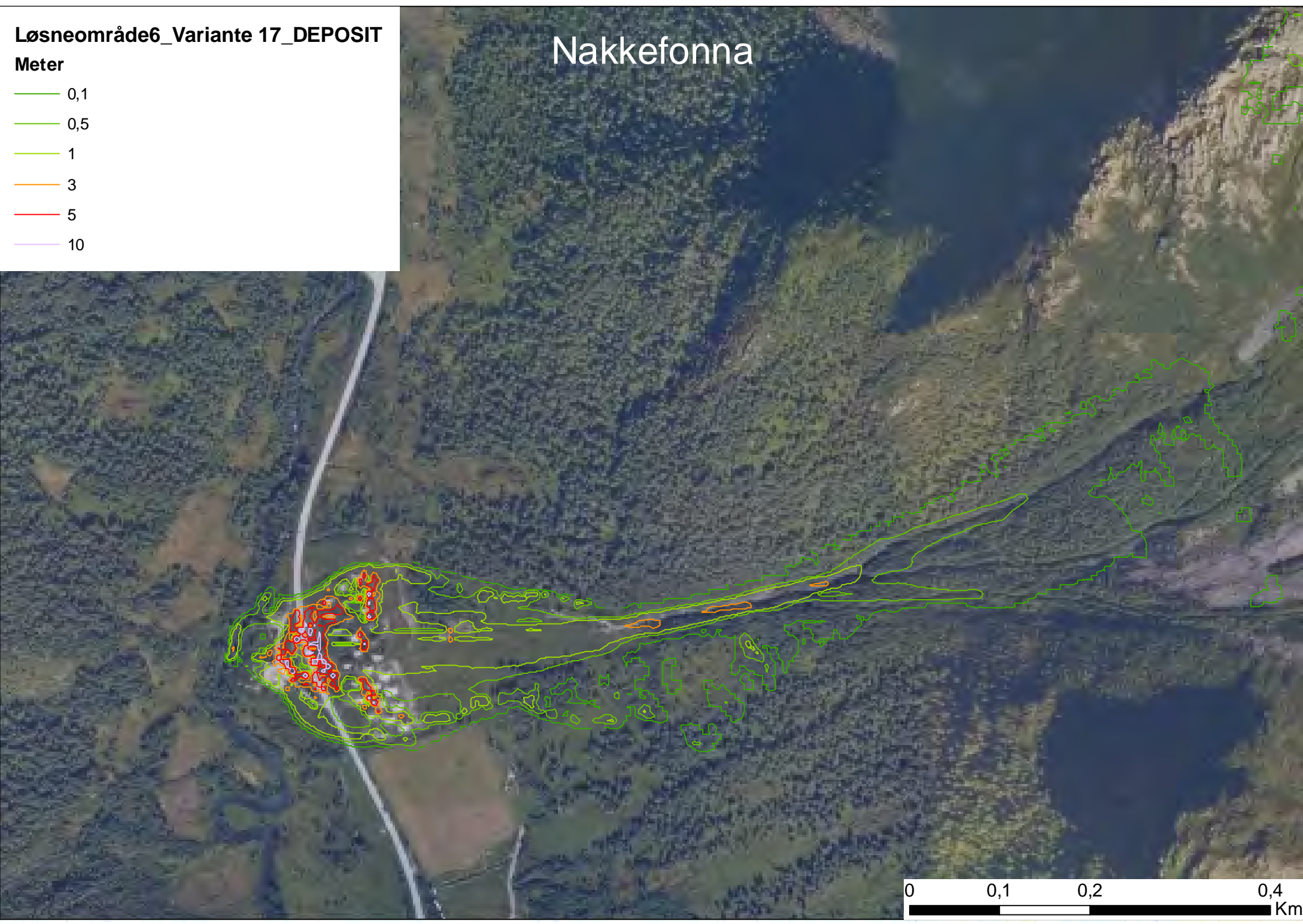
Vedlegg 3 Kart over avsetninger

Løsneområde6_Variante 17_DEPOSIT

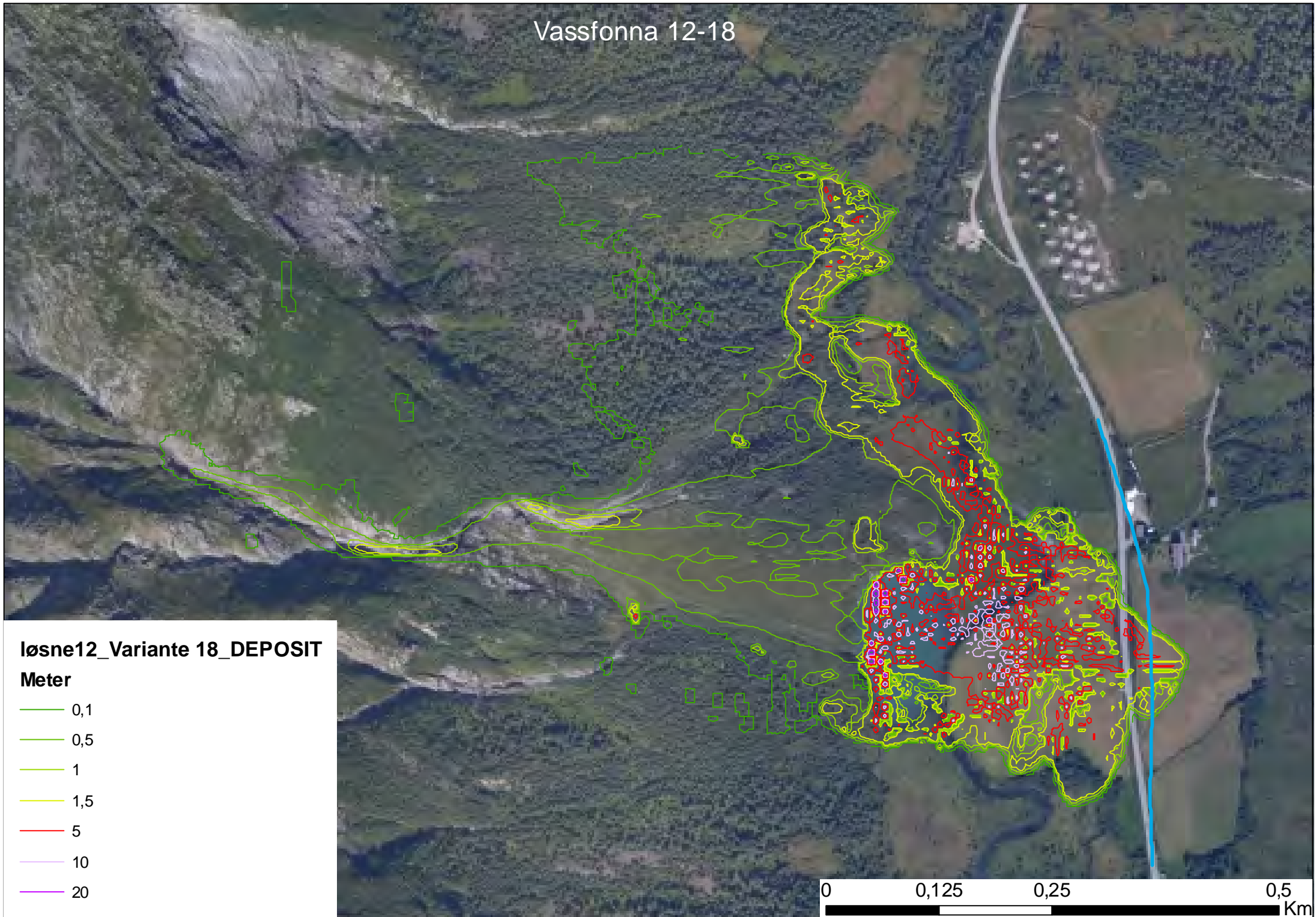
Meter

- 0,1
- 0,5
- 1
- 3
- 5
- 10

Nakkefonna



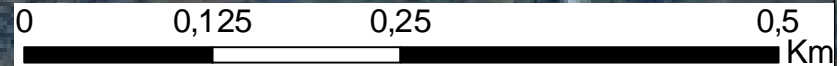
Vassfonna 12-18



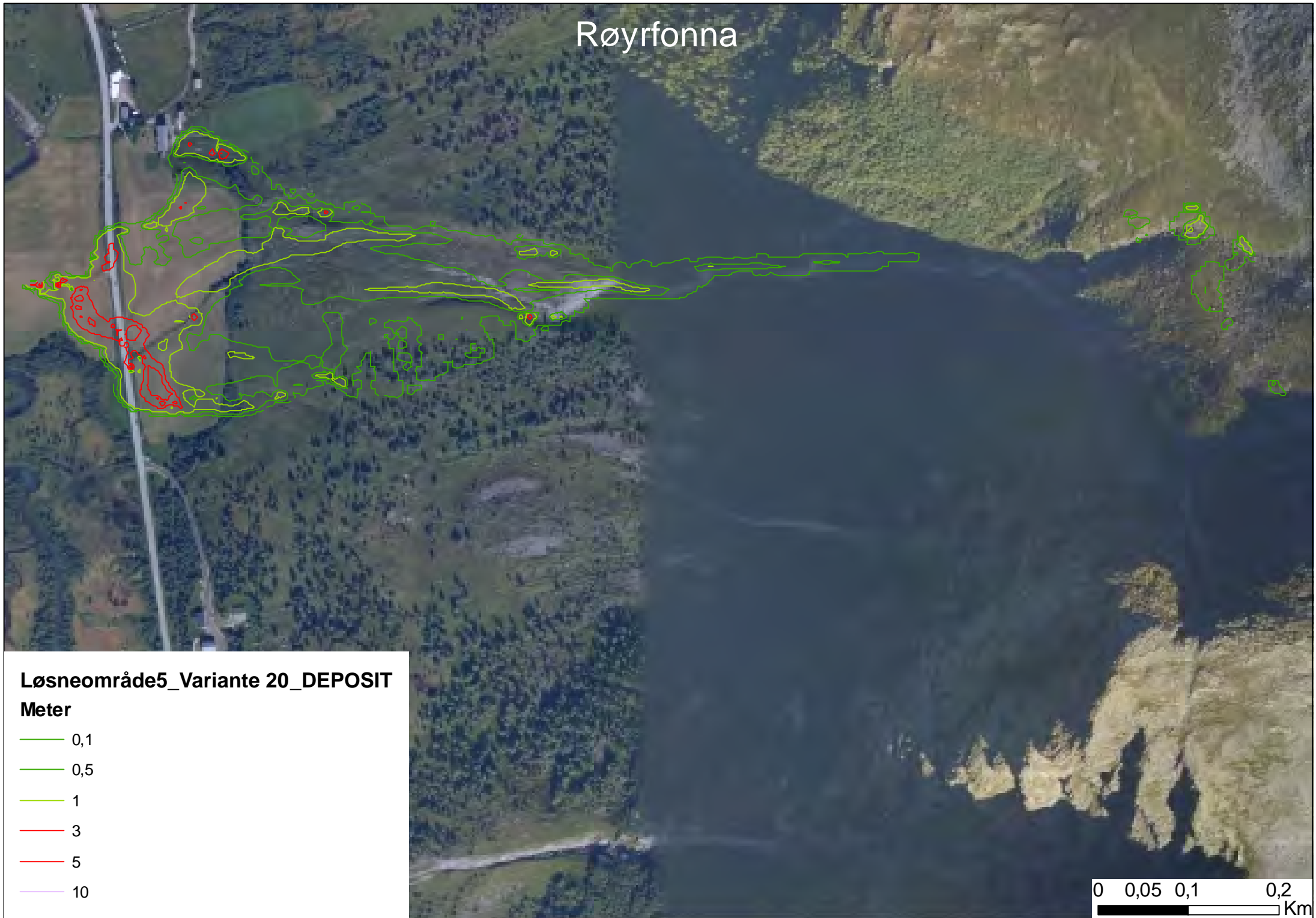
løsne12_Variante 18_DEPOSIT

Meter

- 0,1
- 0,5
- 1
- 1,5
- 5
- 10
- 20



Røyrfonna

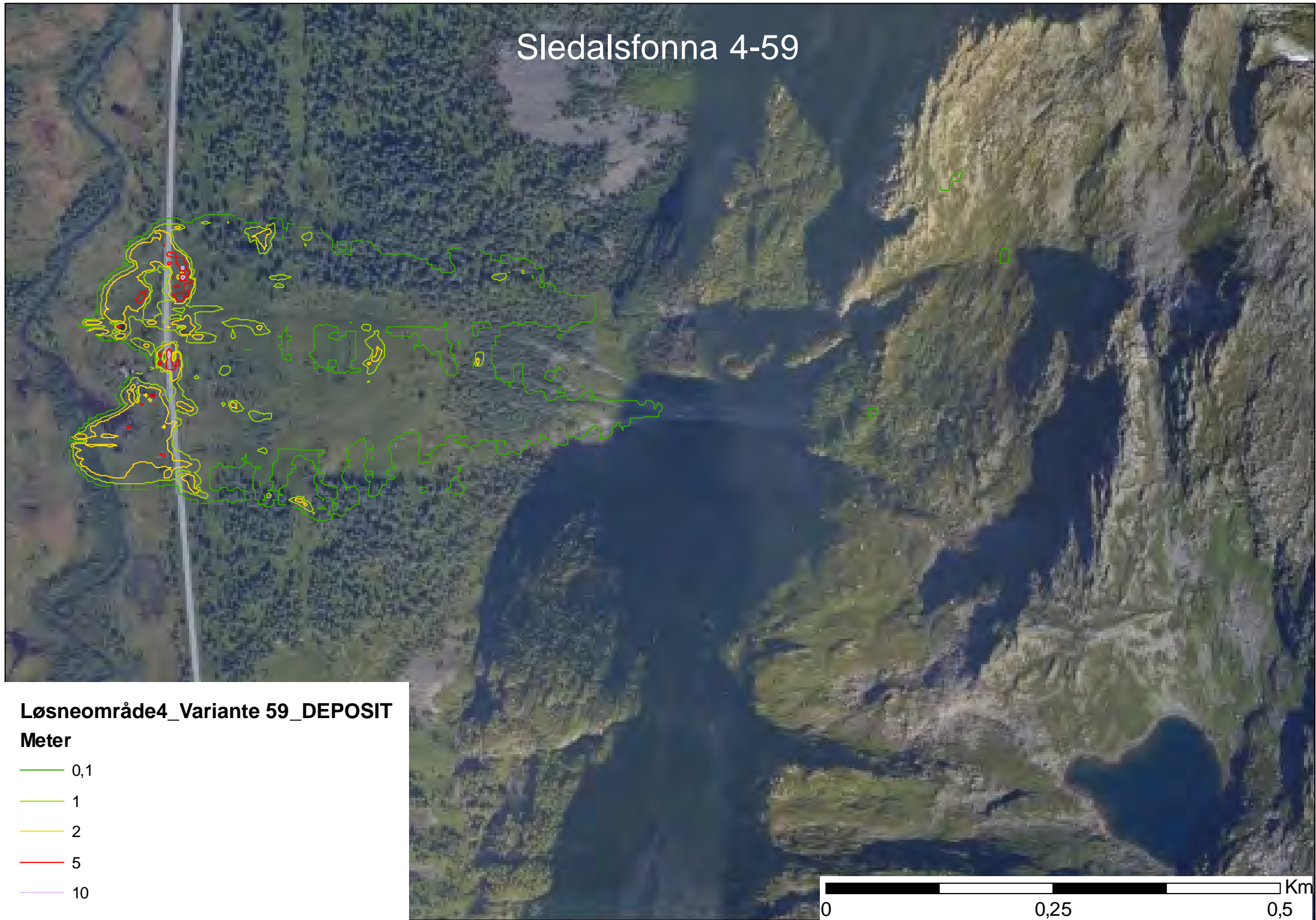


Løsneområde5_Variante 20_DEPOSIT
Meter

- 0,1
- 0,5
- 1
- 3
- 5
- 10

0 0,05 0,1 0,2
Km

Sledalsfonna 4-59



Løsneområde4_Variante 59_DEPOSIT

Meter

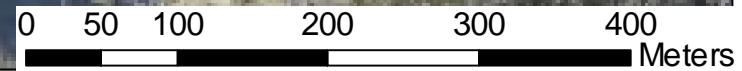
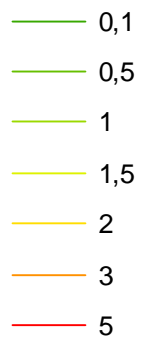
- 0,1
- 1
- 2
- 5
- 10

0 0,25 0,5 Km

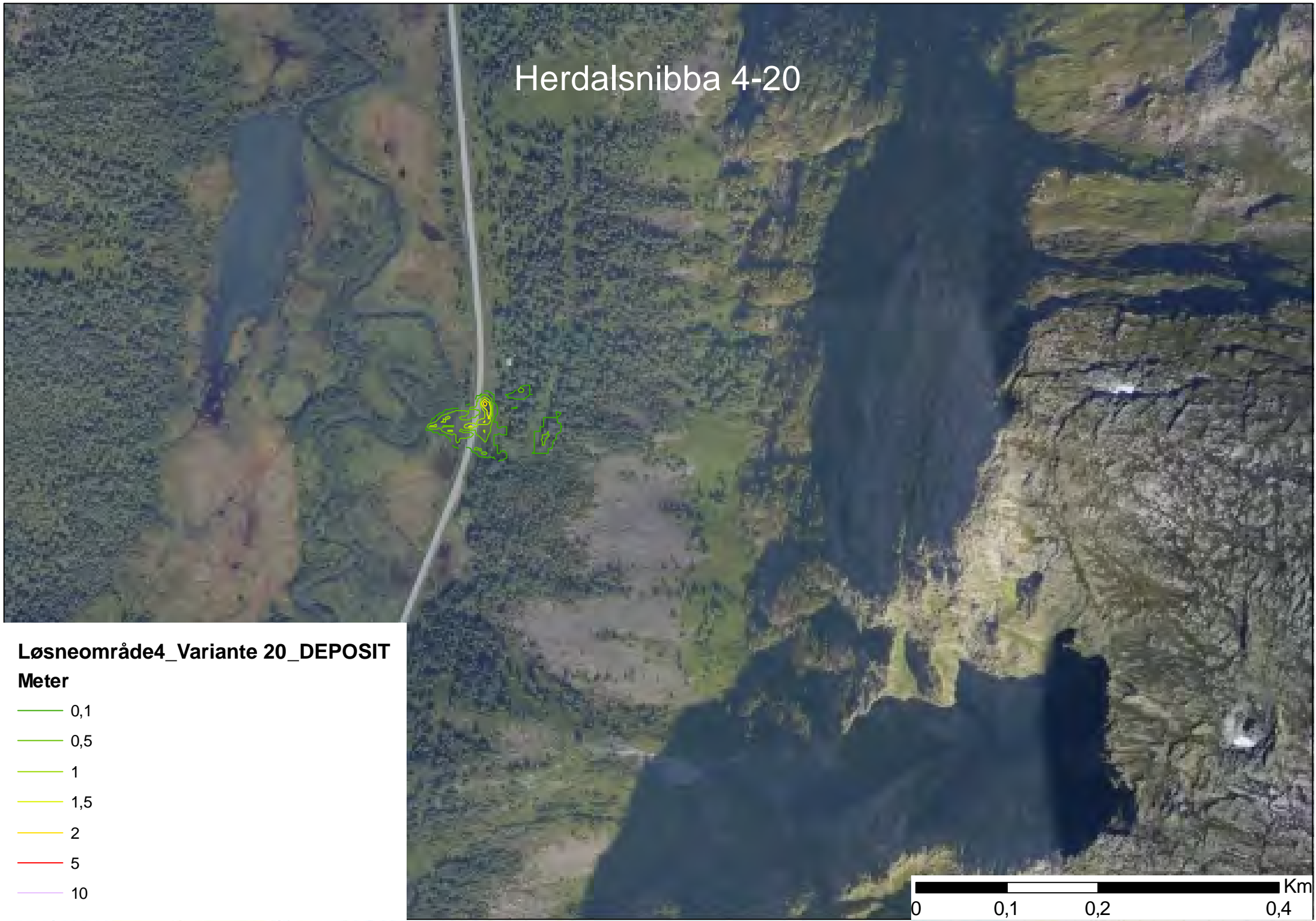
Småskreda 2-5

Løsneområde2_Variante 5_DEPOSIT

Meter



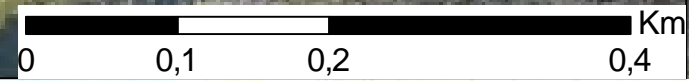
Herdalsnibba 4-20



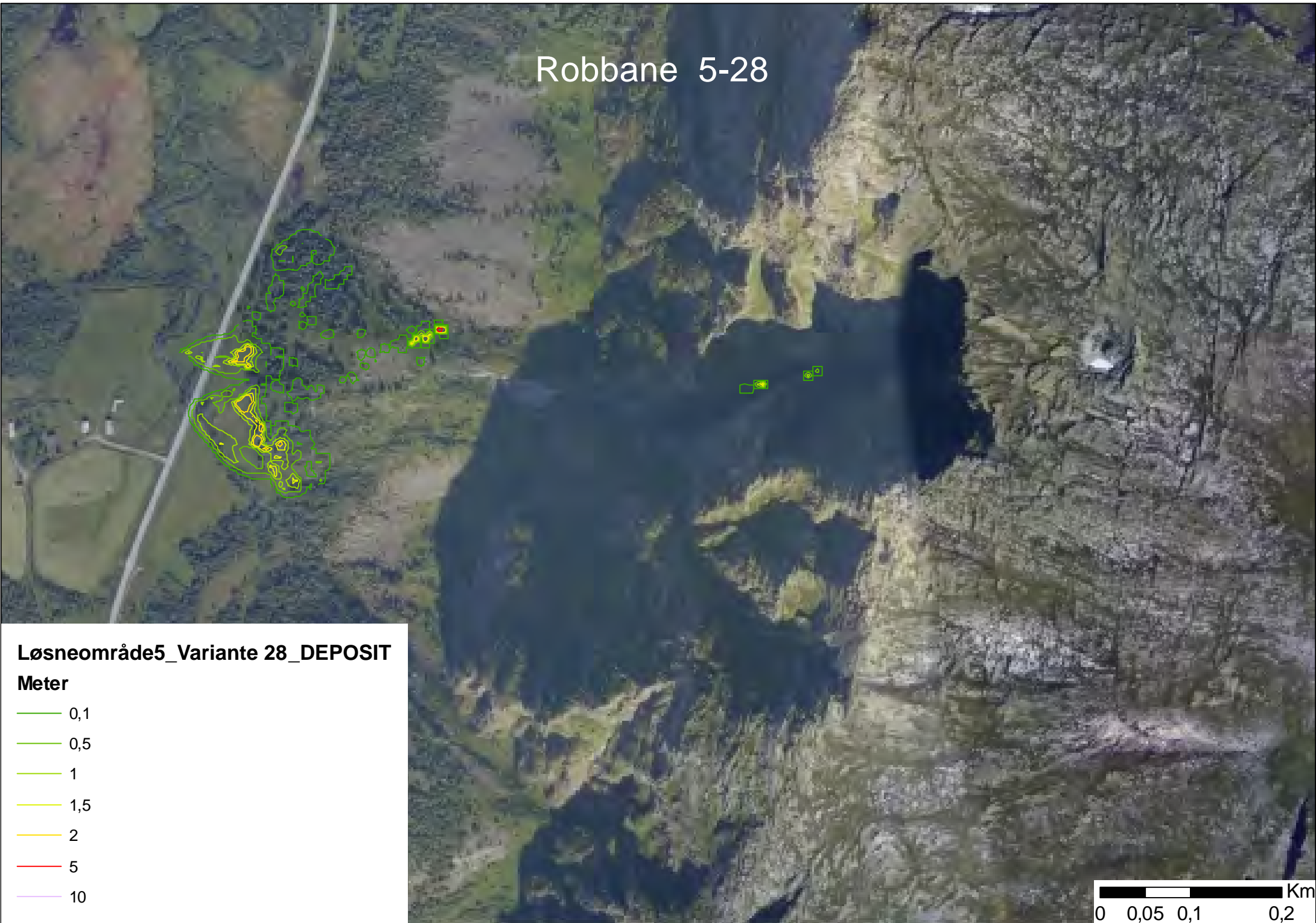
Løsneområde4_Variante 20_DEPOSIT

Meter

- 0,1
- 0,5
- 1
- 1,5
- 2
- 5
- 10



Robbane 5-28



Løsneområde5_Variante 28_DEPOSIT

Meter

- 0,1
- 0,5
- 1
- 1,5
- 2
- 5
- 10

0 0,05 0,1 0,2 Km



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep.
N-0033 Oslo
Tlf. (+47 915)02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN: 1892-3844