



Fylkesmannen
i Sogn og Fjordane

> *til beste for folk, samfunn og livsgrunnlag*

RISIKO– OG SÅRBARHEITSANALYSE

ROS-analyse til objektplan for Joasetbergi



Sist oppdatert 23.10.2017

Innhald:

Bakgrunn.....	s.3
Målsetjing.....	s.4
Skildring av område.....	s.4
Grunnleggjande føreset og avgrensingar.....	s.4
Samansetjinga av arbeidsgruppa	s.5
Terminologi	s.5
Skildring av område.....	s.6
Usikkerheit	s.7
Scenario.....	s.7
Sannsyn	s.7
Barrierar.....	s.8
Konsekvensar	s.9
Menneske i faresona og andre utsette område	s.9
Skade på materielle verdier	s.10
Miljøskade	s.12
Sårbarheit	s.12
Overvaking av Joasetbergi	s.12
Transport.....	s.12
Vegtransport-nettet	s.13
Sjøtransport og maritim infrastruktur	s.14
Flåmsbana	s.15
Kraft.....	s.16
Vatn og avlaup.....	s.17
Elektronisk kommunikasjon	s.17
Luftrom.....	s.17
Nød- og redningstenester, andre beredskapsaktørar.....	s.17
Offentleg tenesteyting	s.18
Risikoreducerande tiltak	s.19
Kjelder	s.20

Bakgrunn:

Stampa er eit fjellparti som ligg ved den sør-austlege delen av Aurlandsfjorden, om lag 2,5 km aust for Flåm (sjå fig.1). Fjellpartiet inneheld fyllitt, ein svak bergart som ofte er assosiert med skred.

Det er vurdert åtte ulike skredscenario for ulike delar av Stampa, der alle er vurdert til å utgjere ein middels risiko. Eitt av scenarioa grenser likevel til høg risiko; scenario 3a. Dette scenarioet gjeld eit ustabil part i øvste del av området, vest for Joasetbergi. Der ligg ei frittstående fjellblokk med eit volum på 280 000m³.

Årleg gjennomsnittleg rørsle i området er cirka éin centimeter. Eit skred i frå området vil kunne nå fjorden og utløyse ei flodbølge som vil råke sjønære område kring fjordbassenget.

Risikoen knytt til fjellblokk gjer at Noregs vassdrag- og energidirektorat (NVE) har bestemt at området skal underleggjast kontinuerleg overvaking. Dette medfører at ein objektplan for skredhendinga lyt utarbeidast. Objektplanen skal vera i tråd med krava i *Nasjonal beredskapsplan for fjellskred*.

Nasjonal beredskapsplan gir tydelege føringar for korleis skredobjekt av denne typen skal følgjast opp. Saman med den vil denne risiko- og sårbarheitsanalysen vere utgangspunkt for objektplanen.



Kart 1. Det aktuelle området

Målsetjing:

Føremålet med ein objektplan er å etablere ei felles ramme for korleis fjellskredberedskap for Joasetbergi skal etablerast og verte drifta. Den skal skildre beredskapsrutinar og planlagde tiltak for overvaking, varsling, evakuering og anna skadeavgrensing.

Føremålet med denne risiko- og sårbarheitsanalysen er å gi eit kunnskapsgrunnlag for planlegging og dimensjonering av beredskapen. Den omfattar direkte konsekvensar av fjellskredet med påfølgjande fareområde for flodbølgjer, og indirekte konsekvensar som følgje av skade på kritisk infrastruktur og svekking eller tap av kritiske samfunnsfunksjonar.

Beredskapen skal vere dimensjonert slik at den så langt det er mogleg hindrar at menneske i dei utsette områda vert skadd eller at liv går tapt som følgje av skredet. Overvaking, varsling og evakuering skal utgjere hovud-elementa i beredskapen mot fjellskred, og ROS-analysen skal reflektere det.

ROS-analysen skal gje dei involvert aktørane i fjellskredberedskapen ei felles forståing av risikoen ei mogleg hending utgjer, og synleggjere risikoforhold med relevans for beredskapsinnsatsen.

ROS-analysen skal saman med andre relaterte ROS-analyser på lågare nivå, leggast til grunn for førebyggjande og andre konsekvensreducerande tiltak. Dette kan til dømes vera restriksjonar for utbygging, arealbruk og reduksjon av sårbarheit knytt til kritisk infrastruktur og samfunnskritiske funksjonar. Slike tiltak fell utanfor beredskapsplanane, men det er likevel viktig å sjå det heilskaplege bilete av situasjonen.

Byggteknisk forskrift (TEK-17) er med og fastset kva krav til kva risikoreducerande tiltak som må vere på plass. § 7-4 i forskrifta er ein unntaksregel som på visse vilkår gir høve til utbygging i område med fare for flodbølgjer som skuldast fjellskred. Paragrafen set krav om at det er etablert eit beredskapssystem med sanntids-overvaking, varsling og evakuering.

Varslingssystema må vere pålitelege, og eit fjellskred skal kunne varslast seinast 72 timar før skredet inn-treff. Evakueringstida skal ikkje overstige 12 timar.

Grunnleggjande føresetnadar og avgrensingar:

NVE utfører kontinuerleg overvaking av ustabile fjellparti som dei vurderer til å utgjere høg risiko for fjellskred. Ein viktig og grunnleggjande føresetnad for analysen er at overvakinga av rørsle i fjellmassane tidleg skal gi indikasjon på ei komande fjellskredhending, og at NVE varslar om det. Eit fjellskred vil verte utløyst tidlegast to eller fleire veker etter at det er registrert aukande rørsle i fjellet. Denne føresetnaden er basert på tidlegare erfaringar med fjellskredovervaking, og er avgjerande for å sikre at myndighetene har nok tid til å evakuere menneske som oppheld seg i utsette område.

NVE sine overvakingssystem er på plass, og fjellpartiet vert kontinuerleg overvaka for auka rørsle.

Ein anna grunnleggjande føresetnad er at flodbølgjemodelleringa gjort av NGI (2017) er representativ for ei fjellskredhending og flodbølgjene som følgjer. Flodbølgjemodelleringa som ROS-analysen i stor grad byggjer på, tek høgde for framtidig havnivåstigning fram til år 2100 (DSB, 2016).

Med omsyn til ROS-analysen sitt føremål - å vere grunnlag for beredskapsdimensjoneringa, har vi valt å sjå på eit «verste fall»-scenario, ved m.a. å leggje hendinga til turistsesongen.

Å leggje scenarioet til turistsesongen vil betre synleggjere korleis beredskapen må dimensjonerast og kva den må ta omsyn til for å sikre liv og helse i periodar med svært mange folk i området.

Analysen vil omfatte området som vert direkte råka av eit skred som skildra i scenario 3a, og områda som vil vert råka av den påfølgjande flodbølgja. Den omfattar skredområdet, trafikk i fjordbassenget og busetnadar og infrastruktur i sjønære område frå Flåm til Aurlandsvangen. ROS-analysen vil vere avgrensa i utgreiinga av dei økonomiske og miljømessige konsekvensane av den uønskete hendinga.

Samansetjinga av arbeidsgruppa:

ROS-analysen er eit samarbeid mellom Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, NVE, Aurland kommune og Politidistrikt Vest.

Bane Nor, Aurland energiverk, Telenor, NKOM, SVV, DSB og Aurland hamn har og gitt innspel til ROS-analysen innanfor sine fag- og ansvarsområde.

Terminologi

Distribusjonsnett : Nett som fordeler kraft frå regionalnettet til husstandar/sluttbrukar.

EKOM : Elektronisk kommunikasjon, overføring av lyd, tekst, bilete eller anna data ved hjelp av elektromagnetiske signal i fritt rom eller kabel i eit system for signaltransport. EKOM vert nytta i denne rapporten som ei skildring av funksjon og teneste for elektronisk formidling av informasjon.

Faresone : Område som flodbølgjemodelleringar syner at vil verte råka av flodbølgjene som følgjer eit fjellskred frå Joasetbergi. Berekingane tek høgde for framtidig havnivåstigning og middelvassstand

Evakueringssone: Område som skal vere evakuert når eit fjellskred er nært føreståande. Desse er større enn faresonene for å ta omsyn til usikkerheit knytt til fjellskredet og flodbølgjene sitt omfang

GSM: Group Spécial Mobile, er eit digitalt system for mobiltelefoni som sender radiobølger i UHF-båndet

GSM-R: Ein variant av GSM som jernbanetrafikken i Norge nyttar.

Oppskyljingshøgde: Kor høgt opp i eit område vassmassane kjem, med utgangspunkt i havnivå

Partikkelhastighet: Eit uttrykk for kor raskt vassmassane flyttar på seg under oppskyljinga

Regionalnett: Kraftnett som dekkjer større område, til dømes regionar eller fylke. Regionalnetta ligg mellom Sentralnettet og distribusjonsnetta.

Risiko: Ein kombinasjon av sannsyn og konsekvens for ei uønskt hending

ROS-analyse: Risiko- og sårbarheitsanalyse, ein form for kvalitativ risikoanalyse som og vektlegg sårbarheit knytt til kritisk infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjonar.

Sentralnett: Hovudfartsåra til kraftforsyninga, sentralnettet bind dei regionale kraftnetta i Norge saman.

Steinsprang: Steinsprang består av mindre steinblokker og har eit volum på opp til nokre hundre kubikkmeter, desse skreda vert vanlegvis splitta opp langs skredbana.

Steinskred: Steinmassane har eit volum frå nokre hundre til fleire hundretusen kubikkmeter og blokkene vert splitta på veg nedover skråninga

Straumingsdjup: Den høgda vatnet frå ein flodbølgje stig over opphavleg tørt land.

Sårbarheit: Eit uttrykk for dei problema eit system vil få med å fungere når det blir råka av ei uønskt hending, og dei problema systemet får med å ta opp att verksemda si etter hendinga.

Skildring av området:

ROS-analysen femner om skredområdet frå Joasetbergi vidare ned fjellsida til E16, fjordbassenget mellom Flåm og Aurlandsvangen, og dei kringliggjande områda som vert råka av påfølgjande flodbølgjer.

Flåm er ei bygd heilt sør i Aurlandsfjorden, med om lag 360 fast busette. Bygda ligg på ei flat slette som strekkjer seg frå hamna inst i fjorden, og held fram med svak stigning innover i Flåmsdalen. Flåmselvi følgjer dalen og renn ut i fjorden i Flåm sentrum. Dalen er prega av bratte fjellsider i vest og slake fjellsider i aust.

Dei sjønære delane av Flåm er prega av turist- og handelsnæring. Det ligg ei større hamn med ein cruisekai og ein mindre tenderkai i sentrum. Det er òg ei rekkje mindre kringliggjande kaianlegg og brygger for ferjer og småbåtar. Flåm sentrum har fleire hotell, utleiehytter og anna innosjering for tilreisande nær sjøen. Flåm har nokre bustadar nordvest for sentrum og på Fretheimshaugane, men hovudtyngda av bustadar ligg lengre sør i Flåmsdalen.

Flåm er eit trafikk-knutepunkt der Flåmsbana, E16 og maritim trafikk møtest. Maritim trafikk i området spenner frå store cruiseskip og ferjer til private småbåtar. Den store tilstrøyminga av turistar gjer at aktivitetsnivået er vesentleg høgare i sommarsesongen enn elles i året.

Dorganeset, Bøen, Kvitt og Nordli er mindre busetnadar som ligg nært sjøen ved E16, mellom Flåm og Aurlandsvangen. Her ligg hus, naust og hytter langs fjorden.

Aurlandsvangen er kommunesenter i Aurland, og har 829 fastbuande. Dei sjønære områda er prega av busetnadar og privat næringsverksemd. Busetnaden ligg ved sjøen i munningen på Aurlandsdalen. Lengre inn i dalen ligg fleire vasskraftverk.



Bilde 1. Analyseområdet. Flåm nedst, Aurlandsvangen oppe i venstre hjørne

Usikkerheit:

Kunnskapen vår om skred og skredområdet er ikkje god nok til at vi kan fastslå nøyaktig kor sannsynleg det er at eit skred frå Joasetbergi vert utløyst. Sannsyn må i denne analysen forståast som eit uttrykk for ei subjektiv vurdering gjort av fagekspertar om kor truleg det er at skredhendinga vil inntreffe i løpet av eit gitt tidsrom. Vurderinga er grunna i ei fagkyndig tolking av data frå ei rekkje tekniske målingar, analysar og modelleringar av ulike høve som er vesentlege for skredfaren. Vurderingsgrunnlaget er utarbeidd av NVE, NGU, NGI, HSIS med fleire. Ei oversikt over dette grunnlaget ligg i referanselista.

Flodbølgjene sin karakteristikk avheng av volumet på fjellskredet, form, hastigheit og vassdjupa i området. Den største usikkerheita i berekningane er knytt til skredforlaupet. Det gjeld særskilt hastigheita og forma på skredet når det treff fjorden. Dette er viktige føresetnader for bølglene som vert danna. Berekningane for bølgespreiinga og den påfølgjande oppskyljinga på land er vesentleg meir nøyaktige. Det er utarbeidd flodbølgeoppskyljingshøgder for Flåm, det same skal utarbeidast for Aurlandsvengen, men ikkje områda langs E16. Difor vil det vere større uvisse kring konsekvensane for den strekninga.

Scenario:

I starten av juni månad aukar rørsla i fjellmassane ved Joasetbergi gradvis over ein periode på to veker. Den andre veka blir fleire mindre steinsprang utløyst i øvre del av fjellpartiet.

I slutten av den andre veka losnar ei frittstående fjellblokk med eit volum på 280 000 m³ og rasar ut. På veg ned fjellsida tek skredet med seg 120 000 m³ lausmasse frå tidlegare skred (NGI 2017).

Ved foten av fjellet riv skredet med seg ein seksjon av distribusjonsnettet for kraftforsyninga, og råkar E16, før skredmassane kjem ut i fjorden.

Skredmassane skapar ei brå forskyving av vassmassane i fjordbassenget. Den brå forskyvinga av vassmassar skapar ei flodbølge, som med stor fart spreier seg vidare i fjordbassenget. Flodbølga flytter seg frå opphavspunkt til Flåm på 40 sekund og Aurlandsvengen på 2,5 minutt.

I Flåm sentrum får oppskyljinga ein høgde på omlag 2 til 3,5 meter der den søraustlege bukta i Flåm vert hardest råka. I Aurlandsvengen vert oppskyljingshøgda på det høgste 2.5 meter. Mellom Neset og Høydalen vert oppskyljinga på 2 meter.

Sannsyn:

Sannsynet for at scenario 3A skal inntreffe er sett til mellom 1/100 og 1/1000 per år, men tett opp til 1/1000 per år (NVE, 2016:77 s.16).



Kart 2. Skredbane og modellert oppskyljing i Flåm

Barrierar:

Det er vanleg å skilje mellom harde og mjuke barrierar. Harde barrierar er tekniske innretningar som sensorar, fysiske sperringar, alarmsystem, rømmingsveggar m.m. Mjuke barrierar er ei blanding av menneske og papir; det kan vere planverk, rutinar, prosedyrar, kontrollar, operatørar, treningsregimer, øvingar og liknande.

Overvaking og aktørvarsling:

NVE har starta med kontinuerleg overvaking av Joasetbergi. Permanent radarovervaking i form av bakkebasert InSAR har vore på plass ved Joasetbergi sidan våren 2016. Radarovervaking kan vere sårbart for støy på vinterstid, då snøfall vil kunne forstyrre målingane (NVE 2015:100). Målingar frå systemet blir kontrollert dagleg, avhengig av farenivå (NVE 2016:77). Systemet måler rørsle i området til utplassert GPS-målar, horisontalt og vertikalt.

Strekkestag er røyr som inneheld instrument som måler rørsle langs ein akse. Ein ende av røyret vert festa på eit punkt i det ustabile fjellpartiet, den andre enden vert festa i fast fjell. Instrumentet måler rørsle mellom desse to punkta. Dette sensorsystemet er mest robust for uvêr og snøfall.

Det ustabile fjellpartiet er utstyrt med ein totalstasjon. Systemet består av reflektorar som er montert i dei ustabile områda og ein laser som er montert på stabilt fjell. Laseren måler endringar i avstanden til reflektorane. Rørsle i fjellmassen vert målt ved å samanlikne målingsverdiar over tid.

Eit fjerde overvakingssystem som vert nytta er operativ teneste for behandling av satellittdata (InSAR). Systemet baserer seg på det europeiske romprogrammet Copernicus, og eit norsk bakkesegment for nedlasting, prosessering og tilgjengeleggjering av data frå de nye Sentinel-satellittane. Systemet nyttar radarmålingar frå satellitt, men avheng av satellittpassering for å hente inn nye data. Metoden kan nyttast i dei fleste høve, men mykje vegetasjon eller ugunstig orientering av fjellsida kan skape utfordringar for målinga (NVE,2016:77 s.11).

Ved Joasetbergi er det eit avgrensa tal datapunkt i bakkebaserte InSAR-målingar på grunn av tett skog (NVE 2013:35, s.28).

Overvakingssystemet har òg ein klimastasjon som måler viktige faktorar som regn og snøsmelting. Det er utarbeidd rutinar og planar for varsling av auka rørsle i fjellpartiet, frå ein akselerasjon i den ustabile fjellblokka når bekymringsverdige nivå og fram til at rørsle tilseier at eit fjellskred er nært førestående.

Beredskapsplanar:

Det er utarbeidd eit beredskapsplanverk som skal sikre at det ikkje er menneske som oppheld seg i utsette område viss eit fjellskred vert utløyst. Planane styrer kven som skal gjere kva på dei ulike beredskapsnivåa og korleis innsatsen skal samordnast. Tiltaka omfattar mellom anna avvikling av cruiseskiptrafikk, oppretting og handheving av restriksjonssonar for ferdsle til sjøs og på land og evakuering av innbyggjarar og tilreisande i utsette område. Objektplan for Joasetbergi gir ein overordna oversikt over kva beredskapsplanane femnar. Det skal og vere utarbeidd aktørplanar som er underordna objektplanen. Desse legg rammene for beredskapsinnsatsen til dei ulike partane som spelar ei rolle i fjellskredberedskapen.

System for befolkningsvarsling:

Kva ein skal bruke av tekniske system for befolkningsvarsling er enno ikkje bestemt. Eit konseptprosjekt skal etablerast og verte testa i perioden fram til vinteren 2018.

Konsekvensar

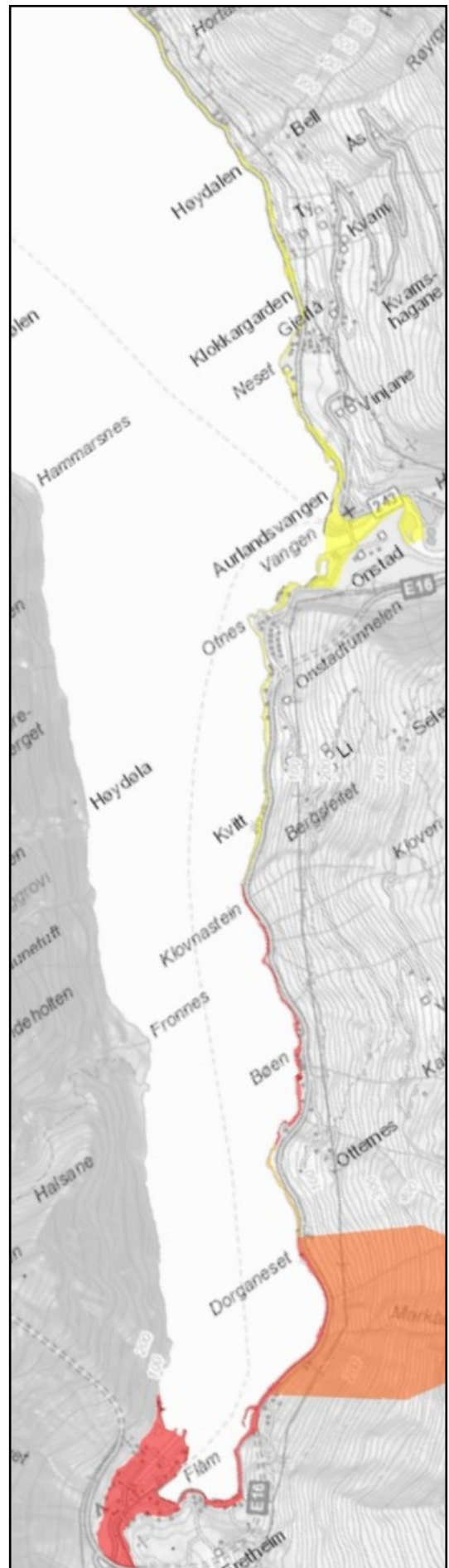
Menneske i faresona og andre utsette område:

Kor mange som oppheld seg i dei flodbølgjeutsette områda i Flåm sentrum vil avhenge mykje av tidspunkt på døgnet. Talet vil vere høgst rett etter at passasjerane frå eit større cruiseskip har gått i land eller når passasjerar førebur seg på å gå om bord igjen. Dei største cruiseskipa har plass til rundt 4000 passasjerar. Beredskapsplanane legg opp til å avvike cruiseskiptrafikk og sperre av fjordbassenget når rørsle i fjellblokka ved Joasetbergi tilseier at eit føreståande fjellskred kan vere to veker unna.

Hotell, pensjonat, hytter og campingplass i eller nær Flåm sentrum vil bidra til at menneske oppheld seg i flodbølgjeutsette område. Det kan vere mykje turistikaktivitet langs bryggene i Flåm. Det vil normalt vere menneskeleg aktivitet i nærleik til busetnadar og hytter langs sjøen i områda langs E16 mellom Flåm og Aurlandsvangen. Beredskapsplanane legg opp til å evakuere desse områda for menneske når rørsle i fjellblokka ved Joasetbergi tilseier at eit skred kan inntreffe om 72 timar.

System for befolkningsvarsling er enno ikkje valt. Slike system er viktige for å sikre at alle som oppheld seg i området er klar over fara og veit kva dei skal gjere. Frå hausten 2017 til vinteren 2018 vil eit system basert på DAB-radioteknologi og høgtalarar verte utprøvd. Andre varslingsystem vil òg vere aktuelle.

Den største faren for tap av menneskeliv vil vere knytt til at enkeltpersonar eller grupper tek seg inn i restriksjonssoner og evakuerte område når eit fjellskred er nært føreståande. Ein annan risikofaktor er at turistar, barn, eldre og pleietrengande som er aleine ikkje oppfatar varsla frå myndigheitene, og av ein eller annan grunn ikkje blir fanga opp av evakueringsinnsatsen. Grunna merksemda fjellskredfare får i media når farenivået aukar er dette svært lite truleg, men ikkje umogleg.



Kart 3. Evakueringssone for Aurland

Skade på materielle verdiar:

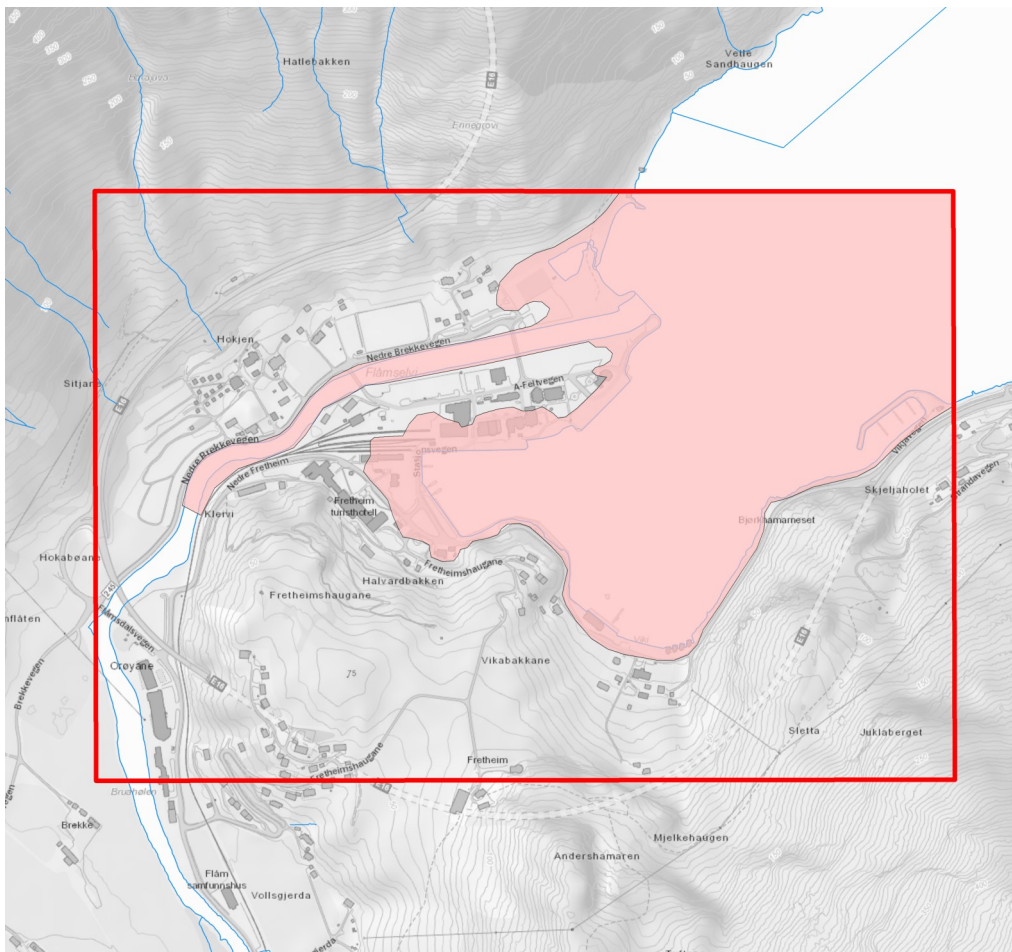
Flåm

Straumingsdjupna for store delar av dei råka områda i Flåm sentrum er på om lag 1 meter eller mindre. Det er få bustader i Flåm sentrum som er omfatta av faresona i flodbølgjekarta frå NGI. Den nordaustlege delen av Nedre brekkevegen har ei klynge bygningar som ligg svært nær, eller på grensa til faresona. I Nord-vest ligg nokre naust som truleg vil få store skadar.

I Flåm sentrum er det ein del næringsverksemd knytt til turistnæringa. Verksemdene nær sjøen vil vere eksponert for ei flodbølge. På cruiseskipskaia ligg kontora til Aurland hamnevesen, eit hotell, bryggeri, turistinfor masjon og ein kafé. I sentrum ligg Flåm jernbanesta sjon.

I austre del av Flåm (Vikji) ligg ein marina med utleige husvære. Her syner flodbølgjemodelleringa eit strø mingsdjup på omlag 3 meter, og det er difor sannsynleg at det vil verte større skadar. Det ligg og fire feriehei mar i Vikji som vil verte hardt råka. Frå cruiseskipham na og til marinaen er det fleire mindre brygger som vert nytta av småbåtar og ferjer. Alle desse ligg i faresona til flodbølge og vil verte råka med eit strømmingsdjup på om lag 2 til 2.5 meter.

Flåm småbåthamn ved Kolakaien ligg bak ein mindre molo Oppskyljinga vil vere ein meter over moloen, med konsekvensar for småbåtar som er på innsida.



Kart 4. Faresone i Flåm, basert på modellering av NGI.

Områda langs E16 mellom Flåm og Aurlandsvangen

Sidan det ikkje er berekna oppskyljingshøgder for områda mellom Flåm og Aurlandsvangen, er det usikkert kor hardt dei sjønære husa og hyttene langs E-16 vert råka. Det ligg eit titals bustadar og hytter på denne strekninga. Det er òg ein del naust og andre bruksbygg som ligg sjønært. Bygningane i dei utsette områda er hovudsakleg bygd i tre og vil difor ha avgrensa motstandsevne.

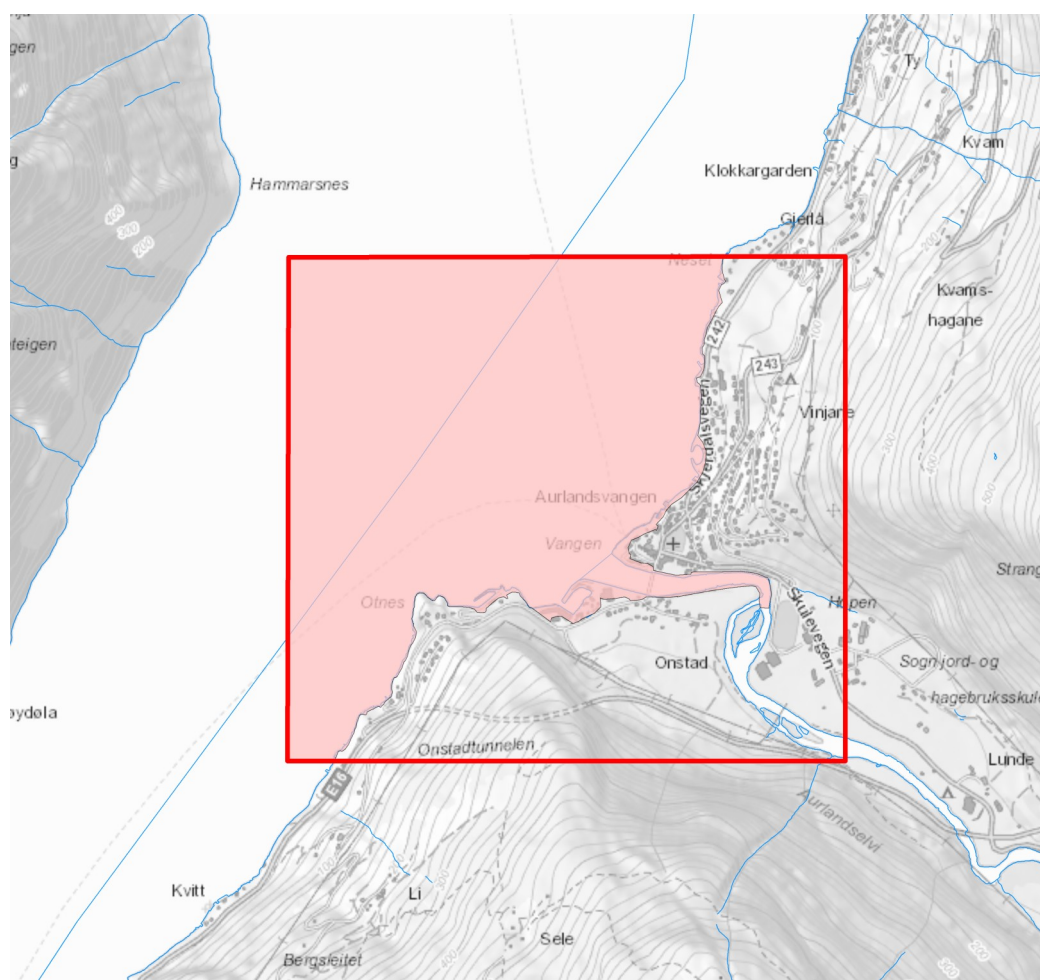
Aurlandsvangen

Aurlandsvangen har kystnære bustadar og fleire småbåthamner. Marginane som avgjer om det vert materielle skadar eller ikkje er små. Aurland helsetun ligg nært sjøen og har brukarar som krev særleg omsyn.

Det ligg tre verksemder i den sørvestlege delen av Aurlandsvangen som lagrar eller handsamar farlege stoff, men ikkje store mengder.

Det vil òg verte noko oppskyljing i Høydalen (maks 2m), men lågare enn på Aurlandsvangen (maks 2,5m).

Fleire aktørar med ei rolle i fjellskredberedskapen har tilhaldsstad på Aurlandsvangen, mellom anna Lensmann, sivilforsvar, kommunal administrasjon og brannvesen. Aurland brannstasjon ligg i eit område som vil få oppskyljing, dei andre er nær eller på grensa til evakueringssonene, men vil ikkje få oppskyljing med noverande berekningar av bølgeoppskyljing.



Kart 5. Faresone på Aurlandsvangen, basert på modellering av NGI.

Miljøskade:

Aktuelle kjelder til forureining er olje og drivstoffutslipp frå skadde båtar som har vore råka av flodbølgjer nær land og eventuelt øydelagde naust. Det ligg eit titals private brygger mellom Flåm og Aurlandsvengen. I Flåm ligg ei brygge, ein marina og ei småbåthamn. Utslipp og skader kan reduserast ved å flytte båtar ut av området før ei skredhending inntreff.

Aurlandsvengen har ein bensinstasjon som ligg der Aurlandselvi renn ut i fjorden. Bensinstasjonen lagrar drivstoff i nedgravne tankar. Det er lite truleg at flodbølgjer vil ha særleg konsekvensar for desse. Elles vert det lagra mindre mengder LPG på to nærliggande lokasjonar. Skred og flodbølgjer vil tilføre organisk materiale og søppel til fjorden. Desse faktorane vil påverke vilkåra for liv i fjorden.

Sensitivitet:

Det er usikkerheit kring skredeigenskapar som påverkar storleiken på flodbølgjene som følgjer hendinga. For lågtliggende bustadar, menneske og båtar nær kysten vil ei auke i bølgehøgde med ein meter frå eller til ha mykje å seia for skadeomfanget.

Sårbarheit:

Sårbarheitsomgrepet har mykje til felles med konsekvensomgrepet, men skil seg frå det fordi det rettar seg mot evna til å oppretthalde viktige funksjonar i eit system. I dette høvet er det samfunnet i dei utsette områda som må sjåast på som overordna system.

For å avdekke sårbarheit må det vurderast kor truleg det er at funksjonar vil bli svekka eller falle bort som følgje av den uønskte hendinga, kor kritiske funksjonane er for samfunnet og eventuelt kor lang tid det vil ta å få dei i gang igjen.

Det er mange funksjonar som er kritiske for eit moderne samfunn, t.d. kraftforsyning, omsorgstenester, elektronisk kommunikasjon, avløp og transport.

Desse funksjonane er sett saman av mange deler som skal samverke og gjer dei difor ofte komplekse. Systema som er nødvendige for å ivareta dei aktuelle

funksjonane må difor analyserast av personell med særleg kjennskap til systema samfunnet nyttar seg av. ROS-analysen baserer seg på infrastruktureigarane sine vurderingar av eigne system.

Eit praktisk døme:

Systemet for kraftforsyning består av mange mindre byggeklossar, som i samspel gjer til at m.a. bustadar og verksemder får den straumen dei treng. Systemet består av m.a. generatorar, transmisjons- og distribusjonsnett, transformerings- og brytaranlegg, system for styring av brytarfunksjonalitet og vern av dei ulike anleggskomponentane. Kva som er tilgjengeleg av ressursar for å reparere systemet, og kor lang tid det vil ta under dei omstende som ein forventar vil vere rådande etter hendinga er òg vesentleg.

Overvaking av Joasetbergi:

Eit skred vil ta med seg mykje av overvakingssystemet NVE har knytt til Joasetbergi, og vil gjere arbeidet med å avklare fare for følgjeskred i området vanskelegare. Det kan føre til at innsatsmannskapa må vente lengre før NVE kan stadfeste at det er trygt å ta seg inn i utsette område. Det vil truleg ta ein del tid å gjenoppta ei fullverdig skredovervaking.

Transport

Flåm er knytt saman av tre transportsystem: veg-, sjø- og jernbanetransport. For busetjinga nord for Flåm er det veg- og sjøtransport som er aktuelt.

I perioden frå det er registrert aukande rørsler til skredet går, vil farenivået vere ei utfordring for bruk av transportsystema. Det må vurderast kva strekningar som kan nyttast for kva og av kven på dei ulike farenivåa, når det skal sperrast av for trafikk og korleis det skal gjerast.

Transportsystema vil til ei viss grad erstatte kvarandre, med omsyn til transport av menneske og varer.

Vegtransport-nettet

På vegstrekket E16 mellom Flåm og Aurlandsvengen er det registrert 25 steinsprang og 17 steinskred sia 1985. Av desse har vegstrekket under Joasetbergi hatt åtte registrerte steinsprang og sju steinskred. Om lag 75% av hendingane er registrert dei siste 10 åra.

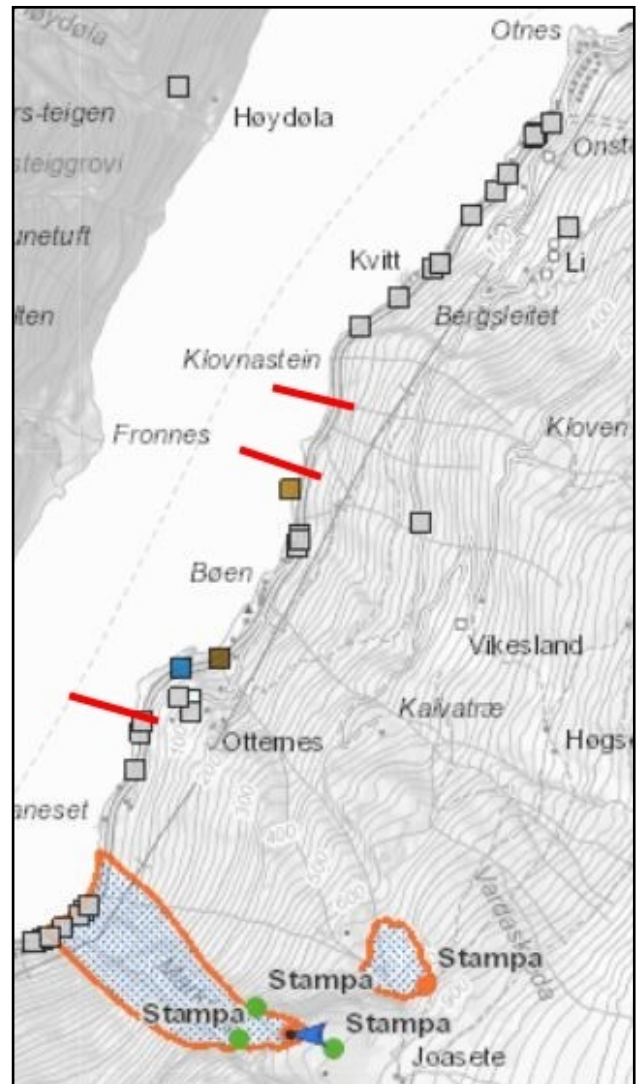
Auka rørsle i fjellmassane ved Joasetbergi kan potensielt utløyse steinsprang og mindre skred i ustabile område før eit fjellskred går.

Viss eit eller fleire mindre steinskred vert utløyst langs E16 grunna ei auka rørsle i fjellpartiet, kan det sperre delar av vegen før eit eventuelt fjellskred inntreff. Det kan hindre trafikk mellom Aurlandsvengen og Flåm på moderat og høgt farenivå.

Når fjellskredet (scenario 3a) vert utløyst vil E16 under Joasete verte råka av skredmassane. Skadane på vegstrekninga som skredet treff vil truleg vere så omfattande at vegseksjonen må byggjast på ny.

E16 går vidare nordover til Aurlandsvengen, og ligg mange stader nær sjøen. Det kan ikkje utelukkast at sårbare delar av vegen kan bli vaska ut. Gitt dei noverande estimata av bølgeoppskyljingshøgder er dette likevel lite sannsynleg.

Eit skred kan skape bølgerørsle som varar ei stund etter hendinga. Viss vedvarande høge bølger råkar lågtliggjande vegsider med lite vegetasjon, vil det vere ein auka risiko for at vegparti rasar ut.



Kart 6. E16 mellom Flåm og Aurlandsvengen. Grå bok-sar syner tidlegare skredhendingar, raude strekar indikerer område der veg kan vere sårbar for utvasking.



Bilde 2. Utsett vegparti



Bilde 3. Utsett vegparti

I Flåm vil det lokale vegnettet nær hamna i sentrum verte råka av flodbølgja, og det kan t.d. føre til at oppskylte gjenstandar sperrar vegen enkelte plassar.

Trafikkproblem kan hindre eller forseinke innsatsmannskap og evakueringsinnsats. E16 er ein hovudveg mellom Bergen og Oslo. På vegstrekninga E16 mellom Flåm og Aurlandsvangen passerer gjennomsnittleg 2600 køyretøy i begge retningar kvart døgn. Denne trafikken må finne ei anna rute, og kan skape trafikkale utfordringar med nasjonale konsekvensar.

Det er fleire mindre bruer i Flåm sentrum, desse er laga av betong og bør vere relativt robuste. Det ligg bruer lengre nord som ikkje vil bli råka, og som difor kan nyttast til å krysse Flåmselvi nær Flåm. E16 i Flåm ligg jamt over høgt i lendet og vil ikkje verte råka av flodbølgja.

Sjøtransport og maritim infrastruktur

På ope hav har flodbølgjer liten innverknad på skip og båtar. Det er først når vassmassane blir pressa oppover på grunn av stigning i den undersjøiske topografien at det blir ein fare. Forholda i ein fjord avheng mykje av dei lokale undersjøiske forholda. Trafikken i fjordbassenget mellom Flåm og Aurlandsvangen bør sperrast eller avgrensast ved auka skredfare.

Flåm har stor båttrafikk i turistsesongen. Det inneber at det ligg små båtar i marinaene, ferjer ved kaiene, og cruiseskip i hamna. Ei flodbølgje vil truleg ikkje gjere så mykje skade på eit skip i seg sjølv. Det kan skyve eit skip som ligg til hamn mot kaien, og på den måten føre til materielle skadar på skip og hamneinfrastruktur. Det same gjeld ferjer.

Det er ein risiko for at småbåtar kan skyljast opp på land eller slåast mot brygger, og på den måten auke skadeomfanget på bygningar eller infrastruktur i dei mest utsette områda. Det gjeld òg lette flytebrygger og andre objekt som er nært sjøen. Større objekt som vert skylt til sjøs når flodbølgja trekk seg tilbake, vil utgjere ein viss fare for innsatsmannskapa som nyttar sjøen som tilkomstveg i akuttfasen.

Det vil vere nødvendig å rydde farvatnet for større objekt før ordinær sjøtrafikk kan starte opp igjen. Det kan og vere nødvendig med mindre reparaasjonar av brygger m.v. Funksjonen fjordbassenget og hamneanlegga fyller for sjøtrafikk vil difor vere redusert ein periode.

Hamnevesenet sine kontor vil bli råka av flodbølgjer. Viss dei skal vere ein vesentleg del av beredskapen, bør dei ha ein alternativ lokasjon å arbeide frå når beredskapsnivået er auka.



Bilde 4. Cruiseskiptrafikk i Flåm



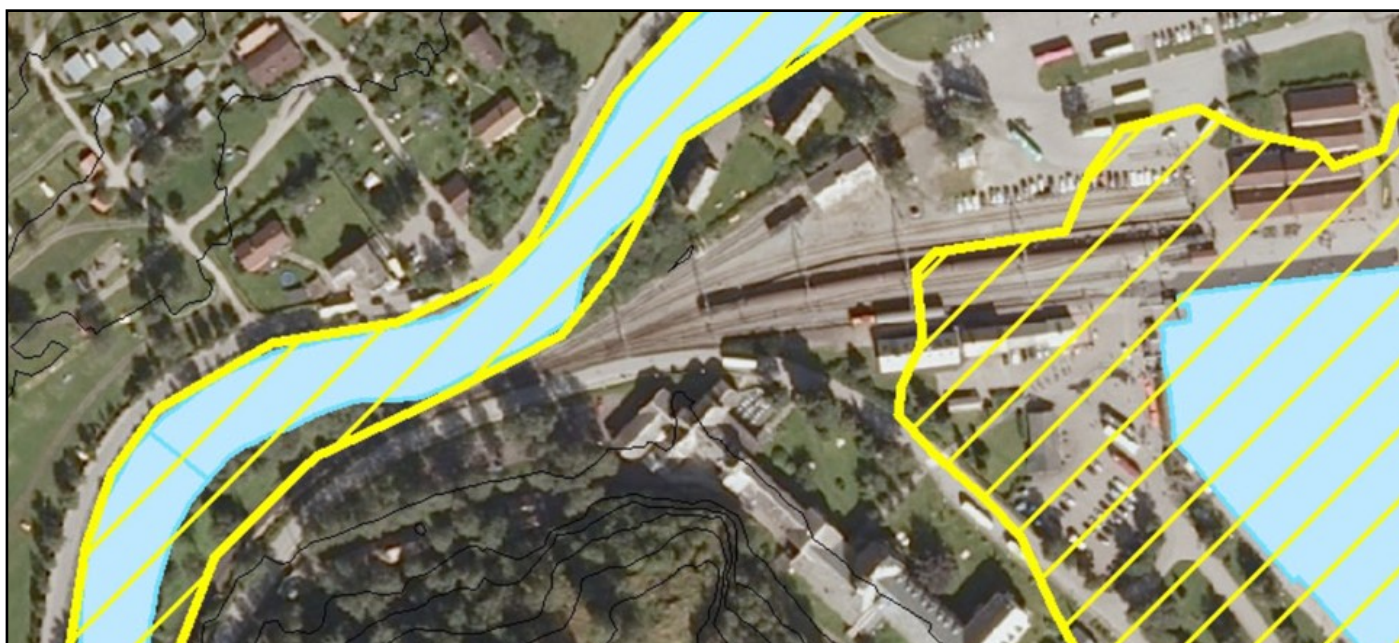
Bilde 5. Flåm stasjon

Flåmsbana

Flåmsbana har stasjon heilt nede ved hamneanlegget i Flåm sentrum. Heile stasjonsbygget og deler av jernbane linja ligg i faresona for flodbølgjer. Strømmingsdjup i stasjonsområdet er forventa å vere på mellom 0,5 og 1,5 meter.

Jernbanestasjonen i Flåm har ei telehytte som ligg nær faresona for bølgeoppskyljingshøgder. Dersom telehytta vert råka, vil togekspeditør (TxP) på Flåm stasjon ikkje kunne nytte sitt stasjonære GSM-R apparat, men han har framleis eit handhaldt apparat som kan nyttast til varsling. TxP sitt kontor ligg innanfor faresona for flodbølgjene.

NSB og bane NOR har eit GSM-R nett med basestasjonar som følgjer jernbana. Desse ligg høgt i terrenget og vert ikkje direkte råka av hendinga. Kvar basestasjon har 8 timar reservestraum. Viss signalet frå GSM-R fell bort vil alle tog som registrer bortfall stanse. Tog som mister tilgang til GSM-R må holde sikhastigheit og kan ikkje køyre fortare enn 40 km/t. Det er ikkje avklart om GSM-R avheng av linjene til Telenor og Aurland energiverk. Bane NOR har eit aggregat som kan nyttast til basestasjonar på Voss.



Kart 7. Satellittbilde av Flåmstasjon med faresoneoverlegg

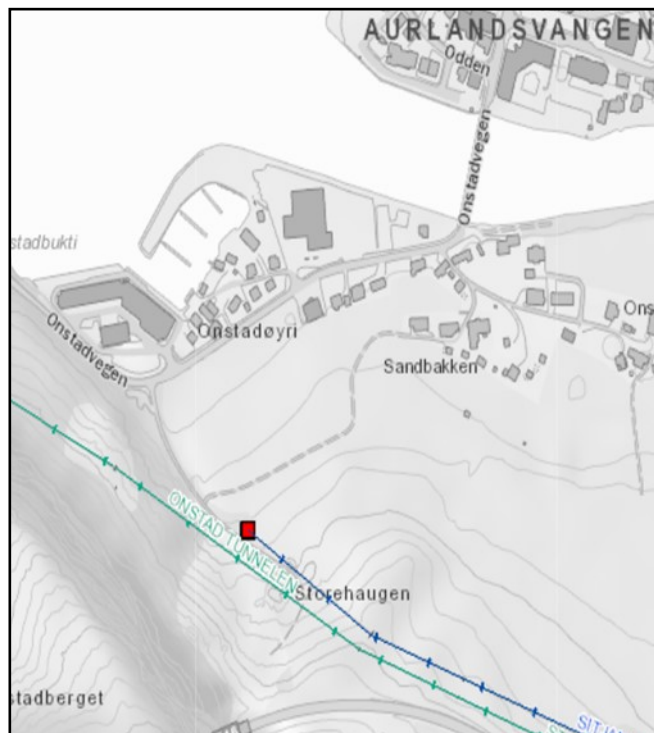
Kraft

Flåm blir forsynt av ein sekundærstasjon på Aurlandsvangen som er eigd av Aurland Energiverk. Det ligg ein trafostasjon på Aurlandsvangen som bind saman regionalnett og distribusjonsnett. Førespeglade flodbølgeoppskyljingshøgder på Aurlandsvangen er maksimalt 2,5 meter. Trafostasjonen ligg ikkje nær sjøen og det er difor ikkje grunn til å tru at trafostasjonen vil verte råka. Det er ikkje merka opp andre trafostasjonar i utsette område.

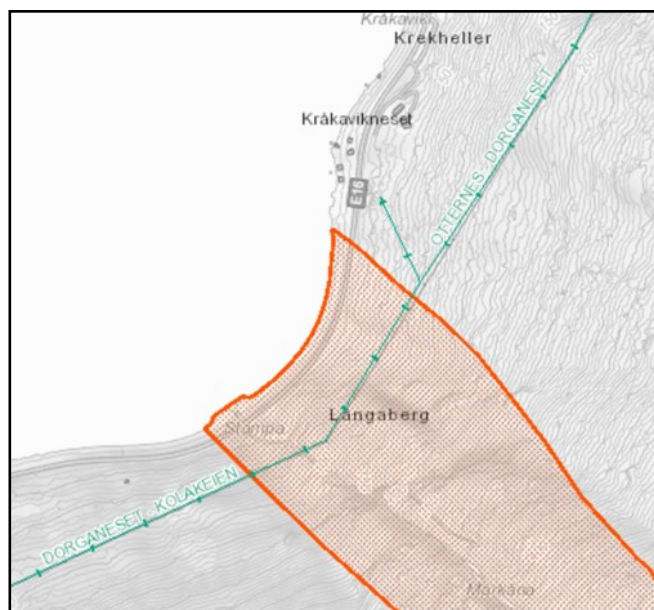
Ei linje i distribusjonsnettet går parallelt med E16 frå Aurlandsvangen og forsyner Flåm med straum. Denne vil verte direkte råka av fjellskredet. Linja kan òg verte råka av steinsprang eller småskred når det er auka rørsle i fjellpartiet. Brot på linja vil gje straumbortfall i Flåm. Aurland energiverk kan ved ei nært føreståande skredhending rute om kraftforsyninga i nettet, då får Flåm straumforsyninga si frå Undredal. Dette kan gjerast med fjernstyring før eit linjebrot, eller fysisk i Flåm etter eit linjebrot.

Aurland Energi si vurdering er at det vil maksimalt ta ein time å kople om viss dei får varsel før eit linjebrot, men dei må likevel ha ein montør i Flåm for å fullføre prosessen. Viss eit uvarsla skred tek kraftlinja vil det fort ta 1-4 timar før dei kan starte utbetringa av kraftforsyninga.

Leinafoss vasskraftverk er eigd av Eco Energi og ligg i Flåmsdalen. Kraftverket kan gå i enkeltdrift for å forsyne Flåm. Vi vurderer difor kraftforsyninga til området som robust.



Kart 8. Sjø nær trafostasjon på Aurlandsvangen



Kart 9. Kraft- og fiberlinje i utløpsområde for fjellskred

Vatn og avlaup

Det er to avlaup som munnar ut i fjorden ved Flåm sentrum. Blokkering eller anna skade på desse kan gje bortfall av avlaupsfunksjon for innbyggjarar og næringsliv i Flåm og Flåmsdalen. Bortfall over lengre tid kan det gje sanitære problem i området. Problemstillinga har avgrensa relevans for beredskapsinnsatsen og vil ikkje vere vidare omtala her, men bør utgreiast på kommunalt nivå med omsyn til å oppretthalde kritiske tenester for fastbuande i Flåm.

Elektronisk kommunikasjon

Fjellskredhendinga vil råke det elektroniske kommunikasjonsnettlet som forsyner Flåm. Mindre steinskred eller steinsprang som kjem før fjellskredhendinga vil òg kunne skade nettet. Etter skredet vil det vere mogleg å strekkje ei feltlinje forbi brotstaden for å reetablere sambandet. Arbeidet vil ikkje kunne starte før NVE har stadfesta at skredfaren er på eit akseptabelt nivå.

Brot på det elektroniske kommunikasjonsnettlet vil gjere at mobilbasestasjonane til Telenor og Telia på Fretheimshaugane i Flåm ikkje lengre kan oppretthalde sin funksjon. Det er òg mobilbasestasjonar på Aurlandsvangen, men dei vil ikkje verte påverka av hendinga. Telenor- og Sognett-kundar i Flåm vil miste internett og IP-telefoni.

Overvåkings- og kontrollsystema knytt til Gudvanga-, Bakka-, Flenja- og Fretheimatunnelen vil få funksjonsbortfall. Statens vegvesen vil då ikkje få varsel om registreringar frå tunnelsensorene om t.d. høge gasskonsentrasjonar eller fjerning av brannsløkkarar i tunnelen. Det vil heller ikkje lengre vere mogleg å fjernstenge tunnelen frå vegtrafikkcentralen, og mannskap må difor sendast til tunnelane for å gjere det manuelt.

Nødnettdekninga i området vil ikkje verte råka av ei fjellskredhending, basestasjonane nyttar radiolinje og er difor ikkje avhengig av fiberlinjene som går under Joasetbergi. Basestasjonane har 8 timar med reservestraum. Ei infrastrukturinvestering vil gjere det mogleg å forsyne Flåm med EKOM frå Voss via Gudvangen. Mobilbasestasjonar og anna sendarutstyr ligg over dei estimerte flodbølgjeoppskyljingshøgdena for Flåm og vil difor ikkje verte råka av flodbølgjene frå fjellskredet. Vi har ikkje kartlagt annan sårbar EKOM-infrastruktur som ligg nær sjøen og som difor er utsett for ei flodbølgjehending.

Bane NOR har GSM-r basestasjonar langs Flåmsbana som vert nytta til kommunikasjon mellom tog og trafikkstyringssentral, sjå avsnitt om Flåmsbana for meir informasjon.

Når NVE varslar om auka fjellskredfare kan Aurland energi AS rute om kraftforsyninga i nettet, slik at linjebrot ved utlaupssona til skredet ikkje gir straumbortfall i Flåm

Luftrom

Når beredskapsnivået krev avgrensing av vegnett, jernbane og sjøtrafikk vil luftrommet vere særleg viktig. Det er mogleg at medieorganisasjonar eller privatpersonar ønskjer å filme ei fjellskredhending frå lufta og det kan gje uønskt droneaktivitet i området. Media kan og ha eit ønske om å nytte helikopter i området. Det bør vere ei ordning for å styre trafikken i luftrommet, så ikkje farlege situasjonar oppstår eller beredskapsaktørar vart hindra i sitt arbeid.

Politiet kan etablere restriksjonsområde etter vedtak med heimel i politilova §7. Dette må koordinerast med aktuell lufttrafikktenesteining.

Naud- og redningstenester, andre beredskapsaktørar

Aurland brannstasjon ligg i eit område som truleg vil få bølgjeoppskyljing. Det ligg òg FIG og lensmannskontor på Aurlandsvangen. Desse vil ikkje verte råka direkte av flodbølgjehendinga, men personell knytt til desse kan få utfordringar med å kome seg til Flåm på raudt farenivå, og etter eit fjellskred. Ambulansestasjonen i Lærdal får dei same problema.

E16 nær Joasetbergi bør ikkje nyttast på raud beredskap, då vil risikoen vere for høg. Det same vegpartiet vil verte øydelagt av eit fjellskred og NVE må avklare skredfara før beredskapspersonell kan ferdast i skredområdet. Det er strekningar langs E16 mellom Flåm og Aurlandsvangen som kan vere sårbare for utvasking frå flodbølgjer.

Det er fleire alternative tilkomstar til Flåm frå Aurlandsvungen. Ein moglegheit er å ta seg frå Aurlandsvungen til Flåm direkte med båt. Vedvarande bølgerørsler i fjordbasenget kan gje forseinkingar. Etter eit fjellskred vil det vere fare for at større gjenstandar flyt like under havoverflata, t.d. trær som skredet har tatt med seg eller småbåtar som vart råka av flodbølga. Det må innsatsmannskapane ta omsyn til. Båtbruk etter eit fjellskred føreset at båtane ikkje er skadd av bølgeoppskyljingane.

Ei anna løysing er båt frå Aurlandsvungen til Undredal. Undredal har ikkje kaianlegg som kan ta imot bilferjer, ein må difor ha køyretøy tilgjengeleg i Undredal for transport vidare. Eit tredje alternativ er bilferje frå Kaupanger til Gudvangen og vidare til Flåm med bil.

Offentleg tenesteyting:

Det er mogleg å nå sjukehus (næraste er Voss og Lærdal) frå begge sider av skredområdet. Aurlandsvungen har eiga legevakt. Aurland helsetun ligg nært sjøen på Aurlandsvungen, og det kan vere nødvendig å evakuere institusjonen og legge drifta til andre lokale. Helsenett nyttar fiberlinjer som går gjennom fjellskredområdet, men det er fleire transmisjonsveggar som knyt helseinstitusjonane saman, så ei fjellskredhending aleine skal ikkje gje tenestebortfall.

På Aurlandsvungen ligg ein sjukeheim og ein barnehage nær sjøen. Aurland kommune har bestilt modellering av bølgeoppskyljingshøgder for Aurlandsvungen, som vil gje eit godt grunnlag for å vurdere behov for evakuering eller omplassering av tenestetilbod knytt til desse.

Risikoreduserande tiltak:

Varsling:

Tidleg varslingsplan over eit breitt spekter av kanalar vil gje gode føresetnader for å nå dei fleste som bur eller oppheld seg i området. Politi og kommune må vurdere kva varslingskanalar som skal nyttast for befolkningsvarslingsplan.

Trafikkstyring E16, vest og nord for Flåm:

Det bør vere ein plan for omdirigering av vegtrafikk ved heva beredskapsnivå. Det vil redusere faren for forseinking av trafikk, trafikk i risikoutsette område og at beredskapsaktørar som nyttar vegnettet i innsatsen vert hindra.

Teknisk oppgradering av fiberlinje frå Voss:

Det er mogleg å få ei alternativ nett-tilkopling frå Voss som gjer at Flåm ikkje mister mobiltelefoni og internett-tilgang av fjellskredet.

Tømming av hamneanlegg og brygger:

Det bør vurderast å lage planar for å flytte båtar som ligg ved kai eller brygger ut av Flåm og nærområda, ved heva beredskapsnivå. Det vil redusere dei materielle og miljømessige konsekvensane av ei flodbølge. Det vil vere naturleg at eigarane tek ansvar for sjølve flyttinga, men det må etablerast eit system som sikrar at informasjonen kjem fram til eigarane. Det bør òg gjerast ein innsats med kartlegge kvar båtane kan flyttast til.

Fjerning av bilar og campingvogner:

Fleire område nær hamna har parkeringsplassar. Viss desse vert rydda for køyretøy vert det mindre skade på desse, og risikoen for at dei vert flytta av vassmassar og skadar bygningar og anna infrastruktur vert redusert.

Reservebokale for hamnekontor:

Hamnekontoret ligg i evakueringssona og verksemda bør vurdere løysingar for alternativ drift på høgare beredskapsnivå.

Vatn og avlaup:

Kommunen bør vurdere sårbarheita til avlaupsinfrastruktur nær Flåm hamn, og eventuelt om det trengs avbøtande tiltak for å sikre drift.

ROS-analyser:

Aktørane skal utarbeide risiko- og sårbarheitsanalyser for eget ansvarsområde og eiga verksemd. Analysane bør vere samstemde og viktige funn må samlast i denne ROS-analysen. Moglege gjensidige avhengigheiter mellom kritiske funksjonar og kritisk infrastruktur gjer det viktig å sjå desse i samanheng.

Arealplanlegging:

Reguleringsplanar må ta omsyn risikoen for fjellskred i områda Flåm - Aurlandsvengen. Føresegner som regulerer plassering, byggkonstruksjon og andre sikringstiltak kan redusere omfanget av materielle øydeleggingar.

Rydding og reperasjon av E16 og kraftlinjer under Joasetbergi:

For å raskt normalisere situasjonen i og kring Flåm, bør arbeidet med å rydde og reparere den skredramma delen av E16 verte førebudd så tidleg det er formålstenleg. Gjenverande skredfare i området må vere avklart med NVE før reparasjonsarbeidet byrjar.

Kjelder:

Norges geotekniske institutt, *Aurland kommune – oppskylling av flodbølger etter skred fra Joasetbergi*, 2017

Norges geotekniske institutt, *Aurland kommune - faresoner for flodbølge fra Joasetbergi*, 2017

Norges vassdrag- og energidirektorat, *De ustabile fjellsidene i Stampa - Flåm, Aurland kommune*, 30, 2013

Norges vassdrag- og energidirektorat, *The unstable phyllitic rocks in Stampa – Flåm, Western Norway: Compilation, scenarios, risk and recommendations*, 35, 2013

Norges vassdrag- og energidirektorat, *Fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellparti*, 77, 2016

Norges vassdrag- og energidirektorat, 44 Nasjonal beredskapsplan for fjellskred, 2015

Anløpsliste 2016, Aurland havn, 2016