

RAPPORT

# Ekstremnedbør og klimatilpasning i kommuner

AURLAND OG LUSTER KOMMUNE.  
KOMMUNALE UTFORDRINGER KNYTTET TIL  
KLIMAENDRINGER.

Ref: 15S920BB - 2015/4227

DOK.NR. 20150084-04-R

REV.NR. 0/ 2016-05-19

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

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

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

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

## Prosjekt

Prosjekttittel:	Ekstremnedbør og klimatilpasning i kommuner
Dokumenttittel:	Aurland og Luster kommune. Kommunale utfordringer knyttet til klimaendringer
Dokumentnr.:	20150084-04-R
Dato:	2016-05-19
Rev.nr. / Rev.dato:	0/

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver:	Miljødirektoratet
Kontaktperson:	Audun Rosland, Avdelingsdirektør Klimaavdelingen
Kontraktreferanse:	2015/4227, Avtalenummer 15010566

## for NGI/Aurland kommune

Prosjektleder:	Bjørn Sture Rosenvold
Utarbeidet av:	Bjørn Sture Rosenvold, Ulrik Domaas
Samarbeidskommune	Luster kommune ved Inger Mo

## Sammendrag

Utfordringene og mulige løsninger med økt nedbør i skred- og flomutsatte områder i Luster og Aurland kommuner er vurdert. Jostedalen og Flåmsdalen er fokusområder som har problemer med jord-, stein-, flomskred og flomsituasjoner. Dette kan gi alvorlige konsekvenser for boliger/bygninger, landbruksnæring/dyrka mark, jernbanetraffikk, veier, kraftverk og annen viktig infrastruktur.

Klimamodellene ser veldig langt fram og vi ønsker derfor å korte ned denne tidshorizonten til 2030/2050. Lokal politisk styring, planlegging og tjenesteproduksjon må tenke mer kortsiktig enn de regionale klimaprofilene anbefaler. Det må være en sammenheng mellom pågående klimaendringer, konsekvenser og sårbarhet lokalt. Dette har betydning for hvordan og i hvilken grad anbefalinger om klimatilpasning fra sentrale myndigheter kan følges opp.

Situasjoner som har inntruffet viser at selv store hendelser ikke blir varslet i forkant slik at beredskap kan iverksettes i tide. De regionale varslene kan være for lite spesifikke for lokale områder som enkeltvassdrag. Kraftprodusentene følger med på situasjoner med endringer i prognoser, snøsmelting og vannføring, men er ikke tilknyttet kommunal beredskap annet enn gjennom eventuelt frivillige avtaler. Her kan det ligge et stort potensial for varsling i kommunene. Dersom kommunen, lokale kraftprodusenter, meteorologisk institutt og NVE samarbeider, kan trolig skadeflommer og situasjoner med øket fare for jord- og flomskred varsles slik at beredskap kan iverksettes i forkant av hendelsene.

Det er viktig at kommunene tar hensyn til lokale variasjoner i klimaforhold og utviklingen framover, når de utarbeider ROS analyser i arealplanene. Disse må kontinuerlig oppdateres (4 års revisjoner) slik at de fanger opp endra risikobilder basert på ny kunnskap blant annet mulig nedskalering via data fra regional og lokal overvåking. Kanskje bør kommunene identifisere mulige ”klimanøytrale” areal der hensynet til langsiktige tilpasninger mot et våtere og villere vær er innarbeidet som en forutsetning for arealdisponeringer mot år 2100.

Luster og Aurland kommune kan ikke basere utviklingen i kommunen på restaurerende tiltak i etterkant av alvorlige naturhendelser eller på å sette omfattende restriksjoner på utviklingen av arealer og næringsutvikling. I så fall kan det sette kraftige begrensninger på samfunnsutviklingen i kommunene. Forutsatt at man klarer å få et bedre bilde av mulige nedskalerte klimaendringer med ekstremer innen kommunene (inkludert lokale variasjoner) bør det vurderes å jobbe systematisk med reviderte analyser av klimarelaterte risikoområder.

## Innhold

<b>2</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
2.1	Prosjektmål, problemstillinger og metoder	8
<b>3</b>	<b>Klimatilpasning og utfordringer fremover</b>	<b>9</b>
3.1	Fakta om Vær og Klima i Luster og Aurland kommuner	10
3.2	Endringer av nedbør og lokale variaser, Aurland.	14
3.3	Klimaendringer og naturskade – sammenheng?	16
<b>4</b>	<b>Naturfarer i Aurland og Luster. Registrerte hendelser</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Kort beskrivelse av nedbørrelatert jord- og flomskred i kommunene</b>	<b>23</b>
5.1	Eksempler på historiske jord- og flomskredhendelser i Jostedalen i Luster kommune og i Flåmsdalen i Aurland kommune	24
5.2	Erfaringer i kommunene med store naturhendelser/flomhendelser	28
5.3	Oppsummering og anbefalinger	29
<b>6</b>	<b>Referanseliste</b>	<b>32</b>

## Kontroll- og referanseside

### 1.1.1 Tabelloversikt

- Tabell 1 Årsnedbør Luster kommune (NGI 2016)
- Tabell 2 månedsfordeling av nedbørnormaler Luster kommune.
- Tabell 3 Veitastrond nedbørstasjon Årsnedbør og normal 1985 til 2015
- Tabell 4 Årsnedbør Aurland kommune (Normal årsnedbør 1961-1990)
- Tabell 5 Gjennomsnitt månedsnedbør for stasjonene i Aurland
- Tabell 6 E-CO Øyestøl nedbør
- Tabell 7 E-CO Øyestøl temperatur
- Tabell 8 10 års utvikling av døggnedbør i høyfjellet Myrdal fra 1900 til 1996
- Tabell 9 Endringer i nedbørsfrekvens 1900 til 1996 for 1døgn, 3døgn, 7døgn og 10 døgn
- Tabell 11 Årsnedbør i forhold til normalen frå 2003 til 2015 Myrdal
- Tabell 12 flom og skredhendelser registrert av naturskadepoolen 1980 til 2014.
- Tabell 13 Skredhistorikk Luster kommune,
- Tabell 14 Type skred total i Luster
- Tabell 15 Skredhistorikk Aurland kommune
- Tabell.16 Løsmasseskred Aurland kommune
- Tabell 17 Løsmasseskred Luster kommune månedvis fordeling år totalt
- Tabell 18 Aurland skredfrekvens fordelt på måned/år Aurland

### 1.1.2 Figurer

- Fig1 Airborne Electromagnetic resistivity
- Fig 2 Klima, hydrologi og naturfarer.

## 2 Innledning

Forprosjektet har som hovedmålsetting å finne fram til anvendbare produkt og tjenester for lokal klimatilpasning i form av styrt overvåking og varsling ved økende flom, erosjon og skredfare i ustabile fjell/dalsider.

Utfordringene og mulige løsningsalternativ skulle vurderes i sammenheng med klimaendringer med økt hyppighet og intensitet av nedbørperioder i utvalgte skred- og flomutsatte områder i Luster og Aurland kommuner. Nærmere bestemt Jostedøla-/Jostedalsvassdraget og Flåmsdalen/Flåmsvassdraget. I hovedsak har vi valgt å fokusere på disse områdene som fra tidligere har problemer med jord-, stein- flomsituasjoner med mye erosjon og flomskred. Dette kan gi alvorlige konsekvenser for boliger/bygninger, landbruksnæring/dyrka mark, jernbanetrafikk, veier, kraftverk og annen viktig infrastruktur.

Det har vært viktig å drøfte nedskalering og lokale variasjoner av de overordna klimaprofilene som gir regionene signal om våtere og villere vær mot år 2100. Både prosentvise nedbør og temperatur endringene i disse klimamodellene ser veldig langt fram og vi drøfter derfor behovet for å korte ned tidshorisonter til 15 til 30 år fremover dvs. 2030/2050. Vi tror det er vanskelig for lokal politisk styring, planlegging og tjenesteproduksjon å tenke så langt som de regionale klimaprofilene anbefaler. Det må være en sammenheng mellom grunnleggende kunnskap om pågående klimaendringer, konsekvenser og sårbarhet lokalt. Dette har betydning for hvordan og i hvilken grad anbefalinger om klimatilpasning fra sentrale myndigheter kan følges opp lokalt, gjennom konkrete tiltak i areal planer.

Anbefalinger av endringer må tilpasses lokalt gjennom praktisk anvendbare løsninger basert på realistiske kost-nytte vurderinger. I og med at tilpassing til klimaendringer er å tenke langsiktig kan det være praktisk å prøve ut løsningsorienterte forsøk og klimatilpasningstiltak for nye arealdisponeringer, sikring, varslings-/beredskapssystem i et kortere tidsperspektiv. Hovedspørsmålet er om klimamodellene lar seg nedskalere til lokale forhold og om det er mulig å identifisere framtidige lokale variasjoner pga sannsynlige endringer i lavtrykksbaner, topografiske forskjeller med mer. Dette er viktig fordi kommunene har et betydelig ansvar for helhetlig samfunnsikkerhet og beredskap ved å forebygge risiko for tap av liv, skader på helse, miljø, viktige materielle verdier/infrastruktur og landbruksareal.

Når kommuner står overfor mange store og uoversiktlige problemområder bør vi være opptatt av å undersøke og evaluere metoder som kan gi verdifull, kostnadseffektiv og mer presis informasjon i risikokartlegging av utbygde områder og drøfting av potensiale for klimanøytrale areal for framtidig utnytting. Dette er av stor betydning for kommunale myndigheter i utvikling av klimatilpasningsstrategier i årene framover.

Som ledd i lokale klimatilpasningstiltak er det viktig at eksisterende infrastruktur og utbygde områder anvender metoder for å beskytte mot langsiktige effekter av endringer

i nedbør og temperatur. En større negativ flom eller skredhendelse kan i verste fall føre langvarig stengning av veier, arealbruk og turistanlegg.

De økonomiske tapene knyttet til materielle skader kan handle om store skader og årlige omsetningstap for bedrifter i områder som rammes. Store skredhendelser kan forårsake langvarige negative effekter for bosetting og næringer i Luster og Aurland kommune.

I prosjektet blir det derfor drøftet i hvilken grad nåværende tidshorisonter for klimatilpasning er realistisk som grunnlag for lokalpoliske handlinger som skal ta hensyn til kommende klimaendringer som; Overvann, havnivåstiging/stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser og skred. (*klimaprofil Sogn og Fjordane 2016*).

I en slik kontekst kan utgifter til lokaltilpasset instrumentell overvåking, kontinuerlige risikovurderinger og sårbarhetsanalyser bli relativt sett små. Det er likevel viktig å presisere at lokale myndigheter må legge til grunn at nytteverdien av tiltak skal overstige kostnadene med å løse utfordringene.

## 2.1 Prosjekt mål, problemstillinger og metoder

Det har vært et viktig mål i forprosjektet at resultat fra eksisterende geovitenskapelige undersøkelser og lokale værdata skal drøftes overført til praktisk anvendelse av risikoreduserende tiltak, herunder program for opplæring og førstelinjetjeneste til befolkning og forvaltning i utsatte områder.

Hovedhensikten med denne avgrensede kartleggingen og vurdering av klimamodeller, er at de skal legge grunnlag for metoder som skal observere ekstreme nedbørperioder, forstå vannhastigheter, vanntrykkoppbygning og derigjennom predikere mulige konsekvenser i ulike områder. Det er kjent gjennom teoretiske modeller og i mange undersøkelser og testforsøk at nedbør og snøsmelting fører til trykkoppbygning nedsetter friksjon, både i fast fjell og løsmasser, noe som kan utløse større flomskred og stein løsmasseskred og utglidninger i bratte dalsider. Korte intensive nedbørperioder i høyfjellsområder med bratte profiler på vassdrag kan gi flommer med vannhastigheter som fører til store skadelige erosjoner.

Hydrologiske og geotekniske beregninger av stabilitet basert på vanntrykk i ustabile områder og vannhastigheter i vassdrag danner grunnlaget for å forstå og forutse setninger, flom erosjoner og utglidninger.

Data om nedbør og grunnvann kan senere bli brukt til å vurdere om drenering eller avledning (barrierer, voller) kan være aktuelle sikringstiltak.

I forprosjektet har vi gjennomført: innsamling av nedbørdata i utvalgte områder og kartlagt skredhendelser og flommer. NGI nylig har utarbeidet faresoneringskart i Luster og det falt naturlig at disse data ble integrert i forprosjektet. I Aurland har det siden 1954



pågått farekartlegging, sikringstiltak og studier av ustabile områder. Vi har derfor erfaring med geologisk og skredteknisk kartlegging, bruk av georader, AEM/ERT (resistivitetmålinger fra luft og bakkenivå), instrumentering av bearbeiding av kart, laserscanning og flyfoto,

På et tidlig stadium i forprosjektet definerte vi avgrensede og utsatte fareområder. I disse områdene identifiserte vi mulige skredlokaliteter, og vurderte deres potensialer og stabilitet. Nedbør i kombinasjon med mildvær og snøsmelting og hvordan dette påvirking grunnvannssystemet ble viet oppmerksomhet på grunn av fare for flom og bevegelser i eldre skredavsetninger.

Modellering av naturlig trykkoppbygning bør på sikt bli supplert med en modell for avlastning av trykket ved hjelp av drenering eller barrierer. På denne måten vil man kunne avgjøre om slike tiltak kan løse problemet, og i så fall hvilke spesifikasjoner disse tiltakene trenger. Dersom beregningene viser at drenering er uaktuelt kan modellen bli brukt til å vurdere risiko, og til å utvikle kriterier for å iverksette evakuering, andre sikringstiltak, byggeforbud etc.

### **3 Klimatilpassing og utfordringer fremover**

I en ny klimaprofil frå Sogn og Fjordane er det pekt på følgende: \_

” Årsnedbøren i Sogn og Fjordane er berekna å auke med ca. 15 % (låg: -5 %, høg: 35 %). Nedbørendringa for dei fire årstidene er berekna til: Vinter: +10 % (låg: -30 %, høg: 55 %); vår: +5 % (låg: -30 %, høg: 55 %); sommar: +15 % (låg: -10 %, høg: 45 %) og haust: +15 % (låg: -20 %, høg: 60 %) Nedbøraukinga i millimeter vert størst for dei nedbørrike områda nær kysten. Det er forventa at episodar med kraftig nedbør aukar vesentleg både i intensitet og frekvens; noko som vil stille større krav til handteringa av overvatn i utbygde stork i framtida. Nedbørmengda for døgn med kraftig nedbør er venta å auke med ca. 15%. Intensiteten i kortvarige regnskyll er venta å auke meir enn for 1 døgn. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på 40% på regnskyll med varighet under 3 timar. Klimaendringane vil særleg føre til behov for tilpassing i forhold til ekstremnedbør og auka problem med overvatn; havnivåstiging og stormflo; endringar i flaumforhold og flaumstorleikar; og skred” (Klimaprofil april 2016).

### 3.1 Fakta om Vær og Klima i Luster og Aurland kommuner

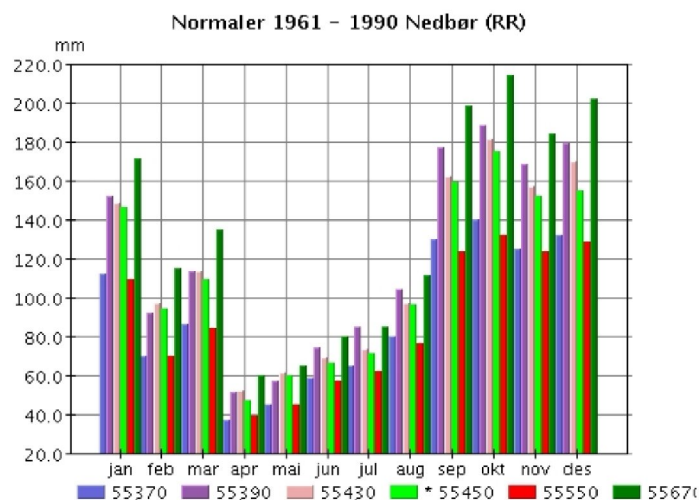
Tabell 1 Årsnedbør Luster kommune (NGI 2016)

Tabell 1. Stasjoner som er benyttet med normal årsnedbør 1961-1990. \* Normalen er interpolert, stasjonen har ikke målte data.

Stasjoner							
Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Breddegrad	Lengdegrad	Årsnedbør mm
55370	GAUPNE	feb-80	jan-96	6	61.4063	7.2888	1080
55390	LEIRDAL	mai-82	mai-01	378	61.4738	7.2135	1440
55430	BJØRKEHAUG I	des-63	okt-04	305	61.6595	7.2762	1380
55450	JOSTEDAL*	jul 1895	des-88	370	61.6718	7.326	1330
55550	HAFSLO	jul 1895		246	61.2925	7.1887	1048
55670	VEITASTROND	sep-72		172	61.4783	7.034	1620

Kilde: Meteorologisk Institutt

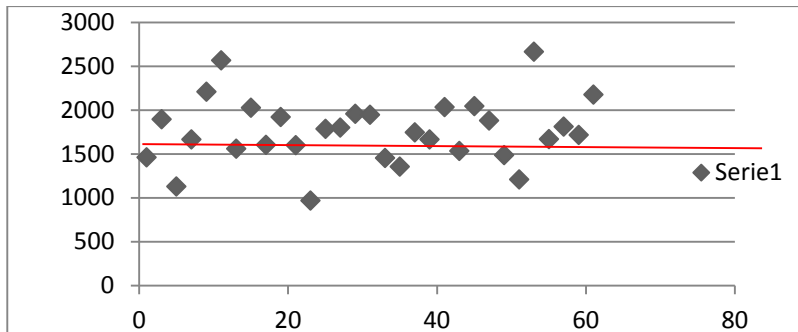
Tabell 2 månedsfordeling av nedbørnormaler Luster kommune.



Kilde: Meteorologisk Institutt

En gjennomgang av innhentet data fra met.no viser at stasjonene utenom Veitastromd ikke har regelmessige døgndata over lange perioder. Unntak er Veitastromd der vi hentet inn nedbørdata fra 1985 til 2015. Vist i tabell 2

Tabell 3 Veitastrond nedbørstasjon Årsnedbør og normal 1985 til 2015.



Normalnedbør 1620 mm/år

Kilde: Meteorologisk Institutt

Tallene viser at gjennomsnitt 12 siste år ligger noe over normalverdien på 1620 mm/år. Gjennomsnitts årsverdi siste 12 år er 1820 mm/år. Høyeste registrerte nedbørverdi i perioden var i 2011 på noe over 2600 mm./år.

Årsnedbør og kortsiktig ekstremnedbør har stor betydning for flere skredprosesser. Når det gjelder flomskred har særlig Jostedalen vært utsatt for skred fra sideelver i forbindelse med nedbørepisoder, i noen tilfeller sammen med snøsmelting og på forhånd høyt porevanntrykk i jordsmonnet.

Når det gjelder utløsningsområder for store snøskred vil disse ofte befinne seg over 1000 moh og de lavereliggende stasjonene er ikke alltid representative for forholdene i høyfjellet. En tilnærming kan være å se på de få høyfjellsstasjoner som finnes i noenlunde nærliggende områder men lokale topografiske variasjoner gir da bare grove regionale størrelser og er ikke tilpasset lokale forhold. I Luster kommune har ikke meteorologisk høyfjellsstasjoner. Kraftprodusentene har nok dette, men det er vanskelig å få ut disse data og spørsmålet er om de har tilstrekkelige lange tidsserier.  
 p:\2014\

### 3.1.1 Nedbørdata, Aurland kommune

I Aurland kommune er det flere høyfjellsstasjoner tilgjengelige for relativt lange serier med nedbør og temperaturer. Dette har sin årsak i behovet for nedbørmålinger fra kraftprodusent og hos NSB/Jernbaneverket (Bergensbanen og e-co Energi).

Tabell 4 Årsnedbør Aurland kommune (Normal årsnedbør 1961-1990).

Stad	m.o.h	Middeltemperatur [°C]	Nedbør [mm]	Graddøgn
Aurland (Vangen)	10	5,5	685	4107
Øyestøl	973	*	770	*
Grimsete	647	*	940	*
Låvisdalen	810	*	1025	*
Myrdal	855	*	1766	*

Tabell 5 Gjennomsnitt månedsnedbør for stasjonene i Aurland

Stasjon	Stnr	Namn	I drift fr	I drift til	Hoh	Breiddegrad	Lengdegrad	Kommune	Fylke	Region
53410 MYRDAL IV	53410	MYRDAL IV	Jun.63	des.96	855	60,7343	7,1217	Aurland	Sogn Og Fjor	VESTLANDET
53690 AURLANDSVANGEN	53690	AURLANDSVANGEN			10	60,9	7,18	Aurland	Sogn Og Fjor	VESTLANDET
53730 GRIMSETE	53730	GRIMSETE	nov.84	feb.13	647	60,8475	7,3103	Aurland	Sogn Og Fjor	VESTLANDET
53750 LÅVISDALE	53750	LÅVISDALE	sep.81	okt.84	810	60,8333	7,2833	Aurland	Sogn Og Fjor	VESTLANDET
53950 AURLAND - Å	53950	AURLAND - Å	nov.84	feb.13	973	60,7998	7,5675	Aurland	Sogn Og Fjor	VESTLANDET

Element	Kode	Namn	Eining
RR		Nedbør	mm

Måned	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des	Åvr
53410	164	111	128	61	72	103	115	153	234	239	187	199	1766
*53690	65	40	48	22	30	39	52	63	83	88	80	75	685
53730	87	54	67	31	42	42	55	71	83	116	124	111	99
53750	96	60	73	33	46	63	79	92	125	133	117	108	940
53950	67	43	50	25	34	50	64	72	96	104	87	78	1025

\* Normalen er interpolert, stasjonen har ikke målte data.

Data er gyldig per 13.04.2016 (CC BY 3.0), Meteorologisk institutt (MET)

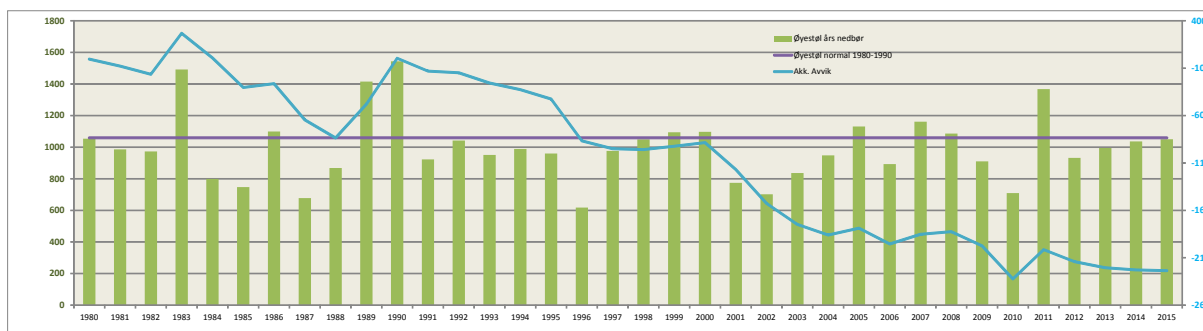
Kilde Meteorologisk Institutt 2016

Stasjonene Øyestøl, Låvisdalen og Grimsete er eiet og driftet av kraftprodusent e-co Energi AS. Stasjon Aurland ved jordbrukskolen (Vangen) har manuell avlesing til meteorologisk Institutt, mens Stasjon Myrdal er eiet og driftet av Jernbaneverket.

Det er forskjeller mellom de to kommunene hva angår tall på målestasjoner, årsnedbør og beliggenhet i høyde over hav nivå. I Luster har ikke meteorologisk Institutt stasjoner i høyfjellet dvs. over 800 moh. Videre er det relativt små lokale variasjoner i årsnedbør mellom stasjonene sammenlignet med Aurland og synes å ha sammenheng med topografiske forhold snarere enn høyde over havet. I Luster varierer nedbørmengden med i underkant av 600 mm/år mellom stasjonene innen kommunen. I Aurland er bildet et annet. Her er det store variasjoner knyttet opp mot høydeforskjeller og det er spesielt Myrdal værstasjon ved nedbørfeltet til Flåmselva som skiller seg ut.

Lange måleserier fra Aurland (Vangen), Øyestøl og Grimsete viser relativt stabile nedbørtrender i årsnedbør. Øyestøl gir også signal om en svak nedadgående nedbør trend.

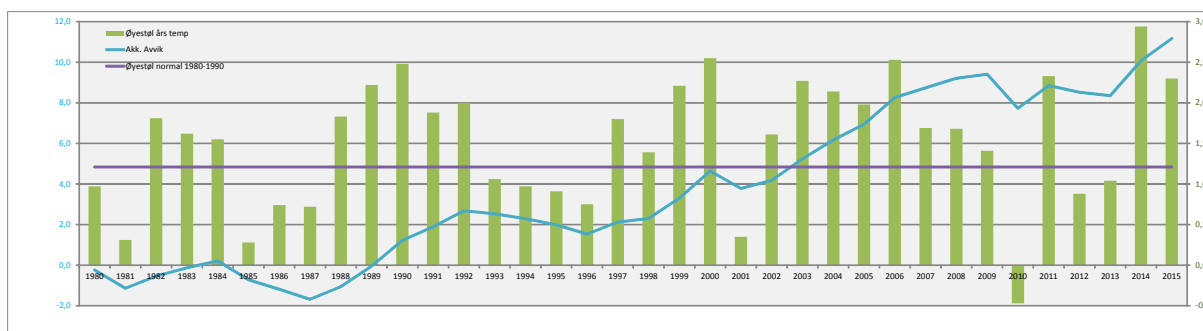
Tabell 6 E-CO Øyestøl nedbør



Kilde e-co Energi ved Ivan Førre

I denne delen av Aurland kan det se ut som nedbørtendensen er motsatt av f.eks Veitastrand ved at den viser en nedadgående trend i årsnedbør. Temperaturen derimot viser en stigende tendens i samsvar med klimautviklingen. Data fra Aurland (Vangen) Grimsete og Øyestøl viser stabilitet i årsnedbør, noe svingninger men ingen økende trender fram til og med 2015.

Tabell 7 E-CO Øyestøl temperatur



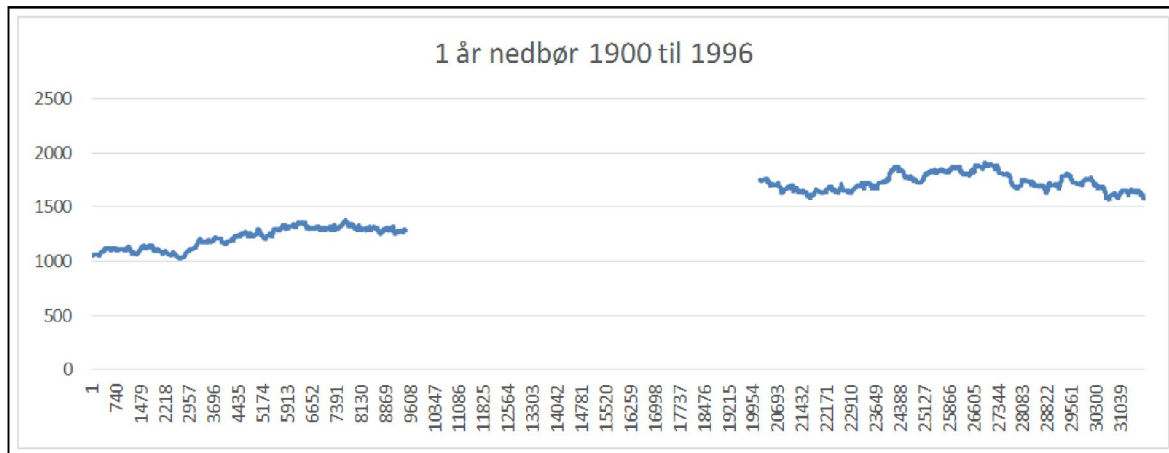
Kilde e-co Energi ved Ivan Førre

Hva så med høyfjellet i Aurland og Luster. Vi har ikke tilgang til data fra kraftprodusentene Statkraft eller Hydro i Luster. Derimot har vi relativt gode og lange tidsserier fra Myrdal som ligger langs Bergensbanen 885 moh.

## 3.2 Endringer av nedbør og lokale varianser, Aurland.

Værdata fra høyfjellet i Aurland ved Myrdal Stasjon

Tabell 8 Utvikling av Årsnedbør i høyfjellet Myrdal fra 1900 til 1996 (uten drift 1936 til 1956)



Kilde: Meteorologisk Institutt

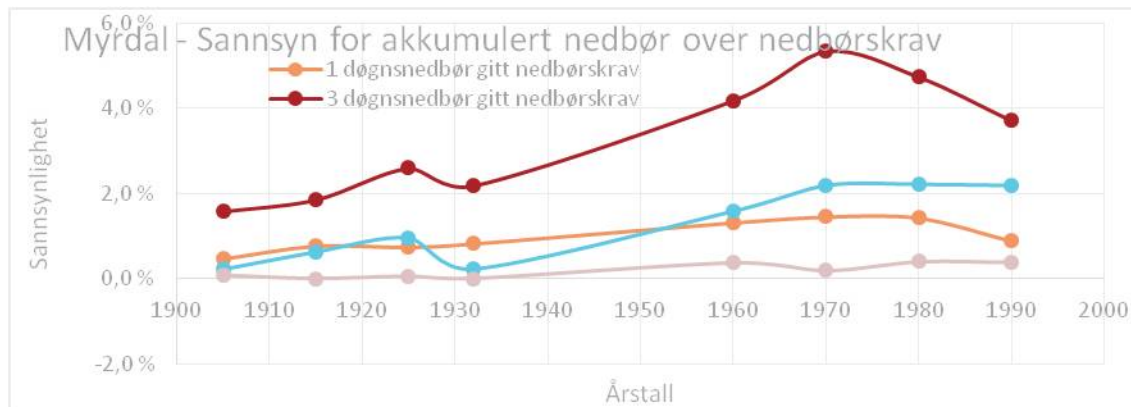
Det er en vesentlig endring i døgn nedbør før og etter 2 verdenskrig. Med unntak av krigen og noen år etter, har stasjonene lange tidsserier. Den ble lagt ned i 1996 av meteorologisk Institutt, men jernbanelinjen installerte en automatisert stasjon i 2003.

Tabell 9 Endringer i nedbørfrekvens 1900 til 1996 for 1døgn, 3døgn, 7døgn og 10 døgn

1 døgn nedbør:		3 døgn nedbør:		7 døgn nedbør:		10 døgn nedbør:	
Input, Nedbørskrav	40	Input, Nedbørskrav	60	Input, Nedbørskrav	150	Input, Nedbørskrav	250
Før krigen: Antall	90	Før krigen: Antall	269	Før krigen: Antall	71	Før krigen: Antall	5
Før krigen: Sannsyn	0,7 %	Før krigen: Sannsyn	2,0 %	Før krigen: Sannsyn	0,5 %	Før krigen: Sannsyn	0,0 %
Etter krigen: Antall	187	Etter krigen: Antall	668	Etter krigen: Antall	304	Etter krigen: Antall	51
Etter krigen: Sannsyn	1,2 %	Etter krigen: Sannsyn	4,4 %	Etter krigen: Sannsyn	2,0 %	Etter krigen: Sannsyn	0,3 %
Frekvensauke	79 %	Frekvensauke	114 %	Frekvensauke	269 %	Frekvensauke	778 %
Sannsynstabell		Sannsynstabell		Sannsynstabell		Sannsynstabell	
1900-1909	0,5 %	1900-1909	1,8 %	1900-1909	0,2 %	1900-1909	0,1 %
1910-1919	0,8 %	1910-1919	1,9 %	1910-1919	0,6 %	1910-1919	0,0 %
1920-1929	0,7 %	1920-1929	2,6 %	1920-1929	1,0 %	1920-1929	0,1 %
1930-1935	0,8 %	1930-1935	2,2 %	1930-1935	0,2 %	1930-1935	0,0 %
1956-1965	1,3 %	1956-1965	4,2 %	1956-1965	1,6 %	1956-1965	0,2 %
1966-1975	1,5 %	1966-1975	5,3 %	1966-1975	2,2 %	1966-1975	0,2 %
1976-1985	1,4 %	1976-1985	4,7 %	1976-1985	2,2 %	1976-1985	0,4 %
1986-1995	0,9 %	1986-1995	3,7 %	1986-1995	2,2 %	1986-1995	0,4 %

Kilde: Aurland kommune excel bearbeiding av data fra Met ved TM Tokvam.

Tabell 10 sannsynlig akkumulert nedbør over nedbørkrav 1900 til 1996.



Kilde: Aurland kommune

Når data fra Myrdal brytes ned ser vi relativ store endringer i nedbørfrekvens for 1,3 7 og 10 døgn. Disse tallene er nyttig av hensyn til skredhistorikk og forståelse av større skred og flomhendelser i område langs flåmsvassdraget. Økning av antall 10 døgn med mer enn 250mm er relativt dramatisk sammenlignet med perioden før krigen fram til 1940. (stasjonen ute av drift til 1950 tallet)

Tabell 11 Årsnedbør i forhold til normalen frå 2003 til 2015 Myrdal



Gjennomsnitt årsnedbør de 12 siste år i denne perioden er 2350 mm. Normalen er 1766 mm/år (1961 til 1990). Anbefalinger fra NVE er et påslag i års nedbør for flomsoneberegninger i flåmsvassdraget på 40% tall til 2100.

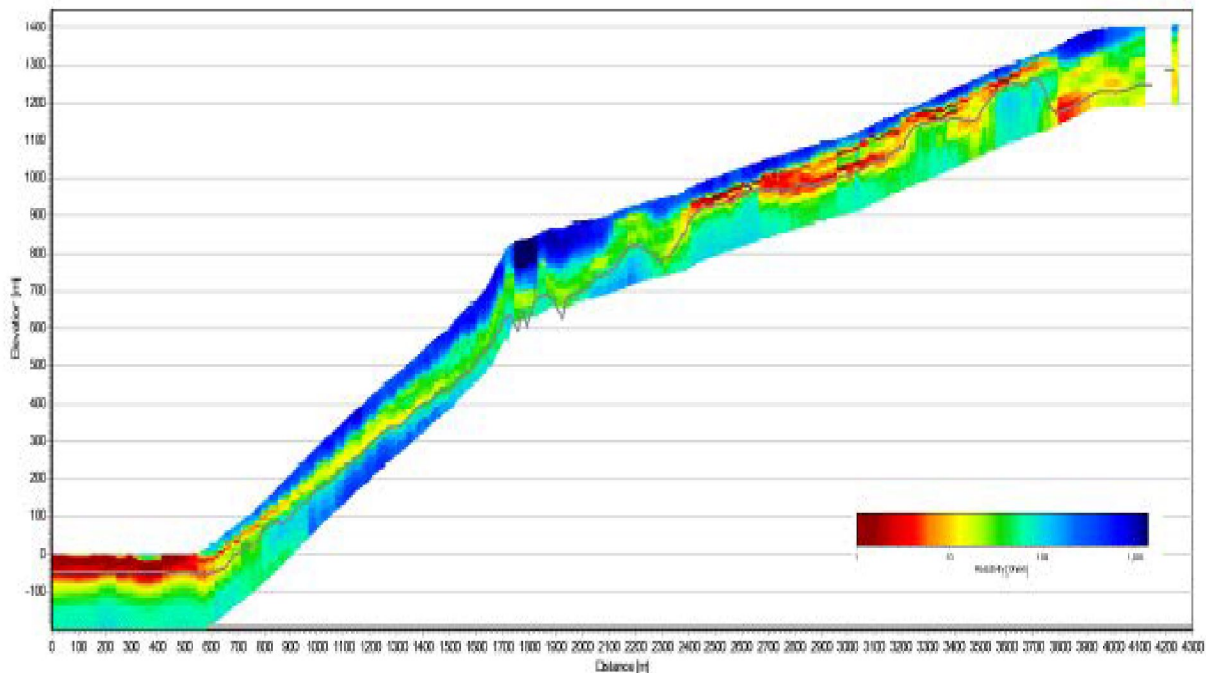
Data fra Myrdal viser at vi allerede er i ferd med å nå 2100 nivå på nedbør i nedbørfeltet til flåmsvassdraget. Det er også dramatisk økning i antall korte intensive nedbørperioder fra 3 til 10 døgn de siste 30 år i dette området. På mange måter kan vi sannsynligvis konkludere med at klimaendringene har pågått her i relativt mange år noe også lokalkjente gir uttrykk for ved observasjoner av grunnvannsforhold og vannføringer. Økning i antall jordskred synes også å være et signal om pågående klimaendringer med flere intensive nedbørperioder i området.

### 3.3 Klimaendringer og naturskade – sammenheng?

Topografien i Aurland og Luster kommuner er preget av høye fjell og bratte dalsider. Dette gir store utfordringer knyttet til stabilitet i fjell- og dalsider. Særlig dårlig er stabiliteten i de fyllittiske områdene på østsiden av Flåmsdalen. Fyllitten har lav mekanisk styrke, er omdannet fra leirholdige sedimenter og knuses derfor lett ned og produserer finstoff. Dette finstoffet nedsetter skjærfastheten ved tilførsel av vann, og det kan derfor lett skje utglidinger.

Forskningsresultat fra Aurland (NFR 2002 og NGI/Skytem/UiAA 2010) med undersøkinger i de store fyllittiske bergartene fra Høydalen - Aurland – Flåmsdalen, indikerer at skredhendelser som prosess styres av nedbør, permeabilitet, sprekker, glideplan, ruhet og terrenghelling. At det forekommer sprekker ser ut til å gi mer effektiv infiltrasjon av vatn, som kan føre til trykkoppbygging under kraftige nedbørsperioder. Trykkoppbygging utløser deformasjon (nye sprekker), som kan gi øket infiltrasjon av vatn og utløse skred.





Figur 1 Airborne Electromagnetic resistivity. Kilde: NGI, Skytem AS og Aurland kommune 2009 og 2014.

Figuren viser AEM- målinger tatt av fjellsiden nord for Flåm med helikopter i fyllittområdene. De gule og røde sonene viser god ledningsevne, som indikerer hvor en kan finne mulige glideflater for skred. De blå områdene viser hvor ledningsevnen er dårlig og hvor en kan forvente fast fjell.

Et viktig mål for studier og tiltaksplaner for klimatilpassing, vil være å finne overkritisk nedbørmengde/rate, og hva sesongvariasjoner og variasjoner mellom våte – tørre år, og kalde - varme vintre betyr for poretrykket i løsmasser og sprekker.

En vurdering av elementer i en samlet modell kan kombinere fysiske modeller, modeller for klimaendringer og probabilistiske modeller (Prof Jørn Vatn, Sintef).

I den nylig publiserte klimaprofilen for Sogn og fjordane (april 2016) er det gjort en sannsynlighetsanalyse av klimaendringer, hydrologiske forhold og naturfarer som kan gi kommunene innspill til hva som skal prioriteres i arbeidet med samfunnsikkerhet i åra framover.

**Tabell 1.** Samandrag som viser forventa endringar i Sogn og Fjordane frå 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarar som kan ha tyding for samfunnstryggleik.

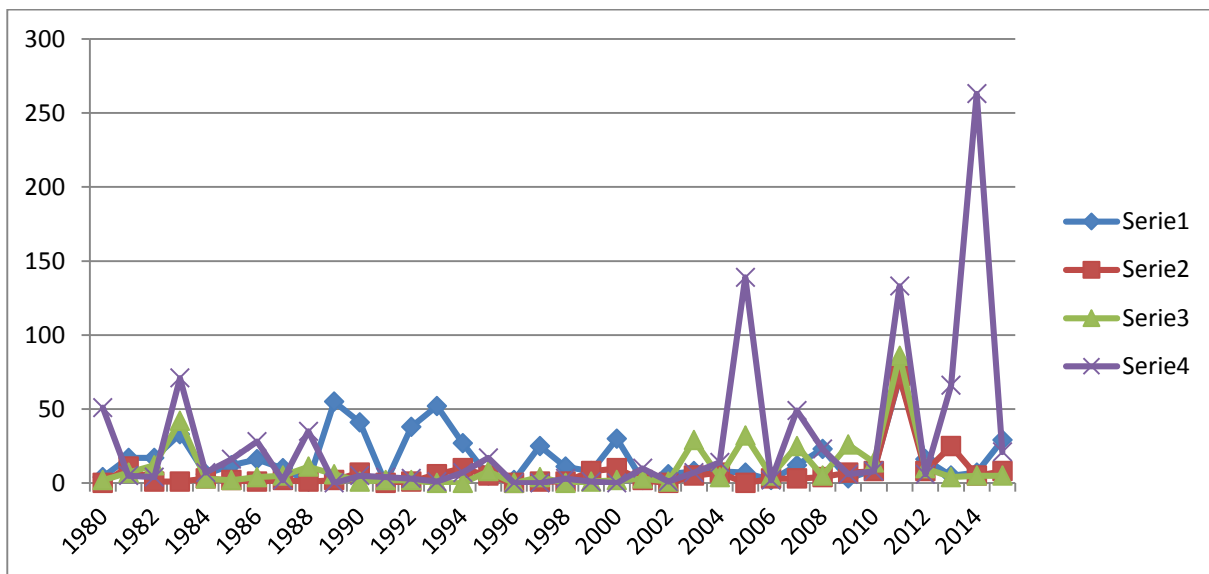
Auka sannsyn	Mogeleg auka sannsyn	Uendra eller mindre sannsyn	Usikkert
	<b>Forklaring</b>		
<b>Ekstremnedbør</b>	Det er venta vesentleg auke i episodar med kraftig nedbør både i intensitet og førekomst. Dette vil også føre til meir overvatn.		
<b>Sterk vind</b>	Truleg lita endring.		
<b>Regnflaum</b>	Det er venta fleire og større regnflaumar.		
<b>Snøsmelteflaum</b>	Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret.		
<b>Tørke</b>	Trass i meir nedbør, kan høgare temperaturar og auka fordamping gi auka fare for tørke om sommaren.		
<b>Isgang</b>	Kortare sesong for islegging, hyppigare vinterisgangar og isgangar lengre opp i vassdraga enn i dag.		
<b>Steinsprang og steinskred</b>	Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil kunne auke frekvensen av desse skredtypane		
<b>Fjellskred</b>	Det er ikkje forventa at klimaendringane vil gi vesentleg auka fare for fjellskred		
<b>Snøskred</b>	Med eit varmare og våtare klima vil snøgrensa bli høgare, og regn vil oftare falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred, og auke faren for våtsnøskred og sørpeskred i skredutsette område.		
<b>Jord-, flaum- og sørpeskred</b>	Auka fare som følgje av auka nedbørmengder.		
<b>Stormflo</b>	Som følgje av havnivåstiging er det venta auke i stormflonivåa .		

Fig 2 klima, hydrologi og naturfarer. Kilde: Klimaprofilen for Sogn og Fjordane april 2016

## 4 Naturfarer i Aurland og Luster. Registrerte hendelser

Statens Naturskadepool publiserer årlig statistikk med registrering av utbetalte naturskader fylkesvis. For Sogn og fjordane kan det se ut som antall utbetalte skader knytta til flom og skred har økt de siste 10 år. En økende tendens til høyere antall skred og flomhendelser.

Tabell 12 flom og skredhendelser registrert av naturskadepoolen 1980 til 2014.



Kilde: statens naturskadepool 2016 NASK naturskadestatistikk

Det er fylkene Hordaland, Sogn & Fjordane samt Møre og Romsdal som dominerer antall skredhendelser mens Akershus har flest antall store flomskader. De hurtige erosjonsflommene på Vestlandet har økt i intensitet de senere 10 årene pga intensive nedbørperioder i områder med bratte fall og derigjennom stor vannhastighet.

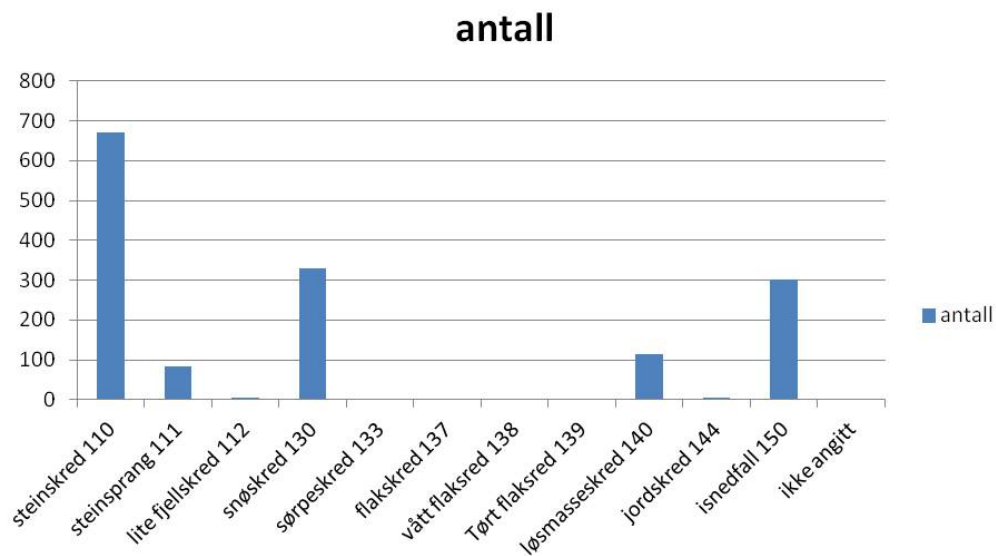
Både Flåmsvassdraget og Jostedal er eksempel på sistnevnte naturskadehendelser. I begge kommuner er det relativt stor skredaktivitet. Fra NVE's databaser over naturskadehendelser i Norge har vi bearbeidet filene og skilt ut tall på skredtyper, år og månedshendelser. I Luster finner vi at det til sammen er registrert 1520 skred både historiske og av nyere data. Spesielt har vegvesenet vært flinke til denne registreringen i Luster.

Tabell 13 Skredhistorikk Luster kommune

1647 til 2014 34 ikke daterte historiske skred 32 omkomne totalt	
	antall
steinskred 110	672
steinsprang 111	84
lite fjellskred 112	4
snøskred 130	329
sørpeskred 133	3
flakskred 137	1
vått flaksred 138	2
Tørt flaksred 139	3
løsmasseskred 140	115
jordskred 144	5
isnedfall 150	301
ikke angitt	1
sum skred	0
	1520

Kilde NVE skredatabase

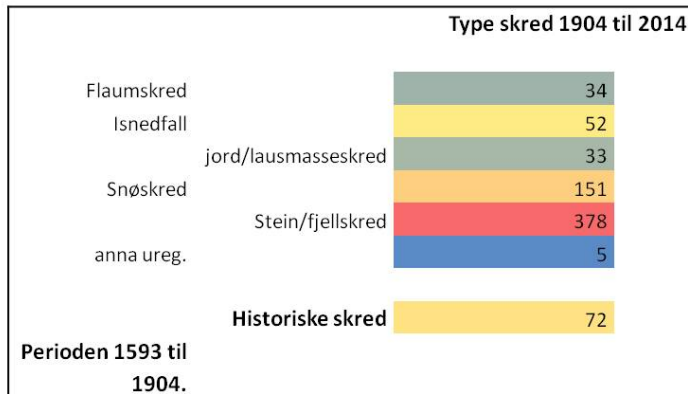
Tabell 14 Type skred total i Luster



I Luster kommune dominerer snøskred og steinsprang/skred til sammen totalt 1092. I perioden på godt over 350 år er 32 mennesker registrert omkommet av skred i Luster. Her er det også de senere år gode registreringer av vegvesen og kraftprodusenter. Skredaktivitetene fordeler seg mange steder i kommunen mens antall jord/løsmasseskred dominerer i område Jostedøla.

I Aurland finner vi at det historisk og i nyere tid er registrert til sammen 726 skred hvorav 21 omkomne personer i snø, jord og steinskred. Perioden strekker seg fra 1593 til 2014. (mangelfulle registreringer i NVE basen)

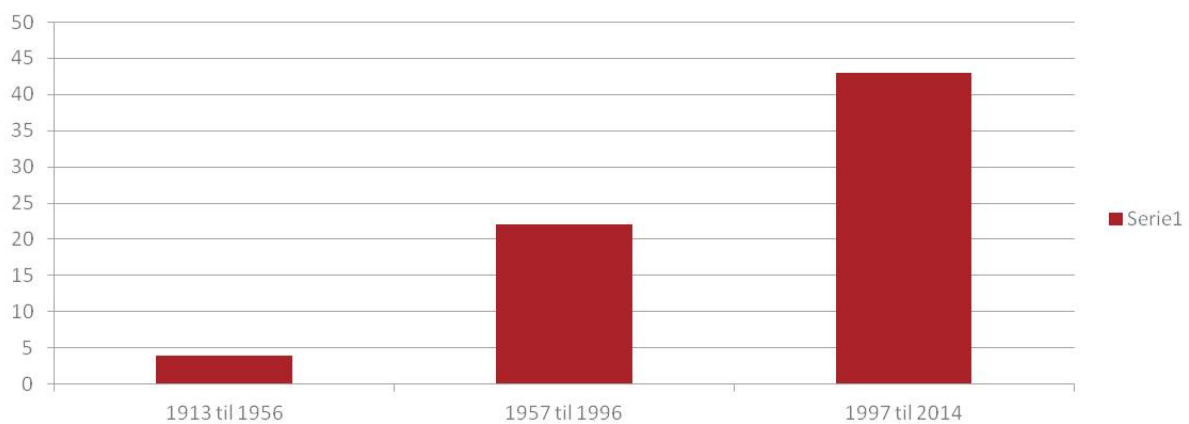
Tabell 15 Skredhistorikk Aurland kommune



Kilde: Aurland kommune, NGI og NVE skredatabase

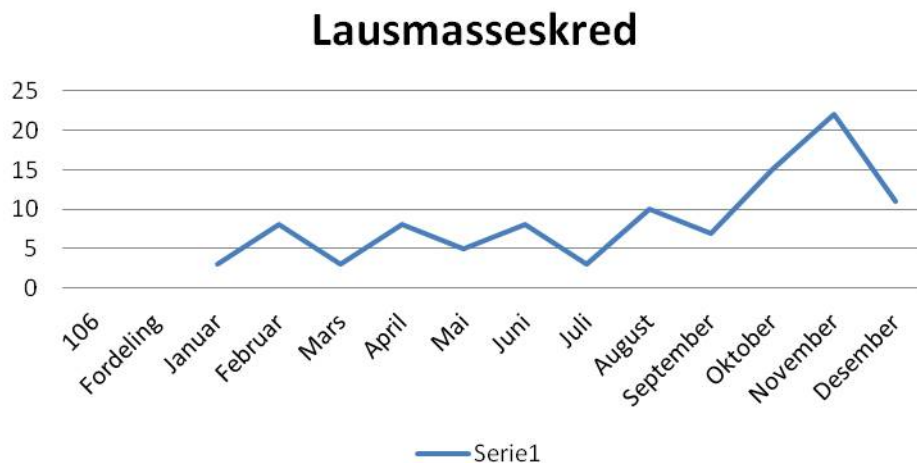
Historiske skred har relativt store svakheter og er basert på kirkebøker og fortellinger. Stedsangivelsene er upresise. Data fra 1900 har skriftlige kilder og er mer presise.

Tabell.16 Løsmasseskred Aurland kommune



Kilde NVE skredbase

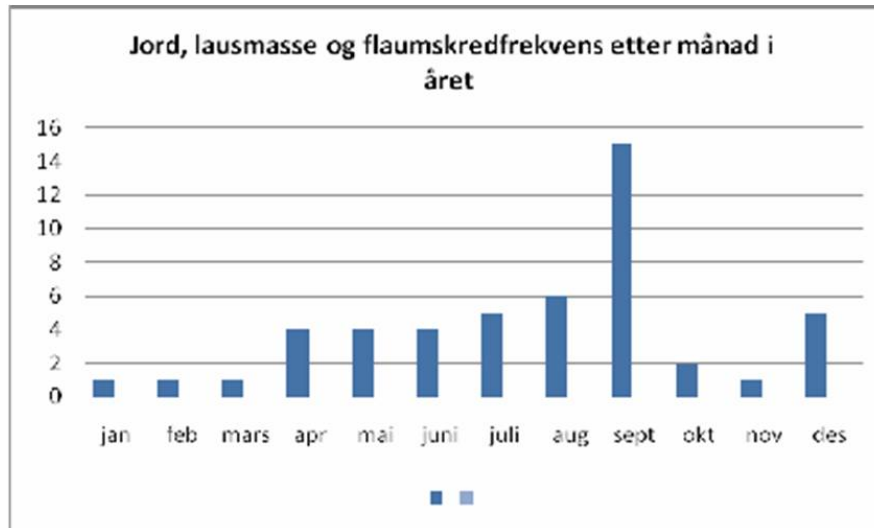
Tabell 17 Løsmasseskred Luster kommune månedsvis fordeling år totalt



Kilde NVE

De fleste lausmasseskredene i Luster kommune inntreffer i høstmånedene. Noe som er naturlig da de er særlig nedbørrelaterte jmf tabell 18

Tabell 18 Aurland skredfrekvens fordelt på måned/år Aurland



Kilde NVE og Aurland kommune

## 5 Kort beskrivelse av nedbørrelatert jord- og flomskred i kommunene

Problemer med jord- og flomskred i Flåmsdalen og Jostedalen er velkjent og må forventes å inntreffe også i fremtiden med et klima med mer nedbør og både mer intense og langvarige nedbørperioder. Typisk for Vestlandet er situasjoner på høsten med kraftig langvarig regnvær, men også på våren med nedbør kombinert med snøsmelting.

Jordskred starter i bratte skråninger med en plutselig utglidning i vannmettede løsmasser. Jordskred kan skjære kanaler i løsmassene som blir skredbaner for senere skred eller løsne i et punkt og bevege seg nedover fjellsiden og gradvis bli bredere.

I typiske friksjonsjordarter av grov sand og grus vil det vanligvis ikke bygge seg opp vanntrykk, fordi permeabiliteten er høy. Normalt vil skråninger i slike jordarter stå stabilt ved helningsvinkler lavere enn ca. 37°. I fine jordarter kan det bygge seg opp porevanntrykk. Dette vil svekke stabiliteten. Vanligvis vil en skråning med stort innhold av silt og leire være mer skredutsatt enn tilsvarende skråning av grovere masser. Stedvis er sidemorener overdekket av skredmasser som vi ser i Flåmsdalen.

Mange jordskred har blitt utløst som følge av menneskelige inngrep som skogsbilveger og hogst. Den vanligste årsaken er at de naturlige dreneringsforholdene endres slik at vannet blir ledet konsentrert ut i fjellsider i større mengder enn det som er naturlig. Ved detaljert skredfarekartlegging er det derfor viktig å kartlegge om det har vært foretatt inngrep som har påvirket drenerings- og/eller stabilitetsforholdene.

Viktigste utløsende årsak er oppbygning av vanntrykk i løsmassene. Jordskred blir gjerne utløst etter langvarig nedbør, eller etter korte og intense regnskyll. Sterk snøsmelting kan også føre til utløsning av slike skred, oftest i kombinasjon med regn. De fleste jordskred blir utløst på våren i forbindelse med intens snøsmelting, eller på høsten i forbindelse med kraftig regnvær, eventuelt i kombinasjon med snøsmelting.

Flomskred er et hurtig, vannrikt, flomlignende skred som opptrer langs klart definerte elve- og bekkeløp. Flomskred kan også følge raviner, gjel eller skar der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større steinblokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet. Flomskred skiller seg fra jordskred ved at vanninnholdet er større og bevegelsesformen mer flytende. Flomskred forekommer relativt ofte og kan noen ganger føre til materielle skader og fare for menneskeliv.

*Flomskred blir gjerne utløst etter langvarig nedbør med høy grunnvannstand, men kan også bli utløst som følge av korte, intense regnskyll. Sterk snøsmelting kan også føre til utløsning av flomskred, oftest i kombinasjon med regn. Nedbørfeltets egenskaper påvirker hvor raskt feltet reagerer på tilførsel av nedbør/snøsmelting. Flomskred opptrer hyppigst om høsten i forbindelse med kraftig regn, særlig langs vestkysten av Norge. I fjellområdene er det mest vanlig med flomskred på vårparten.*

Vannføringene for ulike årlige nominelle sannsynligheter kan vurderes ved bruk av hydrologiske modeller. I slike beregninger er det viktig å vurdere klimatiske forhold som påvirker vanntilførselen til bekkeløpet. Videre er det viktig å vurdere kritisk varighet og intensitet på nedbør og snøsmelting ut fra hvor raskt vannet renner gjennom nedbørfeltet.

## 5.1 Eksempler på historiske jord- og flomskredhendelser i Jostedalen i Luster kommune og i Flåmsdalen i Aurland kommune

### 5.1.1 Jostedalen

Flomskredhendele i Jostedalen (14 – 15 august 1979). Lave temperaturer i juli ga liten fordampning og trolig var porevannstrykket i grunnen høyt og siste døgn ble det målt 78 mm nedbør ved Fåberg og nedbøren var direkte årsak til flommen (ca 7% av årsnedbøren på 1189 mm). Høye temperaturer og sterk snøsmelting bidro sterkt til at sideelvene svulmet opp og forårsaket erosjon langs løpene og transporterte store mengder løsmateriale med elvene nedover mot dalen. Storflommer har inntruffet tidligere, og det er nevnt 1741 og 1814 som spesielle år med store skadeflommer.





Bildet viser Sperleelvi 14.8.1979. Foto Nic Barton.



Bildet viser Sagarøy, 1979. Jostedal herredshus hvor kjelleren ble fylt med stein. Foto Nic Barton.

### 5.1.2 Flåmsdalen

I 2014 fikk Flåmsdalen en flom som ødela bruer og bebyggelse. Flomberegninger ved Brekke bru kan ha kulminert med en vannføring på nesten  $250 \text{ m}^3/\text{s}$  noe som gir et gjentakelsesintervall på nær 100 år. For området tyder fremtidsscenarier på et klimapåslag i nedbør på 40%. Dette gjør enkelt sagt at dagens 100-årsflom blir å regne

som en 10-årsflom i fremtiden. Siden nedbørmålinger i fjellet allerede viser vesentlig nedbørøkning må slike hendelser som i 2014 forventes å inntreffe oftere enn før.



*Bildet viser Flåmselva ved kirka hvor det ble store skader på bru, bygg og jorder. Sikringsarbeider med ny bru og erosjonssikring av elvebredd pågår og er delvis utført.*

Situasjonene med kryp i fjellskredavsetningene i fyllitten på Holo, i løst berg i Flåmsdalen og i en fyllittur på Midje, skyldes stor vanntilgang ved nedbør og snøsmelting.



*Bildet viser eksempel setninger i vegen forbi Midje i 1990.*

I forrige århundre inntraff det ett mindre fjellskred i Flåmsdalen, der nedbøren de siste to ukene var over 350 mm, og den gjennomsnittlige døgnnedbøren er på 23 mm.

De største setningene i fjellskredavsetningene på Holo og i fyllittura på Midje inntraff våren 1990 med over 300 mm i løpet av 7-8 døgn. Siste døgnet er snøsmeltingen spesielt sterk og mer enn halve vannbidraget i denne situasjonen kommer trolig i denne siste fasen.

Kryp i fyllittavsetningene kan inntreffe etter kortvarige nedbørperioder som pågår i et par døgn, og med nedbørsummer på 40 mm – 50 mm. Dersom nedbørsperioden er noe lengre, 4 – 5 døgn, kan kryp inntreffe ved lavere døgnedbør, eksempelvis med døgnedbør fra 15 mm – 25 mm.

Bevegelsene i fyllitten viser at vanntrykket som fører til bevegelsene kan bygge seg opp over lengre tid. Det skal imidlertid ikke mye nedbør til før mindre krypbevegelser inntreffer, og et par døgn med nedbør kan være tilstrekkelig for å igangsette kryptet. Momentane kryp over flere meter inntreffer først når nedbørintensiteten/snøsmeltingen blir kraftig i minst ett døgn, og at dette skjer i kombinasjon med forutgående kraftig nedbør. Observasjonene tyder på at det må påregnes hyppige tilfeller med mindre kryp i fyllittområdene med få års mellomrom. Større krypbevegelser kan inntreffe mer sjelden.

### 5.1.3 Kinsarvik

Som et supplement til de to kommunene som undersøkes har vi også en erfaring fra Ullensvang kommune om hendelser som går 400 år tilbake i tid. Dette kan gi oss litt forståelse for at flomskredhendelser har inntruffet før i ekstreme vær-situasjoner.

Basert på lokalkjente og fra bøker på biblioteket i Kinsarvik har vi en oversikt over historiske jordskred i Kinsarvik:

- 1643 og 1645: Jordskred mot prestegarden Bråvoll. (Kilde: O. Kolltveit).  
 Skreda gjorde stor skade på garden, og neste skred kom før den første vart rydda. Det er antatt at presten flytta til Ullensvang på grunn av skredfare.
- 1743: Jordskred mot Kalhagen, Marenhusteigen og Brovoldsbøen. (Kilde: Torstein O. Hus).  
 Jordskredet gikk ut over markene på de nevnte stedene, inntil huset til Maren og videre ned til sjøen.
- 1793 (ca): Jordskred mot Brovold. (Kilde: Torstein O. Hus).  
 Liknende skred som i 1743, jordene var skadefrie kun sør for Husebekken.
- 1865 (august): Jordskred over samme område som i 1793 (ca).  
 (Kilde: Torstein O. Hus). Jordskredet gikk like til sjøen.

Nedbørmålingene for området som hadde pågått i de siste ca 100 år viser ingen døgnedbør over 8% som er en empirisk verdi for mulige flomskredhendelser. De

bebygde områdene som var skredutsatt er i dag sikret med en 400 m lang ledevoll med et stort sedimentasjonsbasseng i nedre deler og med et kanalisert bekkeløp ned til sjøen.

## 5.2 Erfaringer i kommunene med store naturhendelser/flomhendelser

Flomhendelsene på Vestlandet i oktober 2014 resulterte i betydelig skader på hus og andre bygninger og det ser ut som klimaendringer kommer med forsterket effekt. Dette gjør at intense kortvarige flommer av den samme typen som i 2014 kommer oftere enn før. Slike kortvarige flommer kan dempes med hjelp av endret bruk av Klevevatn reguleringsmagasin, men bare i en begrenset grad. Med en kombinasjon av tiltak som krever investeringer i nye luker og overføringstunneler kan man oppnå den samme eller bedre sikkerhet mot lignende hendelser i fremtiden.

Estimater for de samlede kostnader fra forsikringen, reparasjon av infrastruktur og gjenoppretting av terreng som raste ut, samt forsterkning av elvebredder mot nye flomskader i 2014 er særdeles store og handler om beløp i underkant av 1 milliard. Bare i Flåm er beløpet i overkant av 250 millioner kroner. I Jostedøla 1979 ble det i etterkant av storflommen iverksatt en rekke sikringstiltak og kanalisering. Beløpene er ukjente men må ha vært i lignende størrelser eller større sammenlignet med Flåmselva i 2014. Flomsikringstiltakene i Jostedøla og Gaupne synes ikke å være tilpasset framtidige klimaendringer og bør vel ha en revidering av eksisterende flomsonekart og tiltak. Dette grunngrir vi slik:

NVE anbefaler sikkerhetsklasser, gitt ved årlig sannsynlighet for oversvømmelse, for ulike typer bygninger som beskrevet i Tabell 4.1 fra NVE retningslinjer 2008-1. Alle nye bygg som settes opp i langs flomutsatte vassdrag i bratte terreng med høye vannhastigheter bør plasseres trygt ovenfor det flomutsatte arealet for en 200-årsflom i fremtidens klima.

Byggtekniske forskrifter TEK 10 samt veileder og plan og bygningsloven krever samme sikkerhet som ved ny bebyggelse ved gjenoppbygging. Der det er fare for erosjon i hurtig vannførende elv (høy vannhastighet) er det sikkerhet for erosjon med samme sikkerhetsnivå ved skred som gjelder, dvs. 1/1000 pr år for boliger, skoler jf TEK10 § 7-2. *Sikkerhet mot flom og stormflo*

- 1) Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.
- 2) For byggverk i flomutsatt område skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. [§ 7-3](#).

Brå sammenrasning, kollaps av bygg er fare som setter bygg i fare. Sikkerhetsklassene for flom er satt for sakte stigende og rolig vannhastighet (f.eks. Glomma). Eksempler fra 2014 i Flåmsvassdraget og Odda viste flere dramatiske eksempler med total kollaps og bortvasking av hus.

Der en har fare for erosjon i vassdrag/elv med hurtig vannføring, er det sikkerhet for erosjon med samme sikkerhetsnivå som skred som gjelder, dvs. 1/1000 per år for boliger, skoler større sikkerhet.

NVE krever i andre vassdrag at det tas hensyn til klimaendringer. I Flåmselva anbefaler NVE 40 % klimapåslag. Dette medfører at en 200-års flom i klimaforhold som forventes å gjelde i år 2100 vil bli større enn en 1000-års flom vurdert med dagens klimaforhold. Flomsoneutredningen i Jostedøla Luster kommune fra 2001 er ikke revidert ut fra endra forutsetninger pga pågående klimaendringer og bør derfor sannsynligvis revideres med klimapåslag de neste årene. Dette sammen med en mer helhetlig risikokartlegging knytta opp mot ekstremnedbør og konsekvenser for bosetting, infrastruktur og landbruksareal

### 5.3 Oppsummering og anbefalinger

NVE har satt en standard for det som er et akseptabel returintervall for skadeflommer osv. Det er viktig å huske på at vi her snakker om pågående klimaendringer som forsterkes i fremtidens klima og planlegger for et trygge lokalsamfunn ut fra den til enhver tid foreliggende kunnskap og nedskalerte prognoser. Å se mot år 2100 og vente på kommende endringer vil være proaktivt og ikke å anbefale. Samtidig må kommunene handle og planlegge lokalt og ikke bare regionalt. Det betyr at kommunene må bli i stand til å få kunnskap og forståelse for regionale og lokale variasjoner i klima og ekstreme vær-situasjoner. Lokale og regionale myndigheter må få muligheter til å nedskalere og forstå sesongvariasjoner/årlege variasjoner både lokalt og i region.

Eksempel her er data fra høyfjellsområdene i Aurland og hva hvilke resultat prosjekt Hordaklim vil produsere i løpet av de 3-4 neste år der de forsøker å nedskalere modeller på kommunale nivå som grunnlag for å gi råd om tilpasningsstrategier basert på observerte varianser.

Det store bildet er mer nedbør, og høyere temperaturer, men spørsmålet er om vi har nok forståelse av variansen innen vært år og mellom årene for regionene og lokale områder innad hver region? Dette er viktig som premisser for praktisk anvendelse av klimaendringer i kommunal og regional planlegging etter plan og bygningsloven, kartlegging og ROS analyser samt tilpassing av beredskap på mange nivå.

Det er viktig å skille mellom eksisterende bygninger og infrastruktur som var oppført i en annen tid med andre prioriteringer og et mindre aggressivt flomregime, og fremtidige investeringer i nye areal til bygninger og annen infrastruktur. Bygg, landbruksareal og infrastruktur som hittil har vært skadet i senere års flommer som f. eks i 2014 var alle oppført for mange tiår tilbake.

Det er forståelig at man ikke dramatisk endrer eksisterende regulert arealbruk på grunn av en økning i flom/skred fare, men det er viktig at lokal planlegging legger opp til at nye investeringer plasseres trygt for fremtidens naturfarer, utløst av både flom, erosjon og skred.

Kommunenes viktigste hjelpemiddel for klimatilpasning til et våtere og villere vær som pågår og vil forsterkes framover er kunnskap om hvordan ekstreme situasjoner oppstår og i hvilken grad lokale variasjoner forekommer til bruk i ROS analyser både i nye planer og ikke minst når eldre planer revideres.

Luster og Aurland kommune kan ikke basere utviklingen i kommunen på restaurerende tiltak i etterkant av alvorlige naturhendelser eller på å sette omfattende restriksjoner på utviklingen av arealer og næringsutvikling. I så fall kan det sette kraftige begrensninger på samfunnsutviklingen i kommunene. Forutsatt at man klarer å få et bedre bilde av mulige nedskalerte klimaendringer med ekstremer innen kommunene (inkludert lokale variasjoner) bør det vurderes å jobbe systematisk med reviderte analyser av klimarelaterte risikoområder.

Kommunene og overordna statlige myndigheter bør samarbeide om å vurdere tverrfaglige risikoanalyser for utvalgte risikoområder (risikoobjektet) med identifisering av risiko med risikoanalyse og med vurdering av mulige strategier for å redusere skader. Hensikten må være å gjennomføre bred samfunnsmessig risiko- sårbarhet og verdianalyser sammen med berørte parter og involverte konsulenter (private og offentlige), med mål om at det legges konkrete planer for:

- ↗ Overvåkende tiltak (beredskap)
- ↗ Forebyggende tiltak (redusere både hyppighet og skadeomfang)
- ↗ Avbøtende tiltak (redusere omfang) og
- ↗ Restaurerende tiltak (reparere etter skader).

Eksempler på innholdet i slike analyser kan f.eks være følgende stikkord:

**1. Risiko- og verdianalyse**  
***Dagens tilstand***

Beskrivelse av dagens tilstand («nullalternativet»).

**Risikoanalyse for naturhendelser og klimaendringer**

- *Identifisering av risikofaktorer/naturhendelser*
  - Presisjonsverktøy for prediksjon av store hendelser. Måling og validering. Mål for akseptabelt risikonivå. Akseptkriterier.

**2. Verdianalyse (verdsetting) for sosioøkonomiske og miljø-verdier**

- *Flomdemping og rassikring*
  - Energiproduksjon – fornybar energi. Verna vassdrag – vernehensynene, herunder biologiske mangfold og fisk.

- Samfunnssikkerhet bebyggelse, samferdsel (jernbane/veg), næringsliv og anna infrastruktur.
  - Kulturminner. Landbruk og levende landskap. Verneverdier, friluftsliv og turistopplevelser. Lokalt næringsliv og bolyst.
  - *Merkevarer for Reiselivsnæringer*
3. Mulige tiltak og konsekvensanalyse Identifiserte hendelser med risiko – aktuelle tiltak. Verdsetting. Vurdering. Beskriv faktiske virkninger av tiltak. Aktuelle kompensasjoner mht miljø, biologisk mangfold etc. Kompensasjonstiltak skal inngå i KN-analyse. Scenarier/alternativer? Konsekvensanalyse med kost-nyttevurdering.

#### 4 Struktur på aktuelle tiltak. Liste (fylles på):

- Overvåkende tiltak (beredskap)
  - Elektronisk overvåking av for risikoparametre, tidlig varslings og evakuering, mer kunnskap, rutiner og prosedyrer
- Forebyggende tiltak (redusere både hyppighet og skadeomfang)
  - Arealbruksrestriksjoner/arealplanlegging, dammer, overføring vann til annet vassdrag, økt regulering i vassdraget, flytting av bebyggelse, omlegging jernbane og vei, omlegging av kraftlinjer og VA-anlegg
- Avbøtende tiltak (redusere omfang)
  - Fjellrensk, bolting, gabion nett, skråningsdrenasje. Skredsikring, voller, utviding tunneler og kulverter, utvida flomareal, flomløp, drenering av dalsider, sikring av kulturminner (bruer, hus, fornminner)
- Forbedrende tiltak (kompensasjoner for tiltak innen b) og c) på miljøet
  - Biotoptiltak for laks og sjøaure, tilrettelegging og friluftsliv og reiseliv (trygge veger og stier, tilrettelegging, informasjon, komfort-/hygienetiltak), offentlige støtteordninger (landbruk, kulturminner, fornybar energi, næringsutvikling, klimatilpasning, FoU, etc.)
  - Restaurerende tiltak (reparere etter skader)  
 Muligheter og barrierer for å gjennomføre tiltak. Lover og forskrifter, offentligrettslige forhold, privatrettslige forhold, tilskudd og økonomi. Mulighetsrom for tiltak avklares og evt. forbedres.

#### 5 Proaktiv plan for risikoreduksjon.

- Utvikling av konkret tiltaksplan basert på risikoanalysen, konsekvensanalysen, kost-nytte-vurdering og planprosessen. Prioriter og anbefalinger. Konkrete aktiviteter spesifiseres under tentative kategorier: overvåking, forebyggende/risikoreduksjon, avbøtende tiltak, forbedrende tiltak og restaurerende tiltak.

## 6 Referanseliste

1. Flaumsonekart nr 2 / 2001 Delprosjekt Gaupne Utgjeven av: NVE Forfattarar: Anders Muldsvor Øyvind Armand Høydal Eli K. Øydvin
2. Klimaprofil Sogn og Fjordane April 2016 NVE, Meteorologisk Institutt Uni Research.
3. NGI rapport 79498-1 Flomskred i Jostedalen 25 mars 1980
4. NGI Rapport 20140530-02-R des. 2014 Skredkartlegging Luster kommune Faresonekartlegging for utvalgte områder
5. NVE Skredbase 2015 Aurland og Luster
6. Aurland kommune lokal skredkartlegging Bjørn S Rosenvold 2015
7. Aurland kommune nedbørdata bearbeiding Siv Ing. Tor Middel Tokvam 2015
8. Meteorologisk Institutt nedbørstasjoner Luster og Aurland Eklima.no 2015/2016
9. Jernbaneverket Region Vest nedbørdata Myrdal værstasjon 2016
10. Norges Forskingsråd 2002 rapport 20001132-2; Studie av fjellskred og dalsidestabilitet i fyllittområder NGI, Aurland kommune, NGU, Spilde Entreprenør og IFE
11. Prof Jørn Vatn Sintef Artikkel om Perspektiver på risikofastsetting: fjellskred i Aurland kommune 2009
12. Dr. Ivan Føre e-co Energi AS foredrag om framtidens Klima Aurland
13. HordaKlim RFF-Vest 2016 Prosjektbeskrivelse
14. Combined airborne and ground geophysics as a first phase towards
15. a landslide warning system – a Norwegian case study 2014 Von H. Anschutz, A. A. Pfaffhuber, U. Domaas, Oslo (N) and B. St. Rosenvold, Aurland (N)
16. RFF-Vest prosjekt 245331. Klimatilpasning og endringer i kommunal risikohåndtering/beredskap. NGI og Aurland kommune 2015
17. Klima i Norge 2100 Rapport **NCCS report** no. 2/2015. MiljøDir
18. Halvor Halvorsen e-co Energi AS og Bjørn S Rosenvold AK; Tverrfaglig risiko analyse for forvaltning av Flåm og Flåmsdalen jan 2016 internt notat



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Aurland og Luster kommune. Kommunale utfordringer knyttet til klimaendringer.		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20150084-04-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Miljødirektoratet	<b>Dato/Date</b> 2016-05-19
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> Oppdragsgiver / Client		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 0 /
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Klimatilpasning, skred, flom, flomskred, jordskred,		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Sogn og Fjordane	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Aurland, Luster	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Flåm, Jostedal	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2016-05-19 Ulrik Domaas	2016-05-19 Bjørn Sture Rosenvold		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 19. mai 2016	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Ulrik Domaas
--	----------------------------------	--

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

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

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

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

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

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

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

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

