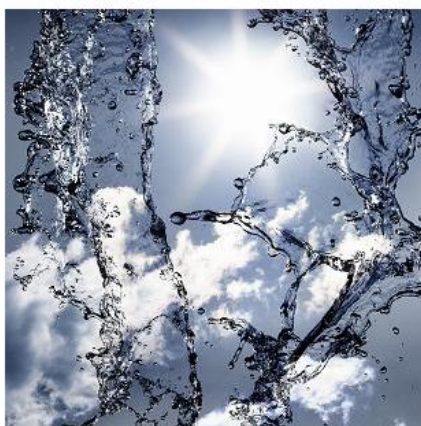

RAPPORT

Flomdempingstiltak for vern av liv og helse i Flåm, Aurland Kommune

OPPDRA GSGIVER
Aurland kommune

EMNE
Flomdemping

DATO / REVISJON: 24. oktober 2016 / 1
DOKUMENTKODE: 127911-RiVass-RAP-01



Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAG	127911	DOKUMENTKODE	127911-RiVass-RAP-01
EMNE	Alternative flomdempingstiltak for vern av Flåmsbygda	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Aurland kommune	OPPDRAGSLEDER	Brian Glover
KONTAKTPERSON	Bjørn Sture Rosenvold	ANSVARLIG ENHET	1087 Oslo Hydrologi

SAMMENDRAG

Flomhendelsen på Vestlandet oktober 2014 resulterte i store ødeleggelser og bortvasking av flere hus, bygninger, bruer osv. og førte til betydelig skade til viktig infrastruktur og verdifulle arealer i Flåm. Det var bare heldige omstendigheter med skadeforløpet og tidspunkt på døgnet at liv ikke gikk tapt. En heldig tidsmessig sammentreff mellom flomtoppen og tidevannsfjære førte til mindre vanddyp og skadeomfang rundt havneområdet og Flåm stasjon slik at skader lengre nede ble mindre enn lengre oppstrøms.

Klimaendringer ser ut til å øke hyppighet og størrelse på nedbørhendelser i Sogn og Fjordane (ref 3). Dette gjør at intense kortvarige flommer av den samme typen som i 2014 vil komme oftere enn før, med høyere flomtopper med samme gjentakintervall. Slike kortvarige skadeflommer kan likevel dempes betraktelig ved hjelp av flere flomdempende tiltak, der formålet er å beskytte innbyggere mot livstruende hendelser, opprettholde verneverdiene, sikre elveforbygninger og redusere framtidige vedlikeholdsutgifter og behov for nye inngrep i vassdraget. En kombinasjon av slike tiltak i optimalt samspill vil kunne oppnå betydelig bedre sikkerhet mot lignende hendelser i fremtiden. Denne rapporten beskriver en plan for slike flomdempende tiltak med endringer i bruk av Klevevatn reguleringsmagasin og bygging av nye tappeorganer og overføringstunneler.

Den 1 oktober 1985 kom en flomhendelse i Flåmsvassdrag som var muligens litt mindre enn den 28. oktober 2014. Skadene i 1985 var ubetydelige og det var aldri fare for liv. Denne rapporten viser at det er mulig å gjenopprette den samme grad av sikkerhet som eksisterte for Flåm frem til 1985 til tross for økende hyppighet og størrelse på fremtidens flommer i et våtere klima. De tiltakene som beskrives her vil redusere arealet som oversvømmes for samme nedbørhendelse, redusere maksimal vannhastigheter som kan utløse erosjonsprosesser og gi bedre varsel for stengning av utsatte bruer og evakuering av utsatte bygninger som Flåm skole, hotell, bryggeri, samfunnshus og enkelte boliger.

Uten å kombinere de omtalte flomdempende tiltakene på en optimal måte vil det vedvare en betydelig risiko for gjentagelse av skadene i 2014, til tross for solide sikringsarbeider utført av NVE overfor Brekke bru. Flåm skole, Ægir bryggeri og andre viktige bygninger nedenfor Brekke bru vil kunne bli oversvømt av fremtidens 200 års flom. Eksisterende og ombygde bruer kan også bli vasket bort eller føre til blokkering av vannstrømmen med resulterende plutselige vannstandsstigninger oppstrøms eller utløsning av en liten bølge når brudekket forsvinner. Slike flaskehalsar som bruene representerer kan sette mennesker, tog og biler i fare.

Slike farer vil øke gradvis i takt med prognoserte klimaendringer med flere intense nedbørsepisoder spådd på Vestlandet, større snømengder og resulterende større flomtopper. Skulle den neste flomhendelse oppstå midt på natten vil det oppstå betydelig fare for liv siden flommens herjinger vil ikke bli oppdaget i mørket og boliger kan inneholde intetanende sovende mennesker mens deres fundamenter undergraves.

Det er viktig å understreke at ingen enkelt tiltak alene (innbefattet sikringsarbeider utført allerede av NVE) vil kunne gjenskape den samme grad av sikkerheten som før 1985. Våre simuleringer beskrevet i dette notatet viser behovet for et optimalt samspill mellom endret bruk av Klevevatn som flomdempingsmagasin,

nytt tappeorgan og overføring av deler av det uregulerte feltet på høyfjellet hvor nedbøren er mest intens. Slike tiltak vil redusere faren for gjentakelse av 2014-skader (og verre) og støtter opp rundt reparasjons- og sikringsarbeid allerede utført av NVE og Jernbaneverket. Samtidig reduseres behovet for vedlikehold og reparasjon av plastringen etter stadig hyppigere skadeflommer, og det gis bedre tid for varsling og evakuering.

Flåmsvassdraget er varig vernet etter verneplan III. Ingen av disse forslag til tiltak (med mulig unntak av senking av Klevevatn tidlig om høsten) vil forringe i nevneverdig grad de viktigste verneverdiene i vassdraget. Vernet var i sin tid basert primært på en godt bevart variasjon i landskapstyper i Indre Sogn med Flåmselvi som et sentralt element. Flomdemping vil bidra til å stabilisere dagens elveleie og forhindre en gjentakelse av de endringene i landskapet som skjedde langs elva som resultat av flommen i 2014.

Tiltakene for flomdemping medfører en kortvarig begrenset lokal byggeaktivitet i selve vassdraget på steder som er nesten usynlig fra Bergensbanen, Flåmsbanen og rallarveien, og innebærer ingen massedeponi eller omforming av terrenget. De spektakulære fossefallene vil fortsatt prege landskapet under alle værforhold, mens flomvannføringer vil bli redusert med hensikt i situasjoner når en skadeflom vil ellers ha oppstått. Dessuten vil tiltak til flomdemping av den typen illustrert her føre til å unngå gjentakelse av den store forflytningen av elvegrus som vi var vitne til i 2014 slik at gunstige forhold for laks og sjørørret nedenfor Leinefoss kan bevares bedre.

Flomdempende virkning av tre ulike tiltak har blitt testet gjennom simuleringer av 2014-flommen. Simuleringene er grove og av begrenset omfang. De tar kun for seg demping ved et par flomhendelser, men resultatene indikerer et potensial for stor reduksjon i skadelige flomtopper. Det viser seg at overføringstunneler til Viddalsmagasinet i Aurlandsvassdrag vil ha størst flomdempingseffekt, og vil kunne sikre bebyggelsen i Flåm bedre enn nye fysiske tiltak rundt dagens bebyggelse og infrastruktur.

Det er sannsynlig at en kombinasjon av tiltak vil vise seg å være den optimale løsningen, men hva som er optimal er det ikke mulig å trekke konklusjoner på basert på denne rapporten alene. Bygging av økt tappekapasitet og overføring av Vindedøla vil kreve reguleringskonsesjon. Det er behov for en mer grundig analyse av alle alternativer stilt opp mot hverandre. Dette bør gjøres i form av en konsesjonsprosess hvor alle ulike interesser synliggjøres og effekten på flomdemping dokumenteres og avveies mot alle andre interesser.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
2	Behov for flomdemping som strategi for å møte klimaendringer	6
2.1	Risiko for flomskader i Flåmsvassdraget i dag.	6
2.2	Verdiene som må sikres	7
2.3	Faren for stormflo samtidig med skadeflom	9
3	Hva bør være målsettingene for flomdemping i Flåmsvassdraget?	11
4	Fase 1 – umiddelbare flomdempingstiltak (Tiltak A)	11
4.1	Nye rutiner for bruk av Klevevatn magasin.....	11
5	Fase 2 – konsesjon for endret bruk av Klevevatn magasin, ny tappetunnel forbi dammen og overføring av Vindedøla.	14
5.1	Målsetting om flomdemping på 100 m ³ /s eller 30-40 % av 2014 flommen.....	14
5.2	Endret manøvrering og økt tappeevne fra Klevevatn (Tiltak B)	15
5.3	Overføring av Vindedøla til Viddalsmagasinet (Tiltak C)	16
5.4	Kostnader og finansiering	19
5.5	Kombinasjoner av flere tiltak.	19
6	Foreløpig vurdering av kost/nytte for alternativene	21
6.1	Sammenligning av nytten for hvert alternativ	21
7	Verneverdier og hvordan disse kan bevares med reguleringen	22
7.1	Verneplan III.....	22
8	Konklusjoner og anbefalinger	25
9	Referanser	26

FIGURLISTE

Figur 1	Bilde av Flåmsbrua etter at flomtoppen har passert. Flere bygninger er vasket bort gjennom elvens erosiv kraft (Foto: Oddleif Løset, NRK)	7
Figur 2	Fra adkomstveien til Flåm havn under flommen i oktober 2014. Fretheim Hotell i bakgrunnen (Foto: Einar Aarre, bt.no)	10
Figur 3	Brua for adkomst til østsiden av elva fra avkjørselen til E16 med lav vannføring i august 2016.....	10
Figur 4	Klevevatn magasin sett mot sør om høsten med dammen som skimtes like bak jernbanebrua	12
Figur 5	Effekten av nedtapping om høsten til 955 i forkant av høstens flomsesong.....	13
Figur 6	Flomdemping for typiske vårflokker med startvannstand på LRV og tappeluke fullt åpent	13
Figur 7	Klevevatn regulerer 39% av hele nedbørfeltet ved Brekke bru, mens Vindøla utgjør 12%.....	14
Figur 8	Utløp fra Klevevatn. Rød sirkel indikerer omtrent hvor en ny tappetunnel kunne komme ut.....	15
Figur 9	Alternativ B med doubling av tappekapasitet i tillegg til endret manøvrering (Alt A eller fase 1)	16
Figur 10:	Kart over Flåmsvassdrag med forslag til overføringstunnel mot Viddalsvatnet.....	17
Figur 11.	Vindedøla sett mot Klevevatn og Bergensbanen. Forslag til terskeloverløp (rød strek) og dykket flominntak (gul pil) usynlig fra Rallarveien.....	18
Figur 12	Fotomanipulasjon med mulig tidligere utforming av inntak i Vindedøla, men med ny plassering som foregående bilde, nå indikert med rød pil. Fossen under rallarveien vil ha kontinuerlig slipp av minstevann om sommeren.....	18
Figur 13	Illustrasjon på hvordan oktober 2014 flom hadde blitt redusert av de ulike alternativer	20
Figur 14	Begrenset effekt for veldig store skadeflokker (400 m ³ /s), men forbedring med overføring av Vindedøla (alt C).....	20
Figur 15	Flåmselva sett nordover fra Flåmsbanen før 2014 (Foto: VisitFlåm).....	23
Figur 16	Fra omtrent samme ståsted etter flommen i 2014 (Foto: Noralv Distad)	23
Figur 17	tatt høsten 2016. Flytting av Tverrelvi (like oppstrøms foregående bilder) og nye adkomstveier med skråninger og steinplastring	24
Figur 18	tatt høsten 2016. Ferdigstilt plastring sett oppover mot Leinefossen	24

1 Innledning

Formålet med dette notatet er å beskrive en plan for flomdemping for å redusere faren for flomoversvømmelse og flomutløst jordskred i Flåm. Gjennom flere studier utført etter flomhendelsen i oktober 2014 ble ulike alternativer undersøkt (ref. 1 og 4).

Tre ulike tiltak som oppnår flomdemping er undersøkt og effektene simulert.

- A. Nedtapping av Klevevatn til kote 955 om høsten med eksisterende tappeluke.
- B. Nedtapping av Klevevatn til 955 med fordoblet tappekapasitet, ca. 20 m³/s ved HRV
- C. Overføring av flomvann fra Vindedøla til Viddalsmagasinet i nabovassdrag Aurland, kombinert med alternativ B, dvs 20 m³/s kapasitet

For å sammenligne disse har Multiconsult utført simuleringer av hvordan oktober-flommen kunne dempes med de ulike tiltakene innført på forhånd. På grunnlag av disse simuleringene og lignende analyser av enkelte vårflokker ble det utarbeidet en strategi for flomdemping. Videre ble dette notatet utarbeidet som planforslag for hvordan flomdemping best kunne oppnås for å verne det eksisterende vassdragsmiljøet i Flåmsbygda.

Det er kjent at andre naturfarer er relevante i Flåm, spesielt fjellskred fra fjellmassivet Stampa og tilhørende flodbølge i Sognefjorden, men dette notatet omhandler bare flom.

2 Behov for flomdemping som strategi for å møte klimaendringer

2.1 Risiko for flomskader i Flåmsvassdraget i dag.

I slutten av oktober 2014 erfarte Vestlandet en av de mest intense nedbørsepisoder så langt i dette århundret. Flåmsvassdraget var utsatt for kortvarig intens nedbør med målinger på til sammen 230 mm i nedbørmåleren på Myrdal den 26., 27. og 28. oktober. Det virker som om høyfjellet nord på Hardangervidda var hardest rammet og det forekom skader i Flåm sentrum og flere andre vassdrag, deriblant Opo og Vosso. Dette notatet omhandler bare problematikken rundt flomskader i Flåm og tar ikke opp flomskader i andre vassdrag.

I følge internnotatet fra NVE datert 14.01.2015 (ref. 2), kan flomtoppen i 2014, målt ved Brekke bru, ha et returintervall på 50 – 100 år. Likevel er det ingen historisk fortelling om lignende erosjonsskader tilbake i tid, heller ikke fra perioden før reguleringsmagasinene til NSB ble satt i drift i 1950-årene. For flommen den 28. oktober 2014, har NVE beregnet at flomtoppen ved Brekke bru hadde en størrelse på 247 m³/s, mens døgnmiddelvannføringen er beregnet til minst 161 m³/s, kanskje noe større. Større verdier for døgnmiddel ble registrert i 1921, 1973 og 1985, men vi har ingen data for hvor kortvarig (spisse) flomtoppen var for disse tidligere flomhendelsene. Det er mulig at flomtoppen i 2014 var høyere enn momentane flomtoppen i 1985 selv om døgnmiddelveidien i 1985 var estimert til 193 m³/s. Det må understrekes at målinger frem til 1997 var basert på daglige avlesinger kl. 12 og siden flommen i 1985 er anslått å ha toppet seg om ettermiddagen er det mulig at døgnmiddelveidien er faktisk lavere enn 193 m³/s.

Den mest realistisk fremstillingen er at begge flommer er av samme type og ligner hverandre i størrelse. Videre sier NVE følgende (ref. 5): *Flommen i høst (oktober 2014) var imidlertid svært intens, og det er sannsynlig at kulminasjonsvannføringen er den største siden målestart.*

Største «døgnmiddelflom» inntraff 1. oktober 1985. Denne flommen var i hovedsak en regnflom som rammet felt nær vannskillet mot Østlandet helt til Jotunheimen.

I nabovassdraget gikk Nærøydalselva også over sine bredder den 28 oktober 2014 i det som ser ut til å være en enda mer ekstrem flom enn opplevd i Flåm. Toppvannføring var estimert til 415 m³/s selv om feltareal er helt lik Flåmsvassdrag og feltenes karakteristikk for øvrig har mange likheter. Grunnen til at Nærøydalen ikke fikk så mye oppmerksomhet som for Flåm var at skadene på hus og infrastruktur var mye mindre. Det må sies at bosettingen i Nærøydalen er annerledes enn i Flåm. E16 langs Nærøydalen er bygd mer flomsikkert enn lokale veier langs Flåmselvi, bosetting er mer spredt med større avstander mellom hus og elv.

Flommen i oktober 2014 var en historisk sjelden hendelse sett i forhold til fortidens klima, men en lignende hendelse har skjedd tidligere (1985) og kan gjenta seg flere ganger per århundre i fremtidens klima. De mest skadelige flommer i bratte vassdrag er ofte av svært kortvarig natur, skapt av intens nedbør over et par døgn eller kortere varighet.



Figur 1 Bilde av Flåmsbrua etter at flomtoppen har passert. Flere bygninger er vasket bort gjennom elvens erosiv kraft (Foto: Oddleif Løset, NRK)

2.2 Verdiene som må sikres

I oktober 2014 ble 13 bolighus totalskadet, hvorav 5 ble tatt av elva som erodert vekk fundamenter slik at husene rast ut i elva og ble vasket bort. I tillegg ble en driftsbygning og flere mindre uthus totalskadet. Veien i Flåmsdalen ble totalskadet på flere strekninger og flere andre veistrekninger ble vasket vekk. Det gikk hardt utover flere broer. Broen ved Flåm skole ble tatt av flommen, broen ved Haugen ble totalskadet, mens veien ved broen ved Flåm kirke ble skadet. Det samme var tilfelle med flere andre gangbroer. Flåmsbanen ble stengt en tid. Det var ustabile masser og fare for utglidning ved Flåm kirke. Flåm skole var også truet siden muren ble gravet vekk av flommen men ingen mennesker mistet livet eller ble alvorlig skadd. Estimerer for de samlede kostnader fra forsikringer, reparasjon av infrastruktur og gjenoppretting av terreng som raste ut, samt forsterkning av elvebredder mot nye flomskader beløper seg til over 250 millioner kroner.

Siden flommen i 2014 toppet seg i dagslys om ettermiddagen ble evakuering vellykket og ingen menneskeliv gikk tapt. Veiene ble stengte når bruene sto i fare og skolen ble evakuert før skolebygningen ble truet og brua vasket bort. Det er mulig at dette heldige utfallet ikke ville ha skjedd dersom flommen hadde toppet seg midt på natta og erosjonsprosessen foregikk uten å bli oppdaget av huseiere og andre forbi passerende. NVE har foretatt omfattende reparasjons- og sikringsarbeid i strekningen mellom Leinefoss kraftstasjon og Brekke bru, men det gjenstår å bygge nye bruer og strekningen fra Brekke bru ned til fjorden hvor de største eiendomsverdier ligger er ikke endret eller sikret mot nye flommer av samme størrelse som 2014.

Flåm skole er fundamentert på eroderbare løsmasser og den nye bruene som er planlagt ved siden av skolen kan endre hydraulikken til elven under en ny flom. Den eksisterende veibroen under E16 som forbinder østsiden og vestsiden forblir en flaskehals og vannflaten nådde brobjelkene under 2014 flommen slik at det ble en relativ rask oppstuvning av vannstand bak brua. For lignende flommer kan dette danne et turbulent vannstandssprang lenger opp, noe som kan føre til økt erosjonsfare grunnet ekstra turbulens rett nedenfor vannstandspranget. Her befinner det seg en bryggeri og et pensjonat/hotell. Det er liten tvil om at en lignende flomhendelse som i 2014 under nattens mørket kan være en trussel for liv og helse til befolkningen i Flåm som bor og jobber i bygninger nær elven.

Sikkerhetsklassene for flom er satt av NVE for sakte stigende og rolig vannhastighet (f.eks. Glomma). Eksempler fra 2014 i Flåmvasdraget og Odda viste flere dramatiske eksempler med erosjonsprosesser under rask utvikling som førte til en total kollaps av fundamenter og ødeleggelse av hus og bruer. Slike kortvarige flommer kan dermed føre til rask erosjon og brå kollaps av bygg med fare for mennesker i bygget og i nærheten. Beregnede vannhastigheter i Flåmselvi (ref. 8 og 9) viser midlere vannhastigheter som gir stor masseforflytning og bunnsenkning ved ekstrem flom, noe som også skjedde i 2014. Bunnsenkning fører som regel også til undergraving av sideskråningene.

Fare for erosjon i en hurtigstrømmende elv, som Flåmselva, medfører at sikkerhetsnivået som gjelder for arealplanlegging blir det samme som gjelder for skredfare, dvs. dimensjonering etter 1000-års returintervall for boliger. For skoler kreves enda større sikkerhet.

NVE har satt en standard for det som er et akseptabel returintervall for skadeflommer osv. Her snakker vi om fremtidens klima og planlegger for et trygt lokalsamfunn i 2050-2100. Dermed må alle nye og ombygde hus stå mye høyere enn før for å komme over det flomutsatte terrenget. Planen for flomdemping som beskrevet i dette notat er siktet mot å imøtekomme disse kravene gjennom tilstrekkelig flomdemping fra flere tiltak utført oppstrøms slik at fremtidens flomtopper blir noe lavere enn det som har blitt opplevd i de siste tiårene. Hensikten med flomdempingen er å motvirke effekten av klimaendringene og gjenopprette det samme flomregimet som elven hadde frem til slutten på forrige århundre.

NVEs sikringstiltak oppstrøms Brekke bru (parsell 1 og 2 i ref. 6) er beregnet for å sørge for at elvens utforming og erosjonsvern sikrer bebyggelsen mot en oversvømmelse opp til dimensjonerende 200-års flom. Nedstrøms Brekke bru er det ukjent om de få tiltakene som allerede er utført blir tilstrekkelig for å forhindre en gjentakelse av skadetyper som skjedde i 2014. For eksempel er det vedvarende fare for både rask oppstuvning bak veibroen under E16-broen, plutselig havari av brodekket eller undergraving av hus, veier, jernbane, brukar, osv alle utløst av elvens erosjonskraft som illustrert lenger oppe i vassdraget i 2014 (Figur 1).

NVE krever at det tas hensyn til klimaendringer med bruk av et klimapåslag for flommer beregnet ut fra historiske flomdata. I Flåmselvi anbefaler NVE det maksimale klimapåslag på 40%, noe som reflekterer at bratte vassdrag i Vestlandet forventes å oppleve mye større økning i flomtopper enn klimaendringer vil påføre resten av landet. 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, og mye større enn 2014 flommen. Med en vellykket flomdemping som beskrevet i denne rapporten vil flomtopper kunne reduseres med ca. 100 m³/s og kompensere for nesten hele 40% klimapåslaget.

2.3 Faren for stormflo samtidig med skadeflom

Det har hittil ikke vært særlig oppmerksomhet rettet mot risiko for flomskader forårsaket av en kombinasjon av en skadeflom som topper seg samtidig som en stormflo. Denne kombinasjonen er brukt i modellering av flomsonekart og viser en stor oversvømmelse i Flåmsbygda nedenfor brua under E16. (se Flomsonekart fra Norconsult ref. 8). For å avverge slike hendelser er flomdemping den eneste praktiske strategien. Det er praktisk talt umulig å finne plass til å utvide elvens tverrsnitt som NVE har gjort ovenfor Brekke bru og det hjelper ikke med erosjonsvern. Denne faren vil også bli økende siden transport av sedimenter vil medføre opphoping av sand og grus i utløpskanalen forbi havnet. Flomtoppen i oktober 2014 skjedde samtidig som en heldig «normal» situasjon for tidevannet. Likevel ble det deponert mye sedimenter i kanalen. Ved lignende situasjoner og stormflo vil deponeringen skje lenger opp i kanalen og gjøre kapasiteten enda mindre enn indikert av flomsonekartet i ref. 1.

I oktober 2014 oppsto det betydelig skader fra oversvømmelser som vist i Figur 2. Tidspunktet for dette bildet er ikke kjent, men vi ser Fretheim hotell i bakgrunnen. Det kan ha vært høyere vannstand enn bildet viser under selve flomtoppen. Det som er klart er at flommen toppet seg i Flåmsbygda mellom kl. 18 og kl. 19 den 28 oktober 2014. Registrerte tidevannsmålinger fra Bergen havn justert til Flåm både i tid og amplitude viser at flomtoppen skjedde heldigvis samtidig som en lav og fortsatt fallende tidevannstand på 20 til 30 cm under middelvann (som er ca. 1,0 m over sjøkartnull). Hadde flomtoppen kommet 6 timer senere, rett etter midnatt, hadde oversvømmelsen ved Flåm havn vært mer enn 1,0 m dypere enn faktisk opplevd, og **med en maksimalt uheldig stormflo kunne oversvømmelser vært nesten 2 m dypere enn opplevd i 2014 (se Figur 3)**. Det er relevant å forestille seg hvordan en evakuering av hele bygda hadde pågått midt på natten med stigende tidevann samtidig som stigende flomvann.

Dessuten er det sannsynlig at flommer som ligner 2014 flommen ikke vil ha kapasitet til å passere under veibroen vist i Figur 3. Dersom vannflaten treffer undersiden av brubjelkene vil vannstanden bak stige raskt og brua kan til slutt brase. Den oppsamlete vannmengden oppstrøms brua kan skape en liten bølge som vil skylle inn i alle eiendommer nedstrøms som allerede er omkranset av flomvann. Da kan det oppstå fare for at folk og biler blir skylt bortover, i verste fall ut i fjorden.



Figur 2 Fra adkomstveien til Flåm havn under flommen i oktober 2014. Fretheim Hotell i bakgrunnen (Foto: Einar Aarre, bt.no)



Figur 3 Brua for adkomst til østsiden av elva fra avkjørselen til E16 med lav vannføring i august 2016

3 Hva bør være målsettingene for flomdemping i Flåmsvassdraget?

Planen består av 2 faser hvorav den første består av kortsiktige marginale forbedringer i personsikkerhet og har en målsetting om å skaffe bedre varslingstid og en liten flomdempende effekt allerede fra 2017. Dette i kombinasjon med sikringstiltak allerede utført av NVE i 2014- 2016 vil gi en litt større trygghet enn var tilfellet i oktober 2014. Dette er likevel langt fra tilstrekkelig for å møte klimaendringen som forventes komme og helt utilstrekkelig for å tillate fremtidig utnyttelse av arealer langs elva for fremtidige bygg og næringsvirksomhet.

Fase 2 har derfor målsetting om å gi så stor langsiktig flomdempende effekt at risiko for liv og helse blir redusert til lavere sannsynlighet enn det som var situasjonen frem til 1985-flommen. Flomdemping vil samtidig føre til en normalisering av de naturlige geo-morfologiske prosessene som har karakterisert fortidens klima og dermed bidra til vern av eksisterende kulturminner som Flåmsbanen og rallarbanen representerer for fremtidige generasjoner. Elven og dalføret vil ikke miste sin karakteristikk hvor flommer av normale størrelse og frekvens vil skje, med tilhørende spyling av sand og grus langs vassdraget som før, naturlig kantvegetasjon osv. Men fremtidens skadelige flommene vil kunne forsinkes, varsles og håndteres av eksisterende og nye reguleringer oppstrøms kombinert med innføring av flomdemping og tidlig varsling som fast rutine i fremtidig bruk av Klevevatn magasin.

Vi legger også til grunn at myndighetenes tekniske forskrifter og anbefalinger skal anvendes i reguleringsplaner og arealplaner og at utbyggere skal kunne ha den samme grad av sikkerhet mot flom og ras utløst av flom som opplevd frem til 1985.

En annen målsetting er at man skal kunne investere i eiendom og infrastruktur mer eller mindre som før flomhendelsen 2014. Det medfører ikke at nøyaktig de samme arealene skal vernes mot oversvømmelse, men at lokalsamfunnet skal ha tilgang til arealer i dalbunnen med en akseptabel grad av sikkerhet mot flom- og erosjonsskader i fremtidens klima. Vi søker dermed en fullgod løsning på flomdemping av Flåmselvi som vil tillate at bygda og infrastruktur kan utvikles på dagens terreng og uten nye ombygging av elveløpet, nye flomvoller eller terrengheving og plastring. Flomsikkerhet for bygda blir bedre enn ved mer plastring fordi maksimal vannhastigheter reduseres heller enn økes og dermed reduseres også erosjonsfaren under en ny fremtidig storflom.

4 Fase 1 – umiddelbare flomdempingstiltak (Tiltak A)

4.1 Nye rutiner for bruk av Klevevatn magasin.

Uansett om det blir bygget nye tappetunneler og overføringer om noen år, har Flåmsbygda behov for strakstiltak for å forhindre nye flomskader, selv om tiltakene allerede utført av NVE (ref. 6) bidrar godt til å forhindre en gjentagelse av 2014 hendelsen. Under flommen i oktober 2014 var Klevevatn full og tappeluken var stilt inn med liten åpning (6cm). Det var ingen oppmerksomhet rundt flomfaren på forhånd og dette var en manøvrering som ga god effekt for kraftproduksjon i begge kraftstasjoner nedstrøms samtidig som Klevevatn fremsto som en naturlig innsjø i «turistmånedene» august og september.

For å forbedre flomsikkerheten umiddelbart er det foreslått en fase 1 flomdempingstiltak som trenger ingen ny konsesjonsbehandling, kun en tillatelse til å utnytte eksisterende magasin Klevevatn (se fig 2) både til flomdempingsformål og kraftproduksjon. Samtidig vil det opprettholde et akseptabelt landskapsbilde rundt Klevevatn i august og september. Forslaget for fase 1 går ut på å innføre nye manøvreringsrutiner i måneder juli til desember med vannstander normalt mellom 3

til 5m. under HRV, dvs fra kote 953 til 955 istedenfor dagens situasjon med vannstander rundt HRV på 958 om sommeren/ høsten.

Om vinteren tappes magasinet ned mot LRV på kote 949 som i dag. For å kunne dempe en vårflo som også kan føre til skader foreslås at magasinet forsøkes holdt i den nederste tredjedel, dvs 952 til 949 under islagte forhold fra februar til april. Oppfyllingen som skjer i mai og juni vil variere fra år til år avhengig av snømagasinet og værforhold i den aktuelle tidsperioden. Straks tilsig fra snøsmeltingen er lav nok skal magasinet tappes ned til minst 3m. under HRV (kote 955).



Figur 4 Klevevatn magasin sett mot sør om høsten med dammen som skimtes like bak jernbanebrua

Det skal samtidig innføres kontinuerlig overvåking av vannstanden i Klevevatn som varselsignal om at en skadeflom er på vei. Rask stigning av vannstand i et halvtomt magasin er en mer pålitelig signal om en kommende storflom enn nedbørmålere eller en liten stigning i vannstand over et overløp på fullt magasin. Denne forbedrete overvåkingen vil kunne gi noen få timers ekstra varsel om en kommende stor høstflom.

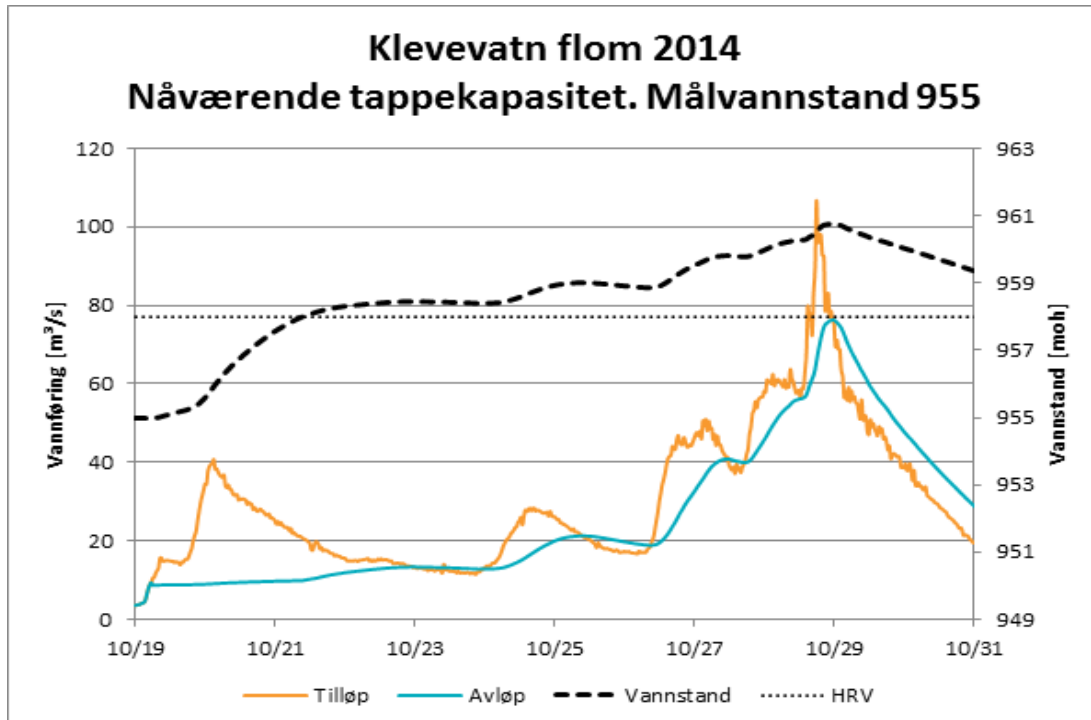
Fase 1 er bare en endring av magasinets manøvrering og vil ikke kunne unngå at Klevevatn likevel fylles raskt opp. Flommen fra Klevevatns overløp, Vindedøla og de øvrige uregulerte sidevassdrag kan likevel bli stor og skadelig. Fase 1 vil primært gi noen timers varsel og en mer pålitelig signal om at evakuering kan bli nødvendig. Grovt sett kan det også forventes en liten flomdemping av størrelsesorden 5-10% for toppvannføring nede i Flåmsbygda. Dette kan likevel ikke veie opp for den 40% klimapåslaget på skadeflomtopper som NVE foreslår.

Et eksempel på hvordan flommer blir påvirket av endret manøvrering er vist i Figur 5 høstflom oktober 2014) og Figur 6 (typisk vårflo). Figur 5 viser en demping av opptil 30 m³/s med en startvannstand på 955 som foreslått her som tiltak A.

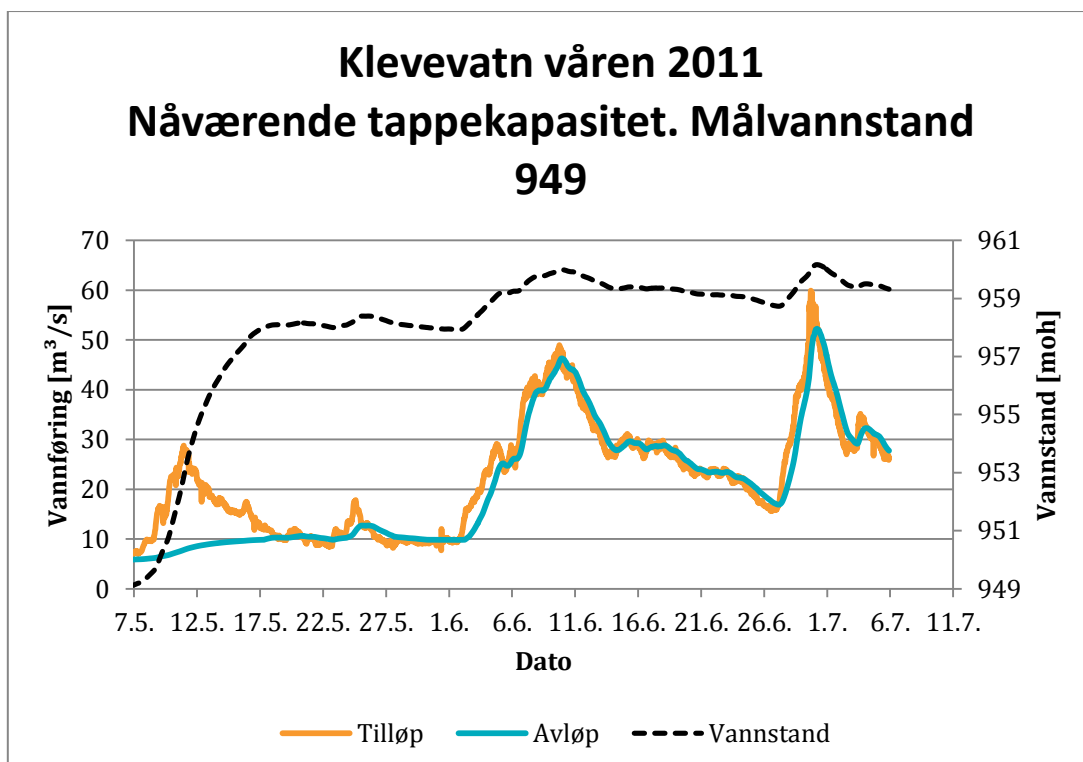
Figur 6 viser at magasinet fylles opp under vårflo som selv med startvannstand nede ved LRV og dagens tappeluke fullt åpent. Flomdempingseffekten er bare i størrelsesorden 5-10 m³/s. Dette er nært opp til dagens manøvrering bort sett fra at tappeluken er foreslått åpnet fullt fra starten på

Flomdempingstiltak for vern av liv og helse i Flåm

snøsmeltingen. Magasinet vil uansett alltid bli fylt opp til HRV i løpet av smeltesesongen, men overløpet vil bli forsinket og kommer senere enn flomtoppen fra det uregulerte feltet nedstrøms. Dette vil også bidra umiddelbart til en litt bedre demping av vårflommer. Om ønskelig kan en mer aktiv regulering av Klevevatn enn dagens praksis kunne supplere lave vannføringer under et sommertørke og støtte opp om verdien av vassdraget som kulturminne, turistattraksjon, nasjonalt laksevassdrag osv.



Figur 5. Effekten av nedtapping om høsten til 955 i forkant av høstens flomsesong.



Figur 6 Flomdemping for typiske vårflommer med startvannstand på LRV og tappeluken fullt åpent

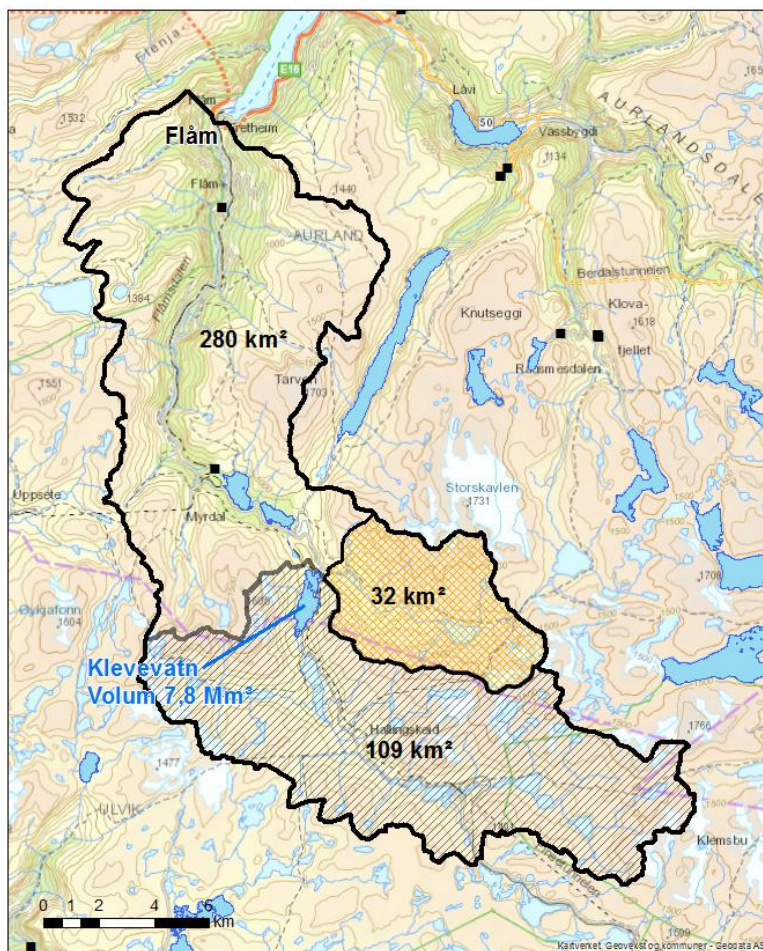
5 Fase 2 – konsesjon for endret bruk av Klevevatn magasin, ny tappetunnel forbi dammen og overføring av Vindedøla.

5.1 Målsetting om flomdemping på 100 m³/s eller 30-40 % av 2014 flommen

Kort fortalt tar Fase 2 sikte på å gjenopprette den samme eller bedre sikkerhet for fremtidige generasjoner som bebyggelsen hadde før 1985 flommen gjennom å sørge for en flomdempingseffekt på ca 30-40% av 2014 flomtoppen (eller ca. 100 m³/s)

Tre tiltak for flomdemping ved bruk av Klevevatn magasin og overføring av flomvann har blitt undersøkt og planlagt innført i kombinasjon med hverandre.

- A. Nedtapping av Klevevatn til kote 953-5 med eksisterende tappelupe (Fase 1).
- B. Nedtapping av Klevevatn til 953-5 med fordoblet tappekapasitet, ca. 20 m³/s
- C. Overføring av flomvann fra Vindedøla til Viddalsmagasinet i nabovassdrag Aurland, kombinert med alternativ B, dvs 20 m³/s tappekapasitet



Figur 7 Klevevatn regulerer 39% av hele nedbørfeltet ved Brekke bru, mens Vindedøla utgjør 12%.

Klevevatn magasin regulerer den øverste delen av feltet (109 km² av totalt 280 km² ved utløp i fjorden). Oftest vil man oppleve den mest intense nedbøren, siden nedbørsmengden som regel øker med høyde over havet. Under flomhendelsen i 2014 opplevde den øverste delen den mest intense nedbøren og kan ha bidratt til mer enn halvparten av vannføringen under flomtappen. Vindedøla er et høyfjellsfelt som kommer inn rett nedenfor Klevevatn dam og er også markert i Figur 7.

5.2 Endret manøvrering og økt tappeevne fra Klevevatn (Tiltak B)

Dette alternativet er en forbedring av alternativet med nedtappet magasin (fase 1) ved at tappekapasiteten forbi dammen minst dobles fra dagens nivå. Poenget med dette alternativet er at økt tapping gjør oss i stand til å hindre at magasinet fylles opp for tidlig under stigende flomtilsig og den flomdempende effekten på flomtoppen blir større. I praksis kan man si at den økte kapasiteten anvendes til å sluse ut flomvann før den farlige flomtoppen ankommer.

En måte er å bytte ut dagens tappeluken med en størst mulig tappeluken, men dette gir bare en viss økning i tappekapasitet, sannsynligvis ikke optimalt. Lukestørrelsen blir bestemt av den eksisterende betongkonstruksjonen rundt selve luken. Hovedsakelig vil kostnaden knytte seg til at betong må brytes ut rundt dagens luka for å lage tilstrekkelig plass. Det er ikke beregnet hvor stor luke som kunne blitt montert inn i den gamle tappetunnelen.

Et mer hensiktsmessig alternativ er å bore en ny tappetunnel med større luke parallelt med dagens tappetunnel. Denne løsningen åpner for en mye større tappekapasitet som også øker flomdempingseffekten. Våre simuleringer baserer seg på en antagelse om dobling eller tredobling av dagens tappekapasitet gjennom en ny tappetunnel. Tredobling er ikke oppnåelig med bruk av dagens tappetunnel. Bygging av en ny tappetunnel med større tappeluken er likevel teknisk enkelt, rask og skånsom med bruk av moderne sjaktboringsteknikk. Tunnelen vil komme ut av fjellet omtrent som indikert i Figur 8, sett fra rallarveien.

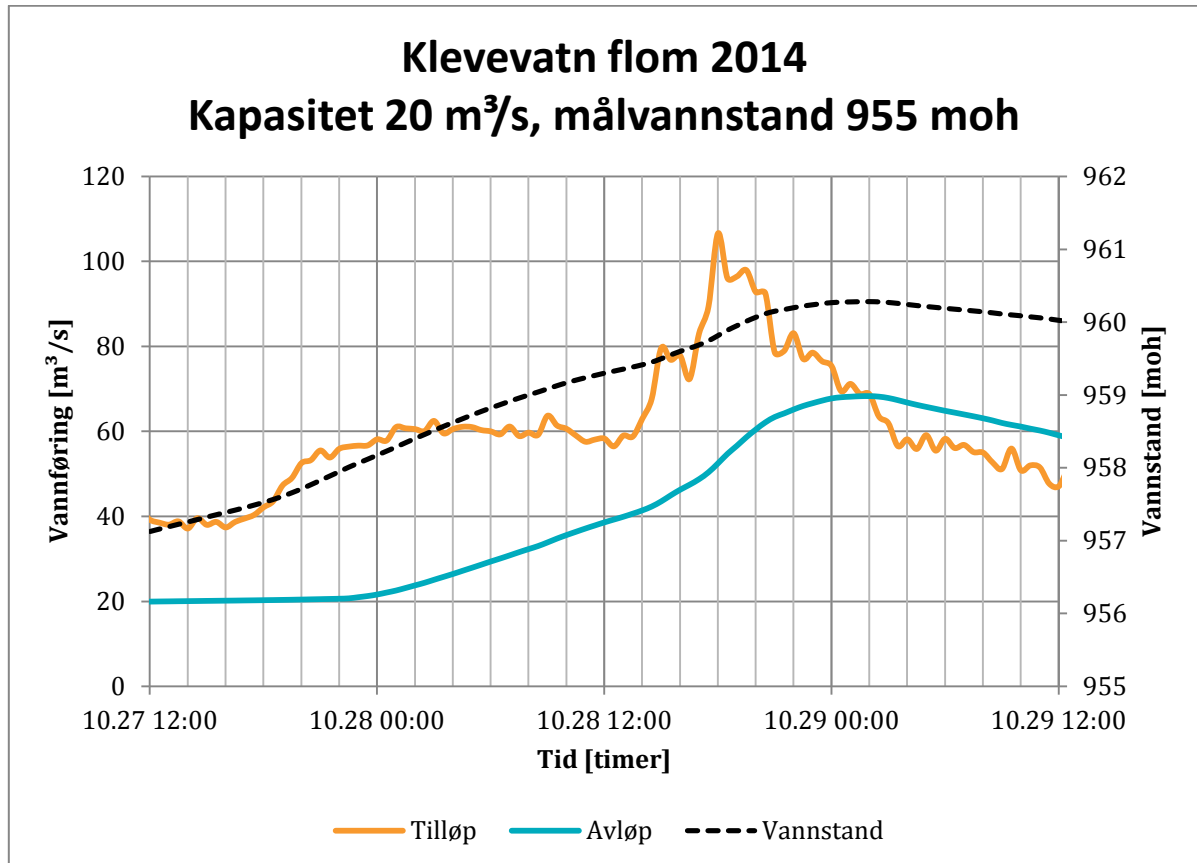


Figur 8 Utløp fra Klevevatn. Rød sirkel indikerer omtrent hvor en ny tappetunnel kunne komme ut

For eksempel har vi simulert en dobling av dagens tappekapasitet gjennom en ny boret sjakt kombinert med en manøvrering beskrevet som fase 1. Resultatet er en viss demping av utløpsflommen ut av Klevevatn, men enda mer viktig er en forsinkelse på toppen av utløpsflommen i størrelsesorden 5-7 timer som vist i Fig 10. Vi ser at dobling av

tappekapasiteten demper flomtoppen ut av Klevevatn med ca. 35 m³/s. En tredobling av tappekapasiteten kan bare redusere flomtoppen med ytterlige 10 m³/s.

For flomforløp som ligner oktober 2014 med veldig rask stigning og fall i flomvannføring, vil forsinkelsen på flomtoppen fra Klevevatn komme ca. 7 timer etter at flomtoppen fra det uregulerte feltet ha passert og falt med ytterlige 20-30 m³/s. Mye av denne effekten skyldes nedtapping av magasinet på forhånd som beskrevet som fase 1. Det er viktig å understreke at under vårflokker som varer over lengre tid forventes det mindre nytte av forsinkelse-effekten for demping av vårflokker.



Figur 9 Alternativ B med dobling av tappekapasitet i tillegg til endret manøvrering (Alt A eller fase 1)

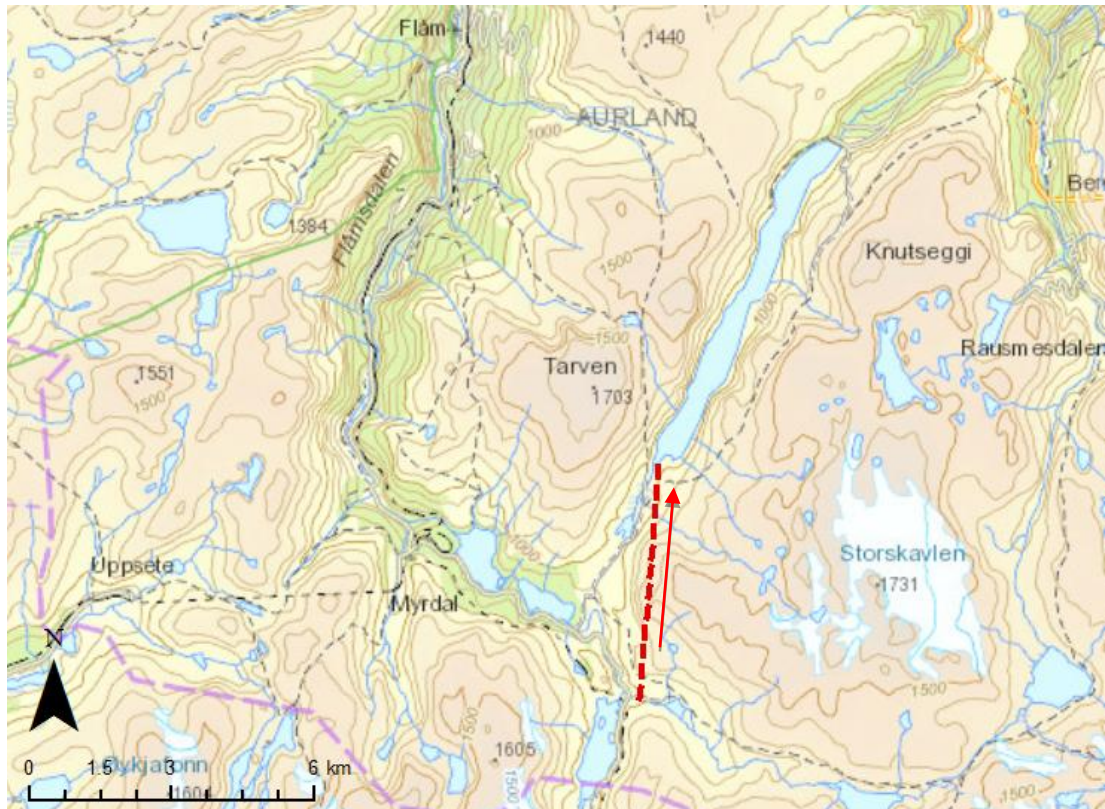
5.3 Overføring av Vindedøla til Viddalsmagasinet (Tiltak C)

Dette forslaget har blitt skissert tidligere, men ble ikke konsesjonssøkt på grunn av vassdragets status som varig vernet. Planen består av en ny overføringstunnel til Viddalsmagasinet fra Vindedøla, et uregulert sidevassdrag til Flåmselva som kommer inn i hovedelva rett nedenfor Klevevatn dam (Fig. 10). Vindedøla ved kote 975 utgjør ca. 12 % av feltarealet ved Brekke bru, men sannsynligvis omtrent 15-20 % av flomvolumet i 2014.

En illustrasjon av hvor et slikt inntak kunne bygges skånsomt er vist i Figur 11, for å skjule inntaket fra selve rallarveien og Bergensbanen (indikert av den gule pilen). En slik tunnel gir muligheter for å overføre flomvann fra Vindedøla for midlertidig lagring i Viddalsvatn. Det vil samtidig medføre endringer i hvordan Viddalsmagasinet og vannkraftanleggene i Aurland brukes, men foreløpige indikasjoner fra regulanten E-CO tyder på at flomfaren i Aurlandsdalen ikke endres som resultat av overføringen og at netto kraftproduksjonen i eksisterende vannkraftverk kan øke med omtrent 100 GWh per år.

Dette tiltaket blir nødvendig i tillegg til bruk av Klevevatn som dempingsmagasin, for å kunne få en betydelig større økning av flomdempingen enn A og B beskrevet over, noe som regnes som utilstrekkelig for å motvirke effekten av klimaendringer og dermed gjenopprette sikkerheten til nivået fra før 1985.

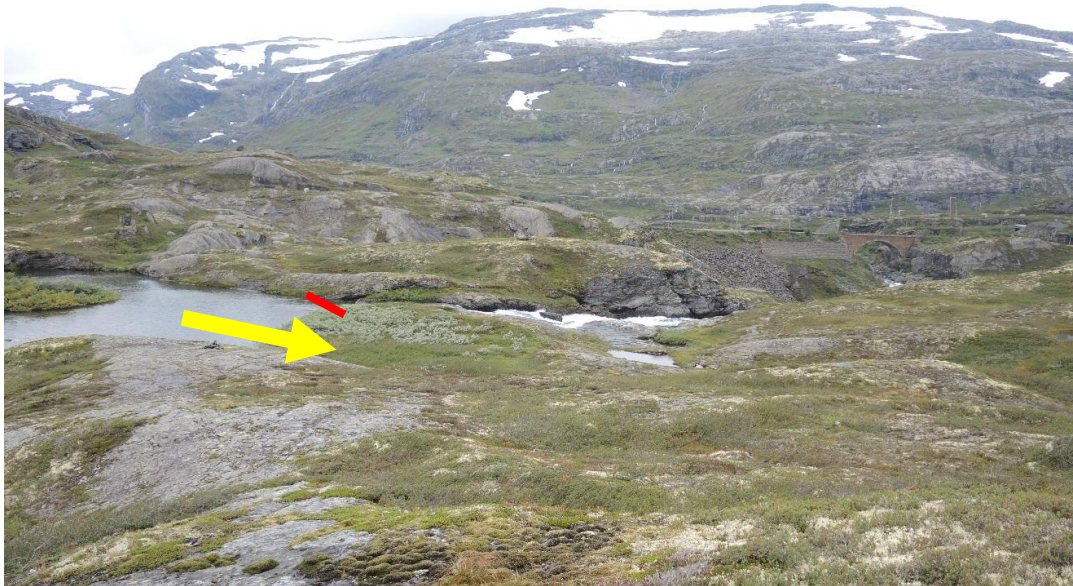
Overføringstunnelen vil også kunne bygges under en eneste samlet kontrakt for både tunneloverføring til Viddalsmagasinet og boring av ny tappetunnel forbi Klevevatn dam. Begge konstruksjoner er av samme type og egner seg for gjennomføring samtidig av den samme entreprenøren med samme rigg og samme kort byggeperiode med synlig byggeaktivitet rundt Klevevatn.



Figur 10: Kart over Flåmsvassdrag med forslag til overføringstunnel mot Viddalsvatnet

Fjernstyring av regulering av vannet sluppet ut av Klevevatn kan sørge for en mer optimal bruk av magasinert vann. Fordelingen kan justeres kontinuerlig for å ivareta flomsikkerhet i både Flåm og Aurland og behovet for vannføringsvariasjoner tilpasset anadrom fisk i den nederste strekningen, i tillegg til å kunne oppfylle eventuelle nye krav til minstevannføring som kommer av vilkårsrevisjoner på eksisterende konsesjoner, turisme og friluftsliv. Et viktig formål er å sikre kulturminneverdier mot fremtidige skader fra store skadeflommer som i 2014.

Foreløpige vurderinger indikerer at overføring av vann fra elven Vindedøla vil ikke ha noen biologiske ulemper siden det er ikke funnet røye eller andre fremmede fiskearter i Vindedøla.



Figur 11. Vindedøla sett mot Klevevatn og Bergensbanen. Forslag til terskeloverløp (rød strek) og dykket flominntak (gul pil) usynlig fra Rallarveien



Figur 12 Fotomanipulasjon med mulig tidligere utforming av inntak i Vindedøla, men med ny plassering som foregående bilde, nå indikert med rød pil. Fossen under rallarveien vil ha kontinuerlig slipp av minstevann om sommeren

5.4 Kostnader og finansiering

Kostnaden med en ny overføringstunnel er betydelig, dvs. langt større enn for en ny tappetunnel fra Klevevatn, selv om tunnelen sprenges med et moderat tverrsnitt. For at en slik tunnel skal garantert stå åpent neste gang en ny skadeflom oppstår bør det tillates bruk av tunnelen for overføring av vann kontinuerlig, ikke bare under en flom. Økt vannkraftproduksjonen i eksisterende kraftverk Aurland I vil dermed kunne bidra til å redusere behov for store statlige eller kommunale bevilgninger til flomdempende tiltak, og samtidig redusere utgifter for fjerning av grus, reparasjoner og vedlikehold av plastringer.

En stor fordel med dette tiltaket er dermed at det kan delfinansieres gjennom bidrag fra økt kraftproduksjon i eksisterende vannkraftverk i Aurland. Det er ikke slik at hele prosjektet lar seg finansiere av vannkraftproduksjonen alene, i hvert fall med dagens energipriser. Derimot vil det kunne reises et stort bidrag til finansiering av tiltaket selv om hovedhensikten er å maksimalisere den flomdempende effekt av en slik overføring.

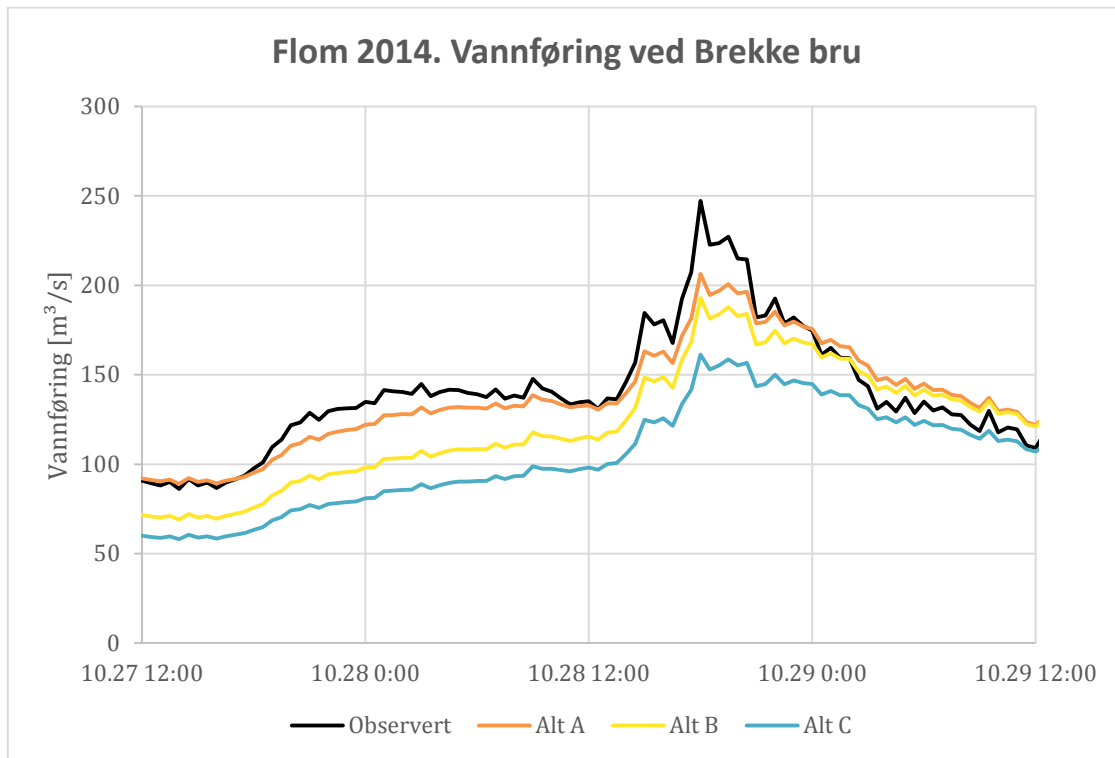
Det er teoretisk mulig å tenke seg at tunnelen bygges, men ikke brukes normalt, bare under hendelser som ser ut til å føre til flomskader i Flåm. Tiltaket vil da ikke bli lønnsomt for kraftselskapet og hele byggekostnad for tunnelen må da finansieres fra offentlige kilder (stat eller kommune) og tilskrives flomdempingsformål alene. Tunnelen vil komme i bruk mer sjeldent enn en gang i året, og dette reiser nye problemer rundt sikring av at en beslutning om å åpne tunnelen faktisk blir tatt tidlig nok i forkant av en ny skadeflom. I praksis er det vanskelig å garantere en beslutning om åpning tidlig nok. Dessuten er kostnaden for høy til å berettigede bygging av tunnelen med et så sjeldent bruk.

Bruk av slike overføringstunneler under skadeflommer kan stride mot prinsippet om at man ikke skal manøvrere reguleringsanlegg slik at flomfaren øker for vassdraget nedenfor. Teoretisk kunne flomfaren øke litt i Aurlandselvi, mens den minsker i Flåmselvi. I praksis kan manøvrering av Viddalsmagasinet og E-COs rutiner for flomhåndtering sørge for at flomfaren ikke øker i nevneverdig grad. Dessuten ønsker kommunen en slik omfordeling siden Aurlandsvassdrag er allerede godt regulert og en mindre overføring fra Flåmsvassdrag neppe vil øke risikoen i Aurlandsdalen nevneverdig. Flomskader i Aurlandsvassdrag var ubetydelig under oktober 2014-flommen, selv om nedbørintensiteten var tilnærmet lik som i Flåmsvassdraget.

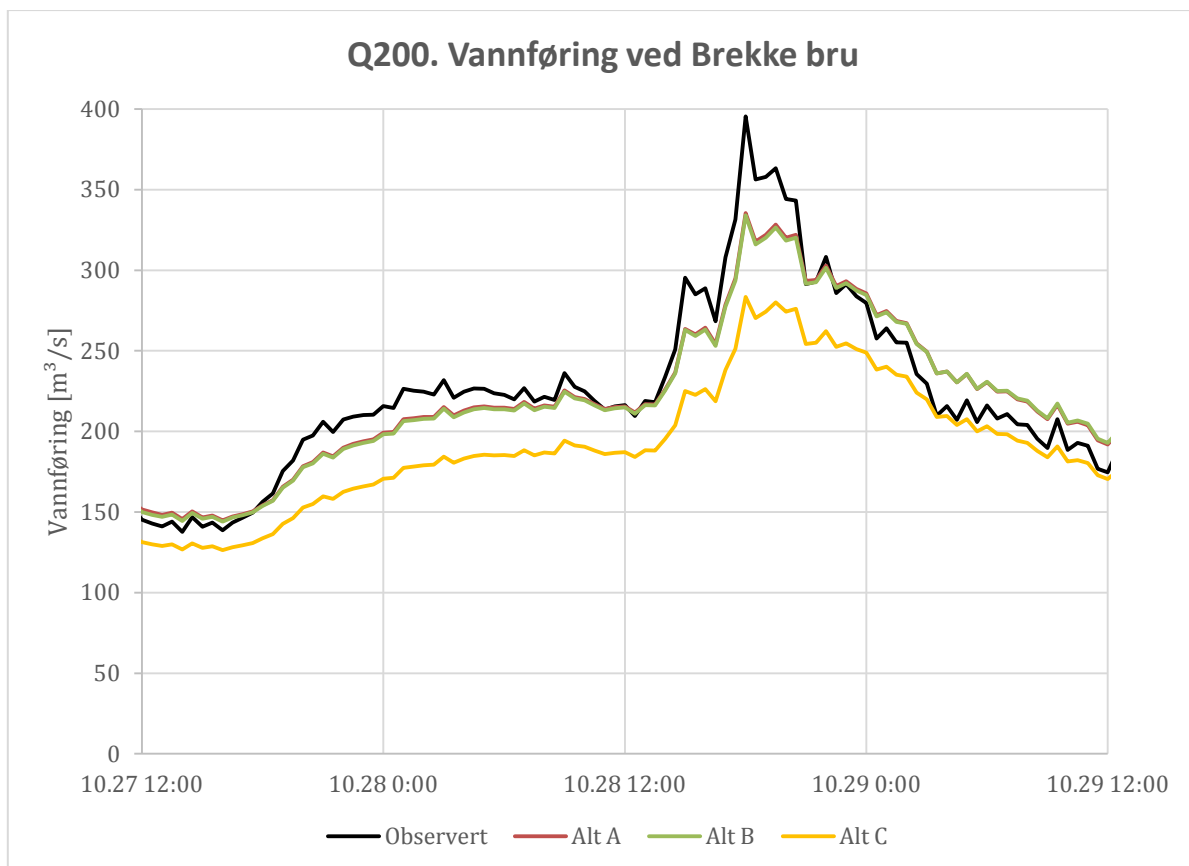
5.5 Kombinasjoner av flere tiltak.

Ingen av de enkelte tiltakene alene er tilstrekkelig for å beskytte Flåmsbygda fra fremtidige skadeflommer medregnet klimaendringer, men en godt planlagt kombinasjon av alle tre tiltak planlagt for å fungere optimalt sammen vil sannsynligvis oppnå målsettingen av 100 m³/s reduksjon i toppvannføring på en sjelden skadeflom. Flomdemping vil også bidra til å stabilisere elveleiet og substrattyper langs den anadrome strekningen av Flåmselvi. Effekten er estimert til å være god nok til at det ikke trengs nye flomvernsanlegg i Flåm. Samtidig vil faren for erosjon og jordras langs Flåmselvi bli vesentlig redusert.

Figur 13 viser hvordan en kombinasjon av de ulike tiltakene kunne ha dempet den spisse flomtoppen som kom i oktober 2014. Man ser at tiltak A, som består av å holde Klevevatn nede under kote 955 lengst mulig, klarer å barbere flomtoppen med ca. 40 m³/s. Tiltak C (overføring til Viddalsmagasinet) blir nødvendig for å oppnå ønsket flomdempende effekt.



Figur 13 illustrasjon på hvordan oktober 2014 flom hadde blitt redusert av de ulike alternativer



Figur 14 Begrenset effekt for veldig store skadeflommer (400 m³/s), men forbedring med overføring av Vindedøla (alt C)

En overføring av Vindedøla vil også kunne bidra til økt vannkraftproduksjon i Aurland 1 kraftverk, i størrelsesorden ca. 6-10 ganger mer enn det som vil gå tapt i Kjosfossen og Leirfossen kraftverk siden fallhøyden som utnyttes i Aurland er seks ganger større. Dette alternativet må ha en reguleringskonsesjon, noe som krever et unntak fra vernebestemmelser for vassdraget. Samtidig må konsekvenser for Kjosfossen og Leinefoss kraftverk utredes, men alle indikasjoner er at disse vil bli veldig små siden installasjonen i begge kraftverk er liten og det blir lett å sørge for at de har tilstrekkelig vannmengde.

6 Foreløpig vurdering av kost/nytte for alternativene

6.1 Sammenligning av nytten for hvert alternativ

De enkle simuleringene som er beskrevet ovenfor er egnet for å illustrere den sannsynlige flomdempingseffekten av ulike reguleringsstiltak som beskrevet i denne rapporten. Alle simuleringer viser at potensialet for flomdemping er tilstede og at det bør være mulig å komme frem til en anbefaling av hvilke kombinasjoner av tiltak kan best bidra til å sikre dagens bebyggelse i Flåm. Likevel må det advares mot å trekke konklusjoner fra så enkle analyser hvor bare et par flomhendelser har blitt brukt for å illustrere dette potensialet.

Tabellen 1 viser hvordan den momentane flomtoppen i 2014 ville blitt redusert med bruk av de ulike alternativene. I følge NVE hadde flomtoppen målt ved Brekke bru en estimert verdi på 247 m³/s, og dersom vi eskalere den til å representere en 200 års hendelse i fremtidens klima får vi en topp som er 60% større. Tabell 1 viser at slike store skadeflommer kan bare dempes til begrenset grad med tiltakene A og B. Det er først når Vindedøla kan overføres at flomdempingseffekten monner både for vårflommer og høstflommer.

Tabell 1. Oppsummeringstabell med flomdempingseffekt for hvert tiltak

Alternativ	Momentan flomtopp 2014	% reduksjon av flomtopp i oktober 2014	% reduksjon i fremtidig 200 års flomtopp	Størrelsesorden kapitalkostnad
0 -som i dag	247 m ³ /s	0	0	0
A Klevevatn delvis nedtappet	206 m ³ /s	17%	15% (dvs ca 58m ³ /s)	Mindre enn 1,0 mill. kr.
B Som A med ny tappetunnel	193 m ³ /s	22%	16% (dvs ca 62m ³ /s)	Ca. 2-20 mill. kr
C Som B med overføring Vindedøla	161 m ³ /s	35%	28% (dvs ca. 112 m ³ /s)	Flere hundrede mill. kr. (men med inntekter i samme størrelsesorden)

7 Verneverdier og hvordan disse kan bevares med reguleringen

7.1 Verneplan III

Flåmsvassdrag ble vernet som en del av verneplan III i 1983. Hovedgrunnlaget for vern var at det var ett av få typevassdrag i Indre Sogn som ennå ikke var påvirket av vannkraftreguleringer. På NVEs webside beskrives verneverdier bl. a med...

Vassdraget er et typisk høyfjellsvassdrag med 60 % av nedbørfeltet over 1250 moh. I den åpne og vide Moldådalen i øvre del ligger mange vann. Flere sidedaler slutter seg til hoveddalen. Vindedal i øst og Myrdal i vest er de to største. Flåmsvassdraget er et av de få større gjenværende vassdrag i indre Sogn som ikke er sterkt berørt av vannkraftutbygging, men det er to mindre kraftverk i elva.

Vassdraget har et stort naturmangfold. Naturvitenskapelig har også vassdraget størst verdi på grunn av sitt mangfold. Variasjonen i landskapet i ulike skalanivåer er spesielt for nedbørfeltet. Elva er et dominerende element i denne helheten. Fjelltype og rein er to viktige viltarter. Her er betydelig innslag av sjeldne planter og en rik fjellflora.

Flåmselvi er kjernen og hovedattraksjonen i et dalføre og et høyfjellsområde som har stor opplevelsesmessig betydning for friluftsliv og turisme. Flåmsvassdraget er også et attraktivt studieobjekt og ekskursjonsmål spesielt for botaniker- og geointeresserte. Vassdraget har stor pedagogisk verdi.

Verneverdier er kartlagt og rapportert i detalj i VVV Rapport fra Fylkesmannen (ref 7). Det er grunn til å merke seg at Flåmselvi beskrives som er et sentralt element i landskapet og at det er **variasjonen i landskapet i ulike skalanivåer som gjør vassdraget spesielt for indre Sogn**. Fjellet på vestsiden av Flåmsdalen inngår i Nærøyfjorden landskapsvernområde (ref.10) og vern av fjordlandskapet ble understreket i 2005 når Nærøyfjorden med omland ble innlemmet i Unescos Verdensarvliste. Verneområdet slutter et par kilometer sør for Leinefoss (se grensen markert med grønn strek i Fig 10 øverst til venstre).Klevevatn og Vindedøla inngår ikke i landskapsverneområdet

Flommen i 2014 påførte landskapet i dalbunnen betydelige synlige endringer i form av erosjon, destruksjon av bruer og deponering av elvegrus langs flomsletten som tidligere var dyrket og bebygd. Bilder i figur 17 og 18 fra henholdsvis før og etter flommen viser denne forandringen i landskapet. Selv etter at stabiliserings- og plastringsarbeid ble ferdigstilt høsten 2016 blir endringene klart synlig som vist i figur 19 og 20.

Disse bildene illustrerer hvordan fremtidige klimaendringer kan medføre store endringer i landskapsbildet på grunn av hyppige skadeflommer som er større enn har forekommet tidligere. Flomdempingstiltakene som er beskrevet her vil motvirke effekten av disse klimaendringene og sørge for at dagens landskapsbilde med naturlig kantvegetasjon bevares over lengre tid mer som situasjonen var før 1985. Flomdemping vil stabilisere elvens utforming og tillate gjenoppretting av naturlig dyrking av kulturlandskapet, og dermed en bevaring av elvas naturlig preg av landskapet.

Tiltakene vil ha en hydrologisk effekt på elven, ved å jevne ut vannføringen med reduksjon av topper på skadeflommer. Det er også mulig å supplere vannføringen i en tørr sommer med magasinert vann fra Klevevatn magasin. Tiltakene har derfor et potensial for å tilføre en netto positiv bevaringseffekt på landskapet heller enn en ødeleggende effekt. Elvens naturlig sesongmessig variasjon vil være lite berørt.



Figur 15 Flåmselva sett nordover fra Flåmsbanen før 2014 (Foto: VisitFlåm)



Figur 16 Fra omtrent samme ståsted etter flommen i 2014 (Foto 2015: Noralv Distad)



Figur 17 tatt høsten 2016. Flytting av Tverrelvi (like oppstrøms foregående bilder) og nye adkomstveier med skråninger og steinplastring



Figur 18 tatt høsten 2016. Ferdigstilt plastring sett oppover mot Leinefossen

8 Konklusjoner og anbefalinger

De tre tiltakene som er presentert i denne rapporten kan tilsammen bidra til en vesentlig demping av spisse flomtopper av den typen som ble opplevd i oktober 2014. Målsettingen er å forhindre en gjentagelse av hendelsen i 2014, selv når klimaeffekten gradvis øker hyppigheten og størrelsen på slike skadeflommer. Uten tiltakene vil befolkningen og besøkende til Flåm forbli utsatt for nye skadeflommer som kan sette liv og helse på spill. Spesielt farlige situasjoner vil kunne oppstå hvis flommen topper seg om natten og samtidig som en stormflo.

Med endringer i manøvrering av Klevevatn, utvidet tappekapasitet og bygging av en overføringstunnel mot Viddalsmagasinet vil denne reduksjonen være i størrelsesorden 100 m³/s eller 35-40 % av toppvannføring. Dette er nok til å redusere behovet for omfattende heving av terrenget i Flåm sentrum og forhindre en gjentagelse av erosjonsprosessene man opplevde i 2014. Med slik flomdemping kan en 200 års flomhendelse i dagens klima reduseres til en hendelse som ikke er verre enn 1985 flommen. Sammen med de tiltakene allerede utført av NVE oppstrøms Brekke bru vil dagens bebyggelse komme tilbake til et trygt sikkerhetsnivå som blir bedre enn mange andre dalfører på Vestlandet.

En slik kombinasjon av tre tiltak viser seg å være den foretrukne løsningen, men hvilken størrelser som er optimal er umulig å si basert på denne rapporten alene. Det gjenstår å se hvor stor tappetunnel og overføringstunnel skal være optimal og hvor stor restvannføring bør slippes forbi inntaket i Vindedøla.

Aurland kommune har innledet en dialog med regulanten for Klevevatn (Jernbaneverkets avdeling for Energi) og andre potensielt berørte aktører for å drøfte de alternative tiltakene og få bedre oversikt over mulige virkninger, både positive og negative. De første tilbakemeldinger fra regulanten var at de er positive innstilt til å studere tiltak som bidrar til forbedret sikkerhet for Flåmsbanen og alle deres vassdragsanlegg.

Det anbefales at dialogen fortsetter mellom JBV, NVE og Aurland kommune om tillatelse til å endre manøvrering av Klevevatn magasin som flomdempingstiltak Fase 1, med sikte på å innføre dette fra sensommer 2017.

Samtidig anbefales det å søke unntak fra vernebestemmelser for Flåmsvassdrag med henvisning til Energimeldingen og vedvarende fare for liv og helse for å skaffer bedre flomdemping for Flåmselvi i et gradvis mer flomutsatt klima. Som beskrevet i denne rapporten mener konsulenten at flomdemping heller bevarer enn forringer vassdragets naturlig karakter og de verdiene som kulturlandskapet med elvesletten betyr for den nedre delen av Flåmsdalen.

9 Referanser

1. Multiconsult Notat nummer 128522-RiVass-NOT-1 Flomdemping for Flåmselvi, 17.02.2016
2. NVE Notat Flomberegning for Flåm ved Brekke bru (072.) 14.1.2015 Erik Holmqvist
3. NVE Rapport 36-2016 Naturfareprosjektet Oktoberflaumen på Vestlandet i 2014 Halvor Dannevig, Kyrre Groven og Carlo Aall (alle Vestlandsforskningen)
4. Personlige meddelser fra Aurland kommune
5. NVE Rapport 11-2015 Flommen på Vestlandet oktober 2014
6. NVE notat, 01.03.2015. Tiltaksplan for sikringstiltak i Flåmselvi
7. FM i Sogn og Fjordane, VVV Rapport 2001-19. Verdiar i Flåmsvassdrag, Aurland Kommune
8. Norconsult, september 2016. Flomsonekart i Flåm
9. NGI, september 2016. Erosjonsvurdering – Faresoner for erosjon, Flåmselvi
10. Forskrift om vern av Nærøyfjorden landskapsvernområde, Aurland, Vik og Voss kommuner, Sogn og Fjordane og Hordaland, FOR-2002-11-08-1280.